

Tiekėjas:



Subtiekėjas:



**IAE BITUMUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS
REKONSTRAVIMO IR PERTVARKYMO Į ATLIEKYNA
PROJEKTAVIMO DOKUMENTŲ PARENGIMO PASLAUGOS
Nr. Pst-136 (13.67), 2018-07-23**

**ATLIEKYNO AIKŠTELĖS VERTINIMO ATASKAITA
Nr. S/22/280**

Versija 10

UAB „Svertas Group“ direktorius
A. V.

Visaginas, 2022



LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS

Breslaujos g. 3, LT-444003 Kaunas
Tel. (8 37) 401 805 • El. paštas rastine@lei.lt



S/14-1889.19.23/SER/R:10

BRANDUOLINĖS INŽINERIJOS PROBLEMŲ LABORATORIJA

**IAE BITUMUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS
REKONSTRAVIMO IR PERTVARKYMO Į ATLIEKYNĄ POVEIKIO
APLINKAI IR SAUGOS VERTINIMAS**

ATLIEKYNO AIKŠTELĖS VERTINIMO ATASKAITA

10 versija

Habil. dr. P. P.

2022 m. gruodžio 19 d.

<i>Ataskaitos pavadinimas:</i> Atliekyno aikštelės vertinimo ataskaita		<i>Išleidimo data:</i> 2022-12-19
<i>Etapas ir pavadinimas:</i> 10 versija		
<i>Autoriai:</i> R.K. A.S. P.P. E.N. A.Š. A.N. G.P. D.J. A.Š. J.J. R.P. R.Z. V.R. K.R. V.Š.	<i>Vadovas:</i> Habil Dr. P.P.	<i>Psl. sk./Priedų psl. sk.:</i> 175/13
<i>Užsakovas:</i> UAB „Svertas Group“	<i>Sutarties data:</i> 2019-02-01	<i>Ataskaitos identifikatorius:</i> S/14-1889.19.23/SER/R:10
<i>Sutarties pavadinimas:</i> IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną poveikio aplinkai ir saugos vertinimas		<i>Sutarties Nr.:</i> S/14-1889.19.23
<i>Anotacija:</i> Ataskaitoje pateikta aikštelės, kurioje planuojamas esamą Ignalinos AE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) rekonstravimas ir pertvarkymas į atliekyną, saugos analizė ir pagrindimas. Ataskaitoje yra pateiktas aikštelės charakteristikų, aplinkos sąlygų aprašymas bei jų vertinimas. Ataskaitoje identifikuoti galimi aplinkos pokyčiai, apimantys gamtinius procesus ir žmogaus veiklą, galintys daryti įtaką planuojamo atliekyno saugai, bei veiksniai, sąlygojantys poveikį aplinkai ir žmogui radiacinės saugos požiūriu. Pateiktas poveikio gyventojams įvertinimas ilgalaikėje perspektyvoje. Analizės pabaigoje pateikti rezultatų apibendrinimai ir išvados, pagrindžiančios aikštelės tinkamumą saugyklos (158 statinio) rekonstravimui ir pertvarkymui į atliekyną, bei preliminarūs radioaktyviųjų atliekų priėmimo radiologiniai kriterijai.		
<i>Reikšminiai žodžiai:</i> Radioaktyviosios atliekos, bitumuotų RA saugykla, RA atliekynas, aikštelės charakteristikos, išoriniai gamtiniai procesai, žmogaus veikla, radionuklidų sklaida, radiacinė sauga, atliekyno saugos vertinimas, atliekų priėmimo kriterijai.		
<i>Ataskaita perduota:</i> UAB „Svertas Group“, Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos saugyklos	<i>Saugojimo vieta ir bylos Nr.:</i> \\Server\Biblioteka\Sutartiniai darbai\ B20_(Bitumuotu RAS pavertimas i atliekyna)\Ataskaitos\01 Aikštelės vertinimo\LT\ B20_SER_Rev10_Lt_2022-12-19.pdf	
Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija Lietuvos energetikos institutas Breslaujos g. 3 LT-44403, Kaunas	Telefonas: 8 37 401891 Faksas: 8 37 351271 E-paštas: Povilas.Poskas@lei.lt WWW: http://www.lei.lt	

Patikrinta:

Branduolinės inžinerijos problemų
laboratorijos vadovas

P.P.

Patvirtinta:

Lietuvos energetikos instituto
direktorius

S.R.

Versija	Išleidimo data	Pastaba
1	2019 m. gruodžio 6 d.	Pateikta Užsakovo peržiūrai
2	2019 m. gruodžio 20 d.	Pateikta VATESI peržiūrai
3	2020 m. birželio 30 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į institucijų pastabas
4	2020 m. gruodžio 9 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į papildomas institucijų pastabas
5	2021 m. vasario 9 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į papildomas institucijų pastabas
6	2021 m. kovo 12 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į papildomas VATESI pastabas
7	2022 m. sausio 17 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į VATESI (TSO) pastabas
7, 2 leidimas	2022 m. gegužės 20 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į papildomas LGT pastabas
8	2022 m. rugpjūčio_11 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į VATESI (TSO) pastabas
9	2022 m. lapkričio 29 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į papildomas VATESI ir VATESI (TSO) pastabas
10	2022 m. gruodžio 19 d.	Atnaujinta, atsižvelgiant į papildomas IAE pastabas

TURINYS

1. ĮVADAS	11
2. AIKŠTELĖS APRAŠYMAS	13
3. AIKŠTELĖS CHARAKTERISTIKOS	14
3.1 Geologinės sandaros ypatybės	14
3.2 Seismologija ir tektonika.....	21
3.3 Hidrologija ir hidrogeologija	30
3.4 Geocheminės ir hidrocheminės sąlygos.....	59
3.5 Aikštelės meteorologinės ir klimatinės sąlygos	60
Vertė.....	70
4. REGIONO DEMOGRAFINIAI DUOMENYS IR SOCIALINĖ EKONOMINĖ APLINKA 70	
5. VEIKSNIAI, GALINTYS TURĖTI ĮTAKOS ATLIEKYNO SAUGAI	73
5.1 Ūkinė veikla aplinkoje.....	73
5.2 Antžeminis ir oro transportas	74
6. PROGNOZUOJAMI APLINKOS POKYČIAI	78
6.1 Paviršiaus gamtiniai procesai	78
6.2 Žmogaus veiklos įtaka	82
7. VEIKSNIAI, SĄLYGOJANTYS POVEIKĮ APLINKAI IR ŽMOGUI RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU	84
7.1 Šalinamų radioaktyviųjų atliekų savybės.....	84
7.2 Atliekyno aprašymas	99
8. IŠORINIŲ GAMTINIŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS	118
8.1 Žemės drebėjimas.....	118
8.2 Ekstremalūs krituliai.....	119
9. ŽMOGAUS VEIKLOS SUKELTŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS	120

9.1	Lėktuvo sudužimas.....	120
9.2	Gaisras.....	123
9.3	Drenažo sistemos gedimas (patvinimas)	123
10.	POVEIKIO GYVENTOJAMS VERTINIMAS	124
10.1	Išmetamų radionuklidų sudėtis ir aktyvumai	124
10.2	Radionuklidų sklaidos įvertinimas.....	127
10.3	Radiologinio poveikio gyventojams įvertinimas.....	142
11.	KITI AIKŠTELĖS SAUGOS ĮVERTINIMO ASPEKTAI.....	155
11.1	Fizinė sauga	155
11.2	Avarinė parengtis.....	159
12.	AIKŠTELĖS SAUGOS ANALIZĖS IR PAGRINDIMO REZULTATAI IR IŠVADOS 165	
13.	PRELIMINARŪS RADIOAKTYVIŪJŲ ATLIEKŲ PRIĖMIMO KRITERIJAI	168
14.	NUORODOS.....	170

SANTRUMPOS

AE	Atominė elektrinė
APK	Atliekų priėmimo kriterijai
APO	Avarinės parengties organizacija
APP	Avarinės parengties planas
IAE	Ignalinos atominė elektrinė
IGG	Inžineriniai geologiniai-geotechniniai (tyrimai)
LGT	Lietuvos geologijos tarnyba
LR	Lietuvos Respublika
RA	Radioaktyviosios atliekos
SAZ	Sanitarinės apsaugos zona
TATENA	Tarptautinė atominės energijos agentūra
VATESI	Valstybinė atominės energetikos saugos inspekcija
VĮ	Valstybės įmonė

Paveikslų sąrašas:

2.1 PAV. 158 STATINIO VIETA IGNALINOS AE TERITORIJOJE	13
2.2 PAV. 158 STATINIO VIETA IGNALINOS AE PRAMONINĖJE AIKŠTELĖJE [33]	14
3.1 PAV. PATIKSLINTAS IGNALINOS AE REGIONO PREKVARTERO GEOLOGINIS ŽEMĖLAPIS (AUT. S. ŠLIAUPA, 2005 [7]; ORIGINALUS MASTELIS 1:50 000).....	16
3.2 PAV. IAE REGIONO GEOLOGINIS SKERSPJŪVIS I-I' (SKERSPJŪVIO VIETĄ ŽR. 3.1 PAV.).....	17
3.3 PAV. IGNALINOS AE REGIONO KVARTERO GEOLOGINIS ŽEMĖLAPIS (AUT. R. GUOBYTĖ, 1995, ORIGINALUS MASTELIS 1:50 000) [9]	19
3.4 PAV. IGNALINOS AE REGIONO KVARTERO GEOLOGINIAI PJŪVIAI (PRADINIS MASTELIS 1:50 000) (AUTORIAI R. GUOBYTĖ, V. RAČKAUSKAS [9]).	20
3.5 PAV. KRISTALINO PAMATO TEKTONINIS ŽEMĖLAPIS [31].....	23
3.6 PAV. SEISMINIAI ĮVYKIAI RYTINIAME BALTIJOS REGIONE, NURODYTI JŲ DYDŽIAI. AIKŠTELĖ PAŽYMĖTA MĖLYNU + SIMBOLIŲ. PARODYTOS TERITORIJOS 100, 200, 300 IR 350 KM SPINDULIU [31]	26
3.7 PAV. LIETUVOS IR GRETA ESANČIŲ TERITORIJŲ SEISMINIO PAVOJINGUMO ŽEMĖLAPIS. JUODOS IZOLINIŲ VAIZDUOJA MAKSIMALIUS HORIZONTALIUS GRUNTO DALELIŲ PAGREIČIUS (PGA) IŠREIKŠTUS CM/S ² , KURIE SU 10% TIKIMYBE GALI BŪTI VIRŠYTI PER 50 M [18].	27
3.8 PAV. DRŪKŠIŲ APYLINKIŲ TEKTONINIS ŽEMĖLAPIS [31]	28
3.9 PAV. DRŪKŠIŲ EŽERO HIDROGRAFINIO TINKLO SCHEMA [4].....	31
3.10 PAV. IAE GAMYBINĖ LIETAUS NUOTEKŲ SISTEMA (GLK) (REMIANTIS IAE INFORMACIJA) [6].....	34
3.11 PAV. DRENAŽO SISTEMA POŽEMINIO VANDENS LYGIUI ŽEMINTI APLINK IAE PRAMONINĖS AIKŠTELĖS PASTATUS (PAGAL INFORMACIJĄ IŠ IAE) [6]	35
3.12 PAV. HIDROGEOLOGINIŲ PJŪVIŲ (A–B IR C–D) LINIJOS (RAUDONU STAČIAKAMPIU PAŽYMĖTAS PLOTAS, IŠ KURIO SURINKTI GRĖŽINIŲ DUOMENYS, PATALPINTI LGT DUOMENŲ BAZĖJE) [6]...	37
3.13 PAV. HIDROGEOLOGINIS PJŪVIS (MĖLYNAI PAŽYMĖTA VANDENINGI SLUOKSNIAI; RUDAI – VANDENSPAROS) PAGAL A–B LINIJĄ (ŽR. 3.12 PAV.): 1 – TECHNOGENINIS GRUNTAS; 2 – PELKIŲ NUOGULOS; 3 – ĮVAIRUS SMĖLIS; 4 – MOLIS; 5 – PRIESMĖLIS IR PRIEMOLIS; 6 – GRĖŽINIO NUMERIS IR FILTRO INTERVALAS; 7 – POŽEMINIO VANDENS LYGIS [6].	40
3.14 PAV. HIDROGEOLOGINIS PJŪVIS (MĖLYNAI PAŽYMĖTA VANDENINGI SLUOKSNIAI; RUDAI - VANDENSPAROS) PAGAL C–D LINIJĄ (ŽR. 3.12 PAV.): 1 – TECHNOGENINIS GRUNTAS; 2 – PELKIŲ NUOGULOS; 3 – ĮVAIRUS SMĖLIS; 4 – MOLIS; 5 – PRIESMĖLIS IR PRIEMOLIS; 6 – GRĖŽINIO NUMERIS IR FILTRO INTERVALAS; 7 – POŽEMINIO VANDENS LYGIS. [6]	41
3.15 PAV. GRĖŽINIŲ NR. 359/143, 360/143, 361/143, 168/108 IR 171/108 IŠDĖSTYMO SCHEMA	43
3.16 PAV. GRĖŽINIŲ NR. 359/143, 360/143, 361/143, 168/108 IR 171/108 DUOMENYS.....	44
3.17 PAV. LAIKINOSIOS CEMENTUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS AIKŠTELĖS DETALIŲ INŽINERINIŲ GEOLOGINIŲ TYRINĖJIMŲ GRĖŽINIŲ IŠDĖSTYMO SCHEMA	45
3.18 PAV. LAIKINOSIOS CEMENTUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS AIKŠTELĖS SKIRTOS DETALIŲ INŽINERINIŲ GEOLOGINIŲ TYRINĖJIMŲ NR.4 IR NR. 12 GRĖŽINIŲ DUOMENYS.....	46
3.19 PAV. INŽINERINIŲ-GEOLOGINIŲ PJŪVIŲ LINIJOS [6]	47
3.20 PAV. INŽINERINIAI-GEOLOGINIAI PJŪVIAI I-I (A), II-II (B), III-III (C) IR IV-IV (D), SUDARYTI IŠ DUOMENŲ, GAUTŲ IGG TYRIMŲ METU [6] BEI 158 ST. DUGNO IR PAGRINDO („PAGALVĖS“) PADĖTIS:	51
3.21 PAV. KONCEPTUALUS AIKŠTELĖS GEOLOGIJOS MODELIS, NAUDOTAS ANALIZĖJE:	57
3.22 PAV. APIBENDRINTA METINIO VANDENS BALANSO SCHEMA:	58
3.23 PAV. VEIKIANTYS ARTEZINIAI GRĖŽINIAI (PAŽYMĖTI MĖLYNAIS SKRITULĖLIAIS) [4].....	59
3.24 PAV. IAE REGIONE VYRAUJANČIOS VĖJŲ KRYPTYS (VĖJO KRYPTIS – NUO IAE) [1, 10, 11].....	67
4.1 PAV. GYVENTOJŲ PASISKIRSTYMAS 5, 10, 15, 20, 25 IR 30 KM ZONOSE [4].....	72
5.1 PAV. GYVENAMŲJŲ IR KOMERCINIŲ OBJEKTŲ PANORAMA [4]:.....	74
5.2 PAV. KELIŲ IR GELEŽINKELIŲ TINKLAS [4]	75
5.3 PAV. LIETUVOS RESPUBLIKOS ORO LINIJOS [4].....	76
5.4 PAV. LIETUVOS ORO UOSTAI, DRAUDŽIAMOS, APRIBOTOS IR PAVOJINGOS ZONOS [4].....	77
7.1 PAV. STATINIO 158 – BITUMUOTŲ RA SAUGYKLOS PERTVARKYMAS Į ATLIEKYNĄ. STATINIO 158 BENDRAS VAIZDAS DEMONTAVUS 2-OJO AUKŠTO PATALPAS (SUPAPRASTINTA SCHEMA) [33]	100
7.2 PAV. BITUMUOTŲ RA SAUGYKLOS (158 STATINIO) PERTVARKYMAS Į ATLIEKYNĄ. RAUDONA LINIJA PAŽYMĖTA 36 M PLOČIO ZONA APLINK STATINĮ, KURIĄ UŽIMS INŽINIERINIS BARJERAS ŠLAITO NUOLYDŽIUI ESANT 3:1 [33].....	100

7.3 PAV. SAUGYKLOS (STATINYS 158) REKONSTRUKCIJA Į ATLIEKYNĄ: 5,8 M STORIO INŽINERINĮ BARJERĄ LAIKANČIOSIOS METALINĖS KONSTRUKCIJOS A) – BENDRAS VAIZDAS, B) – SKERSPJŪVIS [33].....	103
7.4 PAV. SAUGYKLOS (STATINYS 158) PERTVARKYTOS Į ATLIEKYNĄ, 5,8 M STORIO INŽINERINIO BARJERO SANDARA (PJŪVIAI): 1 – DRENAŽO SLUOKSNIS (0,2 M SMĖLIO); 2 – IZOLIACINIS MOLIO SLUOKSNIS (1,5–2,4 M); 3 – DRENAŽO SLUOKSNIS (0,3 M ŽVYRINGO SMĖLIO); 4 – APSAUGINIS MOLIO SLUOKSNIS (0,7 M); 5–7 – DRENAŽO SLUOKSNIAI (0,6 M SMĖLIO, 0,6 M ŽVYRO IR 0,8 M SKALDOS); 8 – 0,2 M STORIO AUGALINIS SLUOKSNIS [33]	104
7.5 PAV. 158 STATINIO SILPNŲ GRUNTŲ PAKEITIMO NESMĖLINIU BETONU M-50 VYKDOMOJI SCHEMA	106
10.1 PAV. RADIONUKLIDŲ PERNAŠOS (DIFUNDAVIMO) IŠ BITUMO KOMPAUNDO PER 158 STATINIO IŠORINES GELŽBETONINES KONSTRUKCIJAS (SIENAS IR DUGNO PLOKŠTĘ) KONCEPTUALUS MODELIS: 1 – VANDENS SRAUTAS; 2 – 158 STATINIO GELŽBETONINĖS KONSTRUKCIJOS; 3 – INERTINĖS MEDŽIAGOS SLUOKSNIS; 4 – BITUMUOTOS RA (BITUMO MATRICA); 5 – SUSIFORMAVUSIOS POROS	133
10.2 PAV. RADIONUKLIDŲ PERNAŠOS (IŠPLOVIMO) IŠ SMĖLIO-ŽVYRO RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ PER 158 STATINIO DUGNO PLOKŠTĘ KONCEPTUALUS MODELIS: 1 – VANDENS SRAUTAS; 2 – 158 STATINIO GELŽBETONINĖS KONSTRUKCIJOS; 3 – SMĖLIO-ŽVYRO RADIOAKTYVIOSIOS ATLIEKOS; 4 – DIFUZINIS-ADVEKČINIS SRAUTAS	133
11.1 PAV. IAE APO STRUKTŪRA	164

Lentelių sąrašas:

3.1 LENT. PAGRINDINĖS DRŪKŠIŲ EŽERO CHARAKTERISTIKOS	31
3.2 LENT. IŠSKIRTŲ GEOLOGINIŲ SLUOKSNIŲ 158 STATINIO AIKŠTELĖJE SAVYBĖS	54
3.3 LENT. INŽINERINIŲ GEOLOGINIŲ SLUOKSNIŲ (IGS) PARAMETRŲ VERTĖS, PRIIMTOS RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS ANALIZEI	58
3.4 LENT. IAE REGIONO VIDUTINĖS MĖNESINĖS IR METINĖS TEMPERATŪROS, °C [10, 11]	61
3.5 LENT. VIDUTINIS MĖNESINIS IR METINIS KRITULIŲ KIEKIS, MM, IAE REGIONE [10, 11].....	63
3.6 LENT. VIDUTINĖS IR MAKSIMALIOS VĖJO GREIČIO REIKŠMĖS, M/S, IAE REGIONE [4, 10, 11]	65
3.7 LENT. PAGRINDINIAI LIETUVOS IR IGNALINOS REGIONO KLIMATO PARAMETRAI [15].....	69
3.8 LENT. PAGRINDINIAI LIETUVOS KLIMATO METEOROLOGINIAI PARAMETRAI [4]	70
4.1 LENT. GYVENTOJŲ PASISKIRSTYMAS (TŪKSTANČIAI) IAE REGIONE 30 KM ZONOJE (2007 M.) [4]... 71	71
4.2 LENT. PAGRINDINIAI DEMOGRAFINIAI IAE REGIONO RODIKLIAI 2018 METAIS	72
5.1 LENT. ĮMONĖS IR ORGANIZACIJOS, ĮSTEIGTOS VISAGINE	73
5.2 LENT. DARBINGI GYVENTOJAI IR PENSININKAI IAE REGIONE [4]	73
6.1 LENT. IŠORINIŲ GAMTOS ĮVYKIŲ SĄRAŠAS	78
6.2 LENT. IŠORINIŲ ŽMOGAUS SUKELTŲ ĮVYKIŲ SĄRAŠAS	82
7.1 LENT. GRYNŲ (NEUŽTERŠTO) BITUMO FIZINĖS SAVYBĖS [70, 71, 72].....	86
7.2 LENT. BITUMUOTŲ RA FIZINĖS SAVYBĖS [69].....	86
7.3 LENT. 158 STATINIO BITUMUOTOSE RA ESANČIŲ RADIONUKLIDŲ SĄLYGOTA SUGERTOJI DOZĖ ..88	88
7.4 LENT. KANJONŲ UŽPILDYMO EIGA IR ATLIEKŲ KIEKIAI [37]	94
7.5 LENT. DEKLARUOJAMŲ RADIONUKLIDŲ AKTYVUMAI UŽPILDYTUOSE 158 STATINIO KANJONUOSE, ĮVERTINTI 2019 M. RUGSĖJO 1 D.	95
7.6 LENT. 2018-01-01 DATAI NUSTATYTAS NUKLIDINIS VEKTORIUS A1 BLOKO SMĖLIO UŽPILDUI [33]	98
7.7 LENT. 158 STATINIO LABORATORINIŲ BETONO KONSTRUKCIJŲ TYRIMŲ REZULTATAI [35]	108
7.8 LENT. ATLIEKŲ ŠALINIMO SISTEMOS INŽINERINIAI BARJERAI IR JIEMS PRISKIRTOS SAUGOS FUNKCIJOS [34].....	112
8.1 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS VARTODAMAS GRĘŽINIO VANDENĮ, VERTĖS VANDENS INFILTRACIJOS PER TECHNOGENINIO GRUNTO SLUOKSNĮ SUINTENSIVĖJIMO (MAKSIMALIŲ KRITULIŲ) ATVEJU	119
9.1 LENT. LĖKTUVO KRITIMO ANT PLANUOJAMO ATLIEKYNŲ TIKIMYBĖS	120
9.2 LENT. APŠVITOS DOZĖS, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS VARTODAMAS EŽERO VANDENĮ, VERTĖS POTVYNIŲ ATVEJU.....	123

10.1 LENT. BITUMUOTŲ ATLIEKŲ AKTYVUMAI PLANUOJAMAME ATLIEKYNE [34].....	124
10.2 LENT. SMĖLIO-ŽVYRO ATLIEKŲ AKTYVUMAI PRIIMTI RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS IŠ PLANUOJAMO ATLIEKYNO ANALIZEI [34].....	125
10.3 LENT. VERTINTŲ RADIONUKLIDŲ FIZINIAI IR CHEMINIAI PARAMETRAI (IŠSAMIAU ŽR. [34]).....	128
10.4 LENT. PLANUOJAMO ATLIEKYNO SLUOKSNIŲ PARAMETRAI, VERTINTI RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS ANALIZĖJE [34]	130
10.5 LENT. PAGRINDINIAI BIOSFEROS PARAMETRAI [34]	132
10.6 LENT. KONSERVATYVIOS PRIELAIDOS, PRIIMTOS ANALIZUOTIEMS RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS VANDENS KELIU SCENARIJAMS	135
10.7 LENT. KONSERVATYVIOS PRIELAIDOS, PRIIMTOS ANALIZUOTIEMS NETYČINIO ĮSIBROVIMO SCENARIJAMS	138
10.8 LENT. ANALIZUOJAMŲ SCENARIJŲ SĄRAŠAS	140
10.9 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL RADIONUKLIDAIŠ UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO NATŪRALIOS ATLIEKYNO RAIDOS SCENARIJAUS ATVEJU, VERTĖS.....	142
10.10 LENT. ĮVAIRIŲ APŠVITOS KELIŲ INDĖLIS Į MAKSIMALIĄ ¹⁴ C DOZĘ VARTOJANT UŽTERŠTĄ VANDENĮ IŠ GREŽINIO ARBA VARTOJANT UŽTERŠTĄ VANDENĮ IŠ EŽERO	143
10.11 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO ALTERNATYVAUS SCENARIJAUS NR. 1 ATVEJU, VERTĖS	143
10.12 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO ALTERNATYVAUS SCENARIJAUS NR. 2 ATVEJU, VERTĖS	144
10.13 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO ALTERNATYVAUS SCENARIJAUS NR. 3 ATVEJU, VERTĖS	145
10.14 LENT. MAKSIMALIOS APŠVITOS DOZIŲ VERTĖS REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARIUI DĖL UŽTERŠTO GREŽINIO VANDENS SUVARTOJIMO KASDIENIAMS POREIKIAMS HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI ATLIEKYNO KAUPAS PEREINA Į DEGRADAVUSIA BŪSENA IŠKART PO ATLIEKYNO	145
10.15 LENT. MAKSIMALIOS APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL UŽTERŠTO VANDENS IŠ GREŽINIO VARTOJIMO KASDIENĖMS REIKMĖMS, VERTĖS HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI ATLIEKYNO APATINIAI SLUOKSNIAI, PAMATAS, SIENOS IR VIRŠUTINĖ PERDANGA PEREINA Į BŪSENĄ SU PLYŠIAIS TUOJ PO ATLIEKYNO UŽDARYMO, O KAUPAS TAIP PAT YRA DEGRADAVĘS TUOJ PO ATLIEKYNO UŽDARYMO.....	146
10.16 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL RADIONUKLIDAIŠ UŽTERŠTO VANDENS IŠ GREŽINIO VARTOJIMO HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI STAIGA SUDEGRADUOJA BITUMO MATRICA IŠ KARTO PO ATLIEKYNO UŽDARYMO, VERTĖS	147
10.17 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL RADIONUKLIDAIŠ UŽTERŠTO VANDENS IŠ EŽERO VARTOJIMO HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI ATLIEKYNO DUGNAS, IŠLYGINAMASIS SLUOKSNIS, PAGRINDAS („PAGALVĖ“), SIENOS IR VIRŠUTINĖ PERDANGA SU PLYŠIAIS NUO REKONSTRUKCIJOS DARBŲ PRADŽIOS, O KAUPAS – PO AKTYVIOS PRIEŽIŪROS LAIKOTARPIO, IR RADIONUKLIDŲ SKLAIDA IŠ ATLIEKYNO VYKSTA TIK PILTINIO GRUNTO SLUOKSNIU (IGS1), VERTĖS	147
10.18 LENT. MAKSIMALIOS DOZĖS, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL RADIONUKLIDAIŠ UŽTERŠTO VANDENS IŠ GREŽINIO VARTOJIMO KASDIENINĖMS REIKMĖMS, HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI TECHNOGENINIO GRUNTO SLUOKSNIUI (IGS1) PRIIMAMOS $K_D=0$ VERTĖS.....	148
10.19 LENT. MAKSIMALIOS APŠVITOS DOZĖS VERTĖS, KURIAS GAUTŲ REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARYS DĖL UŽTERŠTO GREŽINIO VANDENS VARTOJIMO KASDIENIAMS POREIKIAMS, HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI PRIIMAMA, KAD IŠ BITUMINĖS MATRICOS RADIONUKLIDAI IŠSISKIRIA STAIGA	148
10.20 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL RADIONUKLIDAIŠ UŽTERŠTO VANDENS IŠ GREŽINIO VARTOJIMO HIPOTETINIO SCENARIJAUS ATVEJU, KAI STAIGA SUDEGRADUOJA BITUMO MATRICA IŠ KARTO PO ATLIEKYNO UŽDARYMO UŽDARYMO IR RADIONUKLIDŲ SKLAIDOJE PER APATINIUS INŽINERINIUS BARJERUS Į AERACIJOS ZONĄ ATSIŽVELGIAMA Į ADVEKCIJOS PROCESĄ, VERTĖS.....	149
10.21 LENT. NETYČINIO ĮSIBROVIMO Į ATLIEKYNĄ ATVEJAIŠ APSKAIČIUOTOS MAKSIMALIOS DOZĖS, TENKANČIOS REPREZENTANTUI.....	150
10.22 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REPREZENTANTAS DĖL RADIONUKLIDAIŠ UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO NATŪRALIOS ATLIEKYNO RAIDOS SCENARIJAUS ATVEJU PRIĖMUS SKIRTINGAS VANDENINGOJO SLUOKSNIŲ HIDRAULINIO LAIDUMO BEI STORIO, O TAIP PAT VANDENS SRAUTO GRADIENTO VERTES	151

10.23 LENT. SCENARIJŲ SUVESTINĖ, VERTINANT PAKOPINĖS APSAUGOS PRINCIPĄ	153
13.1 LENT. RADIOLOGINIAI APK, IŠVESTI PLANUOJAMAME ATLIEKYNE NUMATOMOMS ŠALINTI SMĖLIO-ŽVYRO RADIOAKTYVIOSIOMS ATLIEKOMS	168

1. ĮVADAS

“IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną poveikio aplinkai ir saugos vertinimo” projektas susideda iš trijų etapų:

- 1 etapas: IGG tyrimai, statybos ekspertizė ir atliekyno koncepcija;
- 2 etapas: Poveikio aplinkai vertinimas ;
- 3 etapas: Techninis projektas ir pradinės saugos analizės ataskaita.

1 etapas. Po IGG tyrimų pateikta IGG tyrimų bei hidrogeologinio modeliavimo ir analizės ataskaita. Joje pateikti rezultatai ir išvados dėl saugyklos aikštelės IGG tinkamumo planuojamo atliekyno įrengimui, atitikties norminių dokumentų reikalavimams bei aikštelės trūkumus kompensuojančios priemonės. Saugyklos ekspertizės ataskaita parengta pagal norminių dokumentų reikalavimus. Ekspertinėje ataskaitoje pateikti nustatyti statinio defektai ir nukrypimai, jų paplitimo tendencijų prognozė ne trumpesniam nei atliekyno priežiūros laikotarpiui po atliekyno uždarymo. Atlikti konstrukcijų tyrimai, visi reikalingi bandymai ir skaičiavimai, siekiant nustatyti esminius statybos darbų reikalavimus, atsižvelgiant į būsimas apkrovas po rekonstrukcijos ir konversijos bei galimi poveikiai. Be to, ekspertinėje ataskaitoje pateikti saugyklos konstrukcijų modeliavimo rezultatai ir ilgalaikės saugos įvertinimas, atkreipiant dėmesį į esamų saugyklos konstrukcijų ilgaamžiškumą ir stabilumą bei tinkamumą rekonstrukcijai ir pertvarkymui į atliekyną. 1-jo etapo suvestinė ataskaita parengta remiantis 1-ajame etape atliktų IGG tyrimų ir statybos darbų (statinio) ekspertizės rezultatais bei parengtomis kitomis 1-ojo etapo ataskaitomis ir jų išvadomis. Be to, remiantis 1-ojo etapo suvestinės ataskaitos išvadomis, buvo parengta atliekyno koncepcija. Koncepciją sudaro trys pagrindinės dalys: 1) Atliekyno eskizas; 2) Pasirinktos atliekyno koncepcijos saugos pagrindimas ir 3) Atliekyno aikštelės įvertinimas (saugos analizė ir pagrindimas). Atliekyno eskiziniame projekte pateikiamas saugyklos rekonstrukcijos ir pertvarkymo į atliekyną aprašymas ir pačio atliekyno aprašymas, siūlomi inžineriniai techniniai sprendimai ir priemonės saugyklos rekonstrukcijai ir pertvarkymui į atliekyną, ir jų pagrindimas, užtikrinantis jų atitiktį reikalavimams, taip pat atliekyno konstrukcijų, komponentų ir inžinerinių barjerų koncepciją iliustruojantys eskizai ir brėžiniai, išsamus atliekyno konstrukcijų, komponentų, jų išdėstymo bei inžinerinių barjerų charakteristikų aprašymas, o taip pat į atliekyną talpinamų RA aprašymas. Pasirinktos atliekyno koncepcijos saugos pagrindime vertinama atliekyno eskiziniame projekte numatytų inžinerinių, techninių sprendimų ir siūlomų priemonių sauga, įskaitant ilgalaikę radiologinę saugą ir APK. Atliekyno aikštelės saugos analizės ir pagrindimo rezultatai, taip pat pagrindiniai atliekyno eskizinio

projekto punktai bei aikštelės IGG tyrimo rezultatai pateikiami Atliekyno aikštelės vertinimo ataskaitoje.

2 etapas. Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita turi būti parengta pagal norminių dokumentų reikalavimus. Turėtų būti įgyvendintas poveikio aplinkai vertinimo procesas ir gautas reikiamas atsakingų LR institucijų sprendimas.

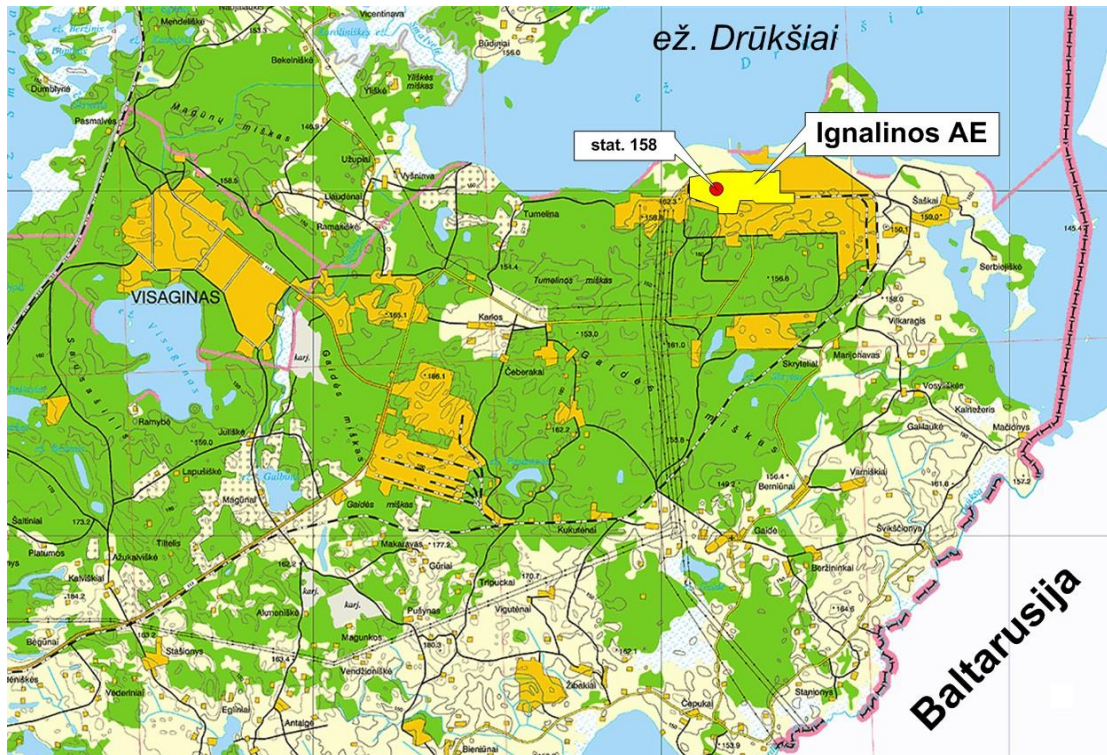
3 etapas. Techninis projektas rengiamas taikant šiuolaikinius techninius sprendimus ir inžinerines technologijas, konstrukcijas, sistemas ir komponentus, numatytus naudoti planuojamo atliekyno projektavime, statyboje, bei eksploatuojant atliekyną ir jo eksploatavimo nutraukimo metu. Visos paminėtos priemonės turi būti saugios (jonizuojančiosios spinduliuotės požiūriu, bei priešgaisrinės ir aplinkos saugos požiūriu), praktiškos ir ekonomiškos, taip pat besiremiančios geriausia tarptautine praktika. Kartu su techniniu projektu turi būti parengta atliekyno PSAA.

Šioje ataskaitoje pateikta aikštelės, kurioje planuojamas esamos Ignalinos AE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) rekonstravimas ir pertvarkymas į atliekyną, saugos analizė ir pagrindimas (1 etapas). Dokumentas yra paruoštas pagal VATESI reikalavimų [1] VIII skyriaus nuostatas.

Nagrinėjama aikštelė yra Ignalinos AE regione, apimančiame Ignalinos, Zarasų rajonų ir Visagino miesto savivaldybes [2]. Ataskaitoje yra pateiktas aikštelės charakteristikų aprašymas (3 skyrius), apimantis geologinės sandaros ypatybes, seismologiją bei tektoniką, hidrologinių, hidrogeologinių, meteorologinių ir kt. sąlygas bei jų vertinimą. Taip pat yra aprašyta regiono demografinė bei socialinė-ekonominė aplinka (4 skyrius). Ataskaitoje identifikuoti galimi aplinkos pokyčiai, apimantys gamtinius procesus ir žmogaus veiklą, galintys daryti įtaką planuojamo atliekyno saugai (5 ir 6 skyriai), bei veiksniai, sąlygojantys poveikį aplinkai ir žmogui radiacinės saugos požiūriu (7 skyrius), ir pateiktas poveikio gyventojams įvertinimas ilgalaikėje perspektyvoje (10 skyrius) bei kiti aikštelės saugos įvertinimo aspektai (11 skyrius). Analizė baigiama rezultatų apibendrinimu ir išvadomis (12 skyrius), pagrindžiančiomis aikštelės tinkamumą saugyklos (158 statinio) rekonstravimui ir pertvarkymui į atliekyną, bei preliminarių radioaktyviųjų atliekų priėmimo radiologinių kriterijų suvestinė (13 skyrius).

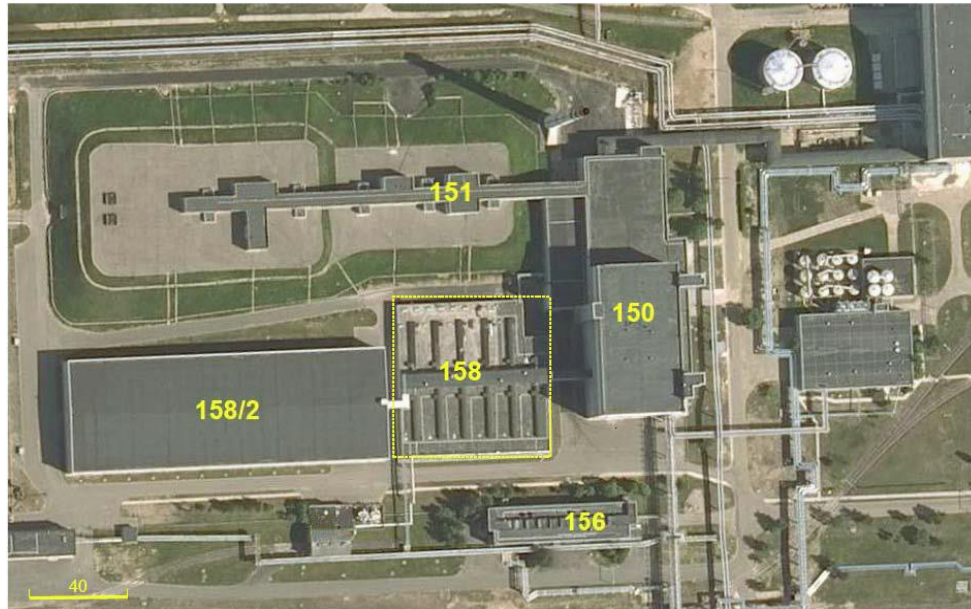
2. AIKŠTELĖS APRAŠYMAS

Bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugykla (158 statinys) yra Ignalinos AE pramoninės aikštelės šiaurės vakarinėje dalyje: apie 200 m į vakarus nuo pirmojo reaktoriaus bloko ir apie 600 m nuo Drūkšių ežero pietinės pakrantės. (2.1 pav.).



2.1 pav. 158 statinio vieta Ignalinos AE teritorijoje

Saugykla (158 statinys) pėsčiųjų ir technologinėmis galerijomis sujungta su 150 statiniu (skystųjų RA apdorojimo, bitumavimo ir cementavimo, statinys) iš rytų pusės ir 158/2 statiniu (cementuotų skystųjų RA laikinoji saugykla) iš vakarų pusės (2.2 pav.) [33]. Minimalus atstumas tarp saugyklos ir šių statinių yra apie 9 m.



2.2 pav. 158 statinio vieta Ignalinos AE pramoninėje aikštelėje [33]

3. AIKŠTELĖS CHARAKTERISTIKOS

3.1 Geologinės sandaros ypatybės

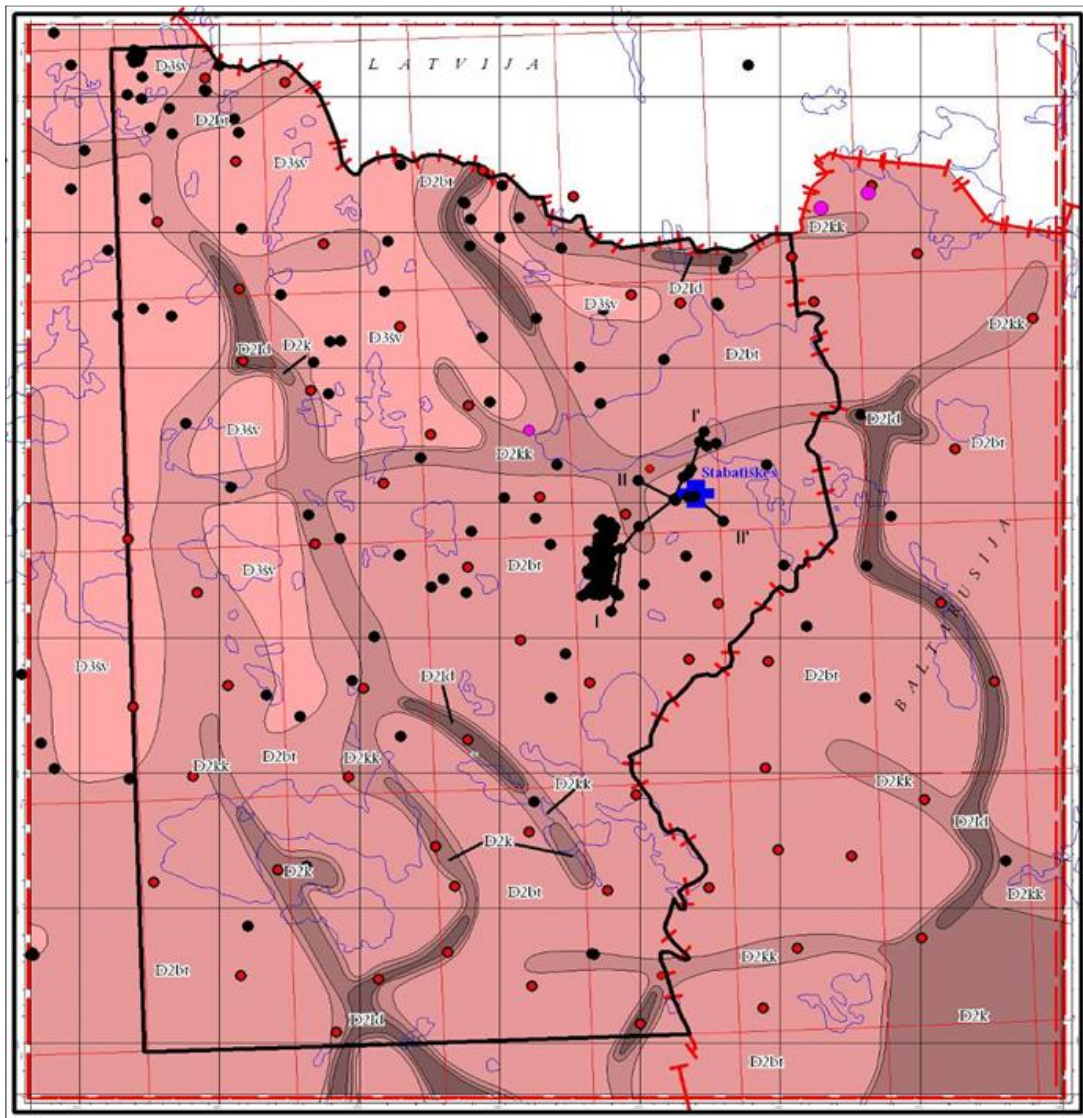
3.1.1 Prekvartero sluoksniai

Ignalinos AE geologinį pjūvį sudaro kristalinio pamato ir nuosėdinės dangos uolienos (3.1 pav. ir 3.2 pav.). Kristalinis pamatas slūgso 703–756,7 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Jį sudaro apatinio proterozojaus uolienos – dažniausiai biotito ir amfibolo sudėties gneisas, granitas, migmatitas ir kt [6].

Nuosėdinę stromę sudaro prekvartero ir kvartero uolienos. Jos storis 703–756,7 m. Prekvartero stromėje išplitusios viršutinio proterozojaus, vendo komplekso ir paleozojaus uolienos. Vendo kompleksą sudaro gravelitas, įvairaus rupumo feldšpatinis kvarcinis smiltainis, aleurolitas ir argilitas. Paleozojaus eratemos geologinį pjūvį sudaro apatinio, vidurinio kambro, ordoviko, apatinio silūro ir vidurinio bei viršutinio devono uolienos. Apatinį kambą sudaro įvairaus rupumo, dažniausiai smulkus ir smulkutis, kvarcinis su nežymia glaukonito priemaiša smiltainis, aleurolitas ir molis; apatinį-vidurinį kambą – smulkus ir smulkutis kvarcinis smiltainis; ordoviką – klinties ir mergelio sluoksniai, apatinį silūrą – domeritas ir dolomitas, vidurinį devoną – gipsinga brekčija, domeritas, dolomitas, taip pat smulkaus ir smulkučio smiltainio, aleurolito ir molio sluoksniai; viršutinį devoną

– smulkaus ir smulkučio smėlio, smiltainio, aleurolito ir molio sluoksniai. Vendo komplekso storis – 139–159 m, bendras apatinio ir vidurinio kambro uolienu storis – 93–114 m, ordoviko – 144–153 m, apatinio silūro – 28–75 m, devono uolienu storis siekia 250 m [6].

Gamtinių išteklių buvimą lemia vietinės geologinės sąlygos, kurias, savo ruožtu, sąlygoja geologiniai procesai, suformavę nuosėdinį IAE regiono sluoksnį. Regionas iš esmės buvo suformuotas paskutinio ledynmečio epochoje, todėl tipinis šio regiono ypatumas – pramoniniam naudojimui tinkami smėlio ir žvyro išteklių [16]. 5 km atstumu į rytus Ignalinos AE atžvilgiu yra vadinamoji Sauliakalnio žvyroduobė. Ignalinos AE pramoninė aikštelė ir jos apylinkės pagal turimą informaciją ir naujausius tyrimus vertingų požeminių išteklių neturi [32].



LEGENDA/LEGEND

PALEOZOJUS/PALEOZOIC

DEVONO SISTEMA/DEVONIAN

Viršutinis skyrius / Upper Devonian

Frano aukštus Frasnian

D3sv Šventosios svita / Šventoji Formation
Smėlis, smiltainis, molis, aleurolitas, domežitas/
Sand, sandstone, clay, siltstone, dolomitic marlstone

Vidurinis skyrius / Middle Devonian

Žvečio aukštus Givetian

D2bt Butkūnų svita / Butkūnai Formation
Smėlis, smiltainis, aleurolitas, molis/
Sand, sandstone, siltstone, clay





D2kk Kuklių svita / Kukliai Formation
Smėlis, smiltainis, aleurolitas, molis/
Sand, sandstone, siltstone, clay

Eifelio aukštus Eifelian

D2k Kernavės svita / Kernavė Formation
Domežitas, molis, klintis, smiltainis/
Dolomitic marlstone, claystone, limestone, sandstone

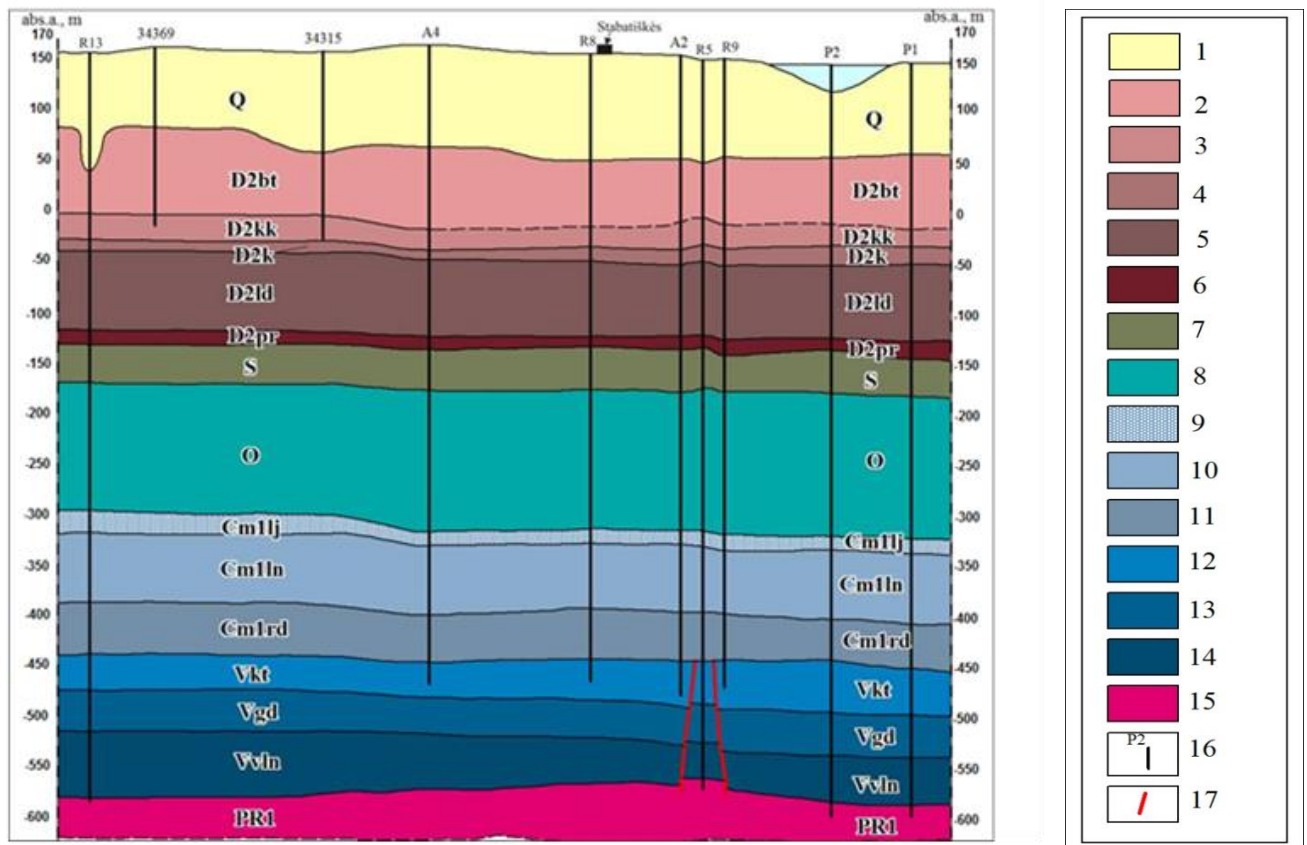
D2ld Ledų svita / Ledai Formation
Domežitas, dolomežitas, molis, smiltainis, brekčija/
Dolomitic marlstone, dolomite, claystone, sandstone, breccia

KITI SUTARTINIAI ŽENKLAI / OTHER SYMBOLS

-  stratigrafinės ribos/
stratigraphic boundary
-  Schedai-3
geologinio kartografavimo gręžinys Nr./pokv. pav. abs.a., m/
mapping borehole No./depth of sub-Quaternary surface
-  6824 e
kitos paskirties gręžinys, kadastrinis Nr./
other borehole, registration No
-  kartografavimo ploto kontūrai/
limits of mapping border

3.1 pav. Patikslintas Ignalinos AE regiono prekvartero geologinis žemėlapis (aut. S. Šliaupa, 2005 [7]; originalus mastelis 1:50 000).

Raudonos trumpos linijos žymi ribas tarp Lietuvos, Latvijos ir Baltarusijos, raudonos ištisinės linijos – vietinės Lietuvos koordinatų sistemos LKS-94 koordinatų skalę



3.2 pav. IAE regiono geologinis skerspjūvis I-I' (skerspjūvio vietą žr. 3.1 pav.)

Legenda:

1 – Kvarteras: morena, smėlis, dulkis, molis.

2-8 – Vidurinis devonas:

2 – *Butkūnų svita*: smėlis, smiltainis su skalūno ir aleurito tarpfluoksniais;

3 – *Kuklių svita*: smėlis, smiltainis, aleuritas, skalūnas;

4 – *Kernavės svita*: dolomitinis tankus mergelis, molio tarpfluoksniai;

5 – *Ledų svita*: dolomitinis tankus mergelis, dolomitas;

6 – *Piarnų svita*: smėlis, smiltainis, dolomitas;

7 – *Apatinis Silūras*: dolomitinis tankus mergelis, dolomitas, klintis;

8 – *Ordovikas*: klintis, smiltainis ir tankus mergelis.

9-11 – Apatinis kambras:

9 – *Aisčių Grupės Lakajos svita*: smiltainis su skalūno tarpfluoksniais;

10 – *Baltijos Grupės Lontovos svita*: skalūnas su smiltainio tarpfluoksniais;

11 – *Baltijos Grupės Rudaminos svita*: skalūnas su aleurito ir smiltainio tarpfluoksniais.

12-14 – Apatinis ir viršutinis vendas:

12 – *Kotlino regioninis aukštas*: molingas smiltainis, aleuritas, gravelitas, skalūnas;

13 – *Gdovo regioninis aukštas*: smiltainis, gravelitas, aleuritas;

14 – *Volyniano grupė*: smiltainis, gravelitas, brekčija.

15 – Apatinis proterozojus: granitas, gneisas, amfibolitas, milonitas.

16 – Grėžinys.

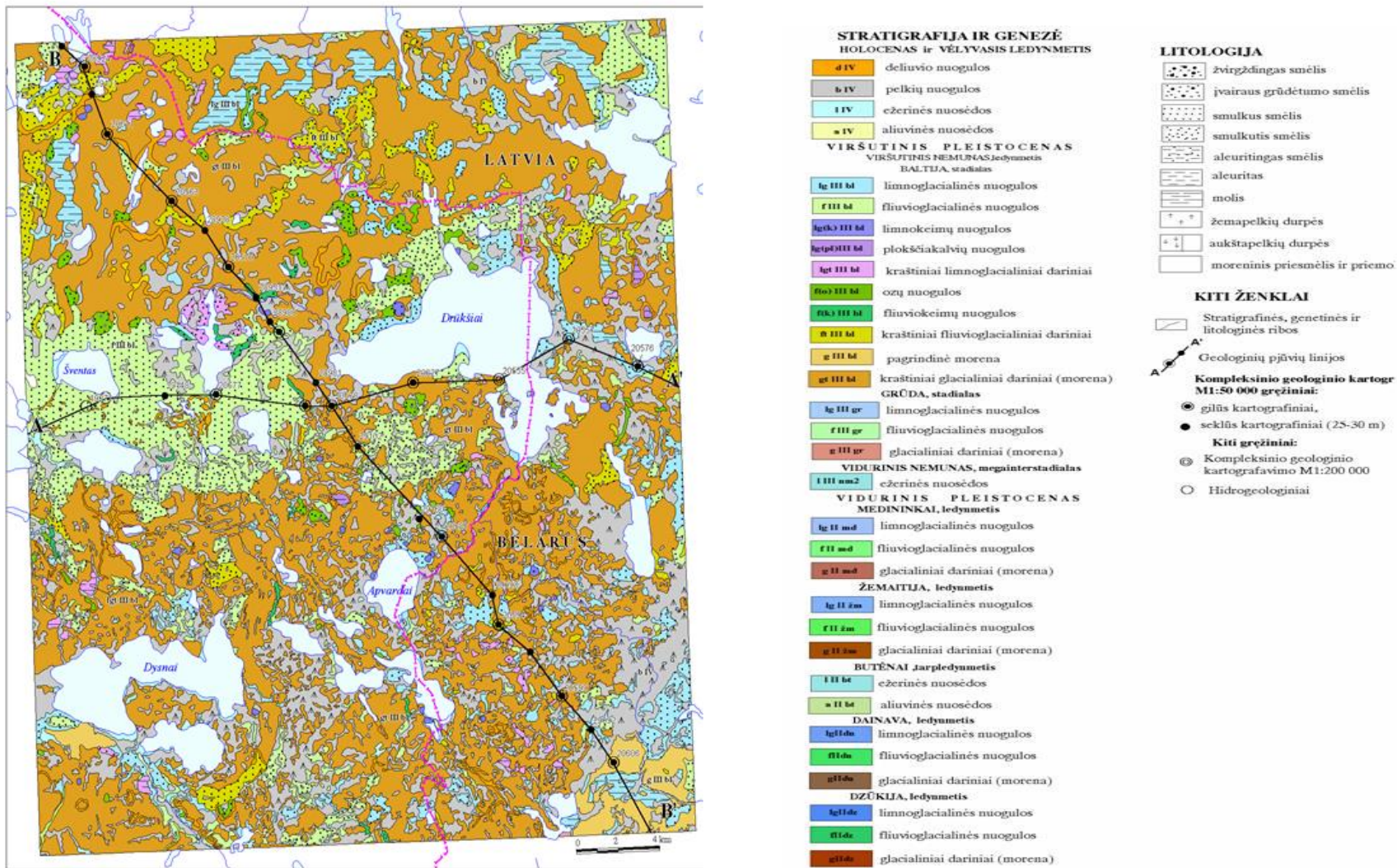
17 – Lūžis.

Gamtinių išteklių buvimą lemia vietinės geologinės sąlygos, kurias, savo ruožtu, sąlygojo geologiniai procesai, suformavę nuosėdinį IAE regiono sluoksnį. Regionas iš esmės buvo suformuotas paskutinio ledynmečio epochoje, todėl tipinis šio regiono ypatumas – pramoniniam naudojimui tinkami smėlio ir žvyro išteklių [16]. Rytų kryptimi 5 km atstumu nuo IAE yra taip vadinamas Sauliakalnio žvyro-smėlio karjeras.. Remiantis turima informacija ir pastarųjų metų tyrimais, IAE pramoninėje aikštelėje ir jos apylinkėse aikštelėje vertingų požeminių išteklių nerasta [32].

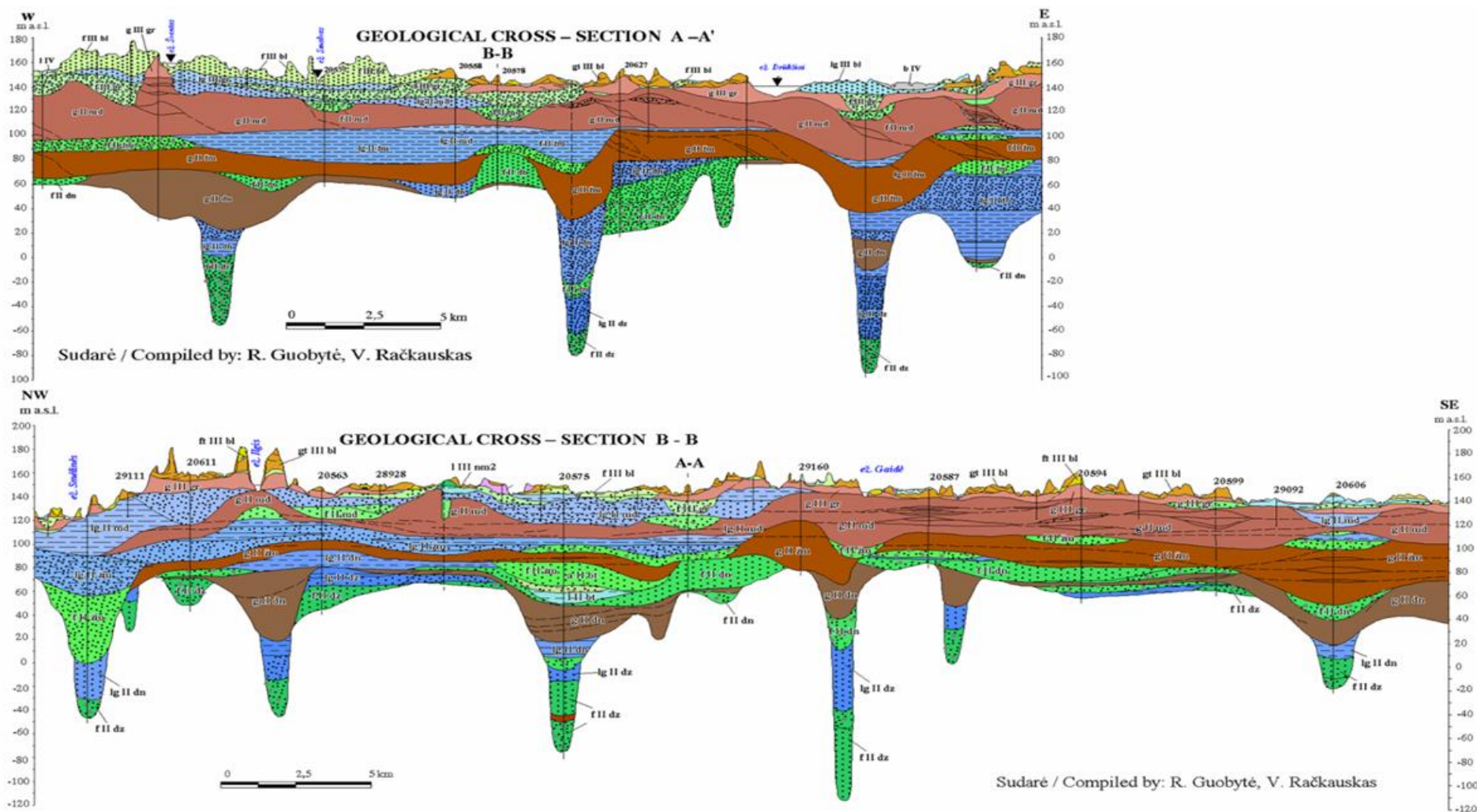
3.1.2 Kvartero geologija

Kvartero nuogulos (3.3 pav. ir 3.4 pav.) slūgso ant nelygaus, paleoįrėžiais išraižyto, pokvarterinio paviršiaus. Jų storis kinta nuo 62,0 iki 260,0 m, dažniausiai sudaro 85,0–105,0 m, o paleoįrėžiuose – 160,0–240,0 m.

Kvartero storumę sudaro pleistoceno ir holoceno nuogulos. Pleistoceno storumę sudaro susisluoksniuojančios Dzūkijos, Dainavos, Žemaitijos, Medininkų ir Viršutinio Nemuno sbitos, Grūdų ir Baltijos posvičių glacialinės smulkios, fliuvioglacialinės rupios ir limnoglacialinės smulkios bei rupios nuogulos bei lokaliai išplitę Būtėnų, Snaigupėlės, Merkinės ir Vidurinio Nemuno tarpledynmetinės aliuvinės, limninės ir pelkių nuogulos (įvairaus rupumo smėlis, dulkis, durpės, sapropelis). Holoceno nuogulas sudaro aliuvinės (įvairaus rupumo smėlis), ežerinės (molis, aleuritas, smėlis, sapropelis), deliuvinės (molingas smėlis) nuogulos ir pelkių (durpės) nuogulos.



3.3 pav. Ignalinos AE regiono kvartero geologinis žemėlapis (aut. R. Guobytė, 1995, originalus mastelis 1:50 000) [9]



3.4 pav. Ignalinos AE regiono kvartero geologiniai pjūviai (pradinis mastelis 1:50 000) (autoriai R. Guobytė, V. Račkauskas [9]).

Geologinių pjūvių legenda ir vieta parodyta 3.3 pav.

3.2 Seismologija ir tektonika

Šiame poskyryje pateikta informacija, kuri buvo apžvelgta ir apibendrinta naujausių IGG tyrimų, atliktų šalia 158 statinio, ataskaitoje [6, I tomas].

Kristalinio pamato paviršiaus struktūra. Ignalinos AE rajonas yra Rytų Europos platformos dviejų stambių regioninių tektoninių struktūrų Mozūrijos–Baltarusijos anteklizės ir Latvijos balno sandūros zonoje. Todėl jo struktūrinės tektoninės sąlygos yra sudėtingos. Pagal kristalinio pamato paviršiaus reljefą čia išskiriamos žemesnės eilės tektoninės struktūros (bloakai): Šiaurės Zarasų pakopa, Anisimovičių grabenas, Rytų Drūkšių pakilimas, Drūkšių įlinkis (grabenas) ir Pietų Drūkšių pakilimas.

Nuosėdinės dangos struktūra. Nuosėdinę dangą sudaro visame rajone išplitę struktūriniai kompleksai: baikalinis, kaledoninis, hercininis bei kvartero nuogulos.

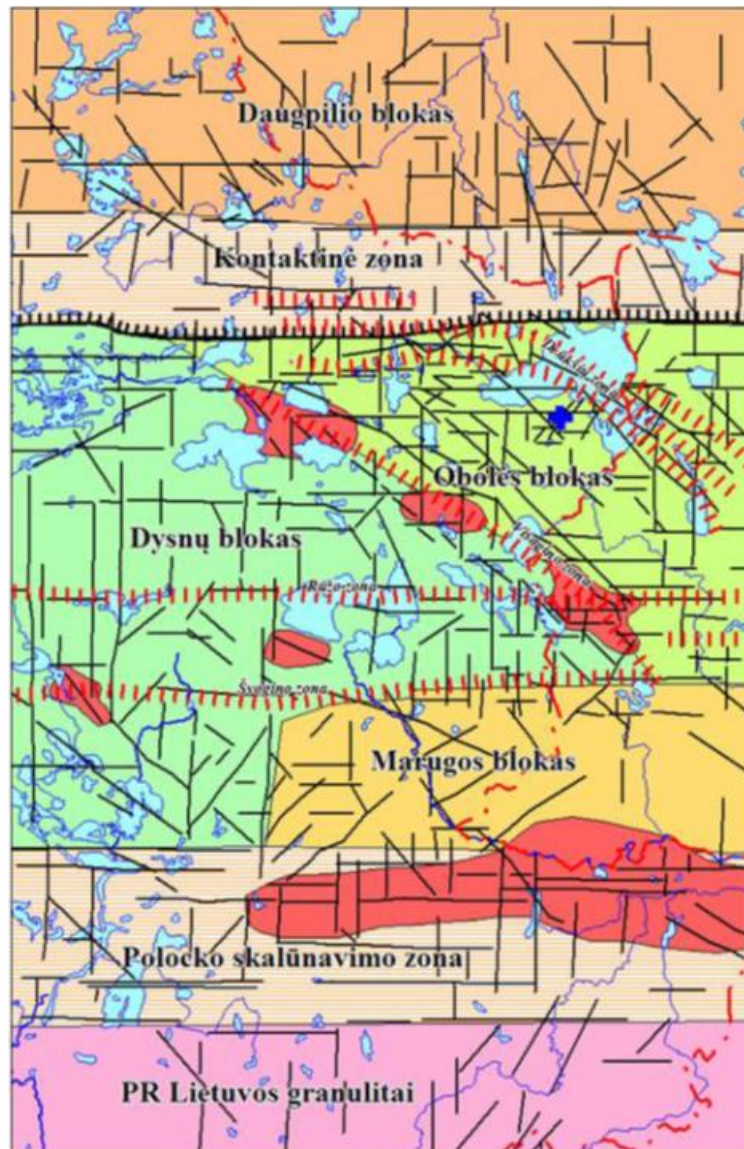
Lūžiai. Ignalinos AE rajone nustatyti dviejų tipų tektoniniai lūžiai: ikiplatforminiai (nekertantys nuosėdinės dangos) ir platforminiai (kertantys nuosėdinę dangą). Dauguma ikiplatforminių lūžių buvo aktyvūs formuojantis nuosėdinei dangai baikaliniame, kaledoniniame, hercininiame ir alpininiame etape. Kai kurie aktyvūs ir šiuo metu. Nuosėdinę dangą kertantys lūžiai yra subplatuminės, submeridianinės, šiaurės vakarų ir šiaurės rytų kryptių. Ryškiausiai išsiskiria Drūkšių įlinkio (grabeno) ir Anisimovičių grabeno lūžių serijos. Šiaurės rytų ir šiaurės vakarų krypties lūžiai nustatyti visuose Ignalinos AE rajono struktūriniuose blokuose. Jų ilgis kinta nuo 3–5 iki 15–18 km, amplitudės siekia 15–20 m. Labiausiai lūžių suskaldyta rytinė rajono dalis. Lūžių susikirtimo mazgas yra Drūkšių ežere. Jame susikerta įvairių kryptių lūžiai. Pagal morfometrines ir morfostruktūrines analizes bei kosminių nuotraukų dešifravimo duomenis dauguma kristalinio pamato lūžių, kertančių nuosėdinę dangą, yra neotektoniškai aktyvūs. Ignalinos AE rajone nustatyta sudėtinga neotektoniškai aktyvių linijinių zonų sistema. Neotektoniškai aktyvios linijinės zonos, kaip ir lūžiai, yra subplatuminės, submeridianinės, šiaurės rytų ir šiaurės vakarų krypties, tik šiek tiek pasistūmusios lūžių atžvilgiu. Nekelia abejonių Drūkšių įlinkio, Anisimovičių grabeno ir Skirno lūžių neotektoninis aktyvumas. Su neotektoniškai aktyviomis linijinėmis zonomis susiję siauri paleoįrėžiai, kartais siekiantys beveik 200 m gylį (nuo pokvarterinio paviršiaus). Platuminės krypties neotektoniškai aktyvi linijinė zona kerta ir Ignalinos AE pramoninę aikštelę. Su šia zona susijusio paleoįrėžio gylis yra virš 70 m. Šiandieninį lūžių aktyvumo stebėjimui atliekami vertikalii Žemės paviršiaus judesių matavimai aplink Drūkšių ežerą įrengtame geodinaminiame poligone. 1989–1994 m. (o Lietuvos teritorijoje paskutinis matavimas atliktas 1998m.) tyrimų rezultatai rodo, kad

vertikalūs Žemės paviršiaus judesiai Ignalinos AE rajone susiję su atskirų Žemės plutos blokų, kuriuos riboja kristalinio pamato ir nuosėdinės dangos lūžiai, judesiais. Santykinė vertikalių Žemės plutos blokų judesių amplitudė šiame rajone siekia iki 2–3 mm per metus, o horizontalių – iki 14 mm per metus [17].

Kvartero lūžių buvimas aikštelėje. Dėl techninių seisminės žvalgybos metodo galimybių ir dėl kvartero nuosėdinės dangos sandaros dažnai net detalios 3D seisminės žvalgybos duomenų kokybė pirmuose šimtuose nuosėdinės storumės metrų nuo žemės paviršiaus neleidžia išskirti deformacijų ir uolienuų poslinkių ar kitų tektoninių deformacijų kvartero storumėje, tam reikalingi tiksliniai itin detalūs kompleksiniai konkrečių teritorijų tyrimai. Todėl, siekiant įvertinti tektonines dislokacijas lūžių reaktyvacijos tikimybės požiūriu, turėtų būti atlikti tikslingi kompleksiniai tyrimai įskaitant labai detalų geologinį ir geomorfologinį kartografavimą, topografinius tyrimus, geofizinius tyrimus (taip pat ir geodezinius, kai yra reikalinga), paviršiaus atodangų (tranšėjų) kasimą, gręžimą, nuosėdų ir lūžio zonos uolienuų amžiaus nustatymą, lokalius seismologinius matavimus ir kitus, anksčiau įvykusių dislokacijų amžiaus ir amplitudės (masto) nustatymui būtinus tyrimus, kurie iki šiol vykdyti nebuvo [18]. Paleoseisminių įvykių apraiškos Lietuvos teritorijoje iki šiol nėra patvirtintos, nes paleoseisminių struktūrų (seismitų), deformacijų gantiniai seisminiai mechanizmai nėra išiaiškinti. Tiksliniai neotektoniniai, žemės paviršiaus deformacijų ir/ar vertikalių bei horizontalių žemės paviršiaus judesių tyrimai, siekiant nustatyti lūžių aktyvumą kvartero metu arba kvartero storumės bei žemės paviršiaus deformacijas teritorijoje nebuvo vykdyti.

Naujai atlikti 2D ir 3D detalių seisminės žvalgybos tyrimų duomenys Visagino AE aikštelių apylinkėse nepatvirtino ryškios tirtosios teritorijos blokinės sandaros ir lūžinės tektonikos požymiai tirtosioje teritorijoje nebuvo išskirti silūro ir jaunesniuose nuosėdinės storumės sluoksniuose (išskyrus Asimovičių grabeną. Pagal naujai atliktų 2D ir 3D detalių seisminės žvalgybos tyrimų duomenis aktyvių tektoninių lūžių zonų nėra išskirta [31].

Regioniniu mastu, į šiaurinę regiono dalį įeina Daugpilio blokas (3.5 pav.). Pagal pietinį Daugpilio bloko pakraštį skiriama plati kontaktinė zona. Stabatiškės aikštelė yra už 6,5 km į pietus nuo Daugpilio bloko pakraščio. Stambiausia tektoninė struktūra išskirta arčiausiai Stabatiškės aikštelės yra Drūkšių skalūnavimo zona išilgai Daugpilio bloko pietinio pakraščio. Zona tęsiasi vakarų-rytų kryptimi, rytuose pasisuka į ŠV-PR. Zonos plotis yra apie 5 km. Stabatiškės aikštelė yra už 2 km į pietus nuo Drūkšių skalūnavimo zonos.



3.5 pav. Kristalino pamato tektoninis žemėlapis [31]

Parodyti tektoniniai blokai (spalvoti poligonai), lineamentai (juodos linijos) ir tektoninės zonos (raudonos juostos). Raudoni poligonai žymi kratoninių granitoidų intruzijas. Stabiškos kalvos (mėlyni kryžiuikai).

Naujausi tektoninių ypatybių tyrimai Drūkšių zonoje [31] parodė, kad Drūkšių plotas buvo tik nežymiai paveiktas tektoninio aktyvumo procesu, kas būdinga visai rytinei Lietuvos daliai formuojantis nuosėdinei dangai. Nustatyti lūžiai yra lokalaus mastelio, jų ilgis kinta nuo 5 iki daugiau kaip 20 km, amplitudės kinta nuo 5 iki 40 m, kas atspindi labai nedidelį lūžių susidarymo aktyvumą. Lūžių, darančių įtaką aikštei aptikta nebuvo.

Pokvartero paviršius buvo detalai analizuotas [31] kaip atraminis paviršius atpažinti neotektoninius vertikalius judėjimus. Topolineamentai buvo išskirti naudojant skirtingus metodus, tokius, kaip distancinis dešifravimas, morfometriniš ir geomorfologinis metodai. Be to buvo detalai

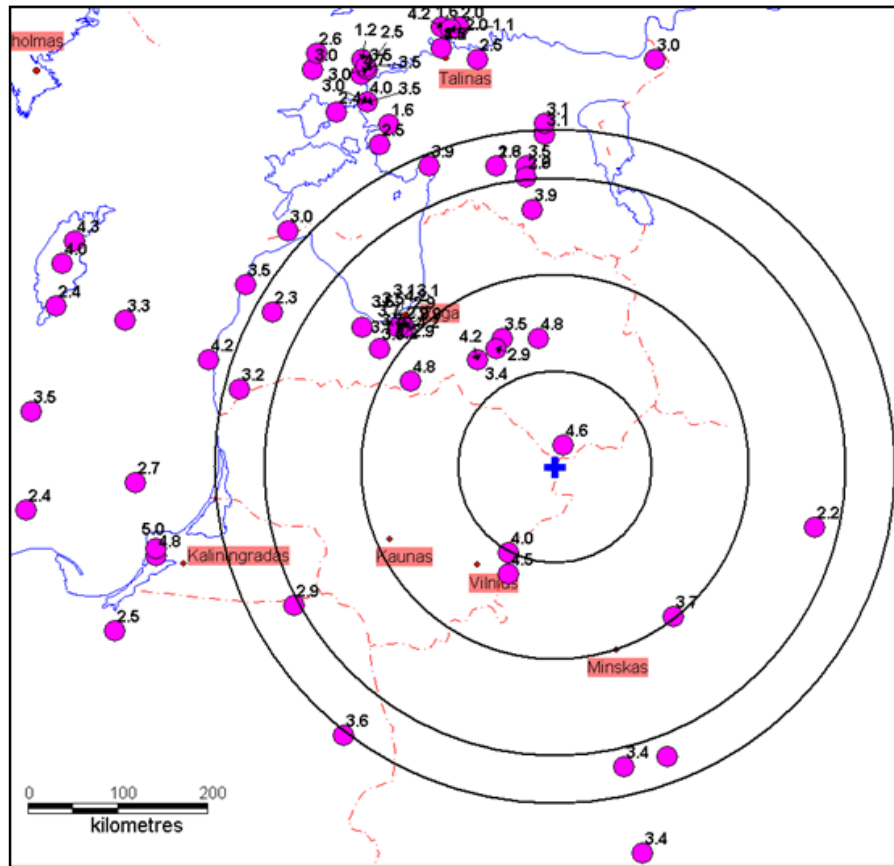
tirta kvartero storumė siekiant nustatyti žymaus kvartero storumės sandaros pokyčio zonas, galimai susijusias su aktyviais lūžiais. Taip pat tirtas hidrogeocheminių anomalijų galimas pasireiškimas. Remiantis duomenimis, regione yra tik keli galimai aktyvūs lūžiai.

Dabartinis tektoninis aktyvumas buvo tiriamas [31]. Aikštelės apylinkėse yra nemažai geodezinių reperių. Gana tankus reperių tinklas neatskleidė tektoninio pobūdžio Žemės paviršiaus judesių. Kai kurios maža-gradientinės zonos, kaip zona susijusi su Alksno lineamentu, gali būti paaiškinta tiek litologiniais paviršiaus ypatumais, techniniais netikslumais arba labai nežymiu tektoniniu aktyvumu. Kas liečiau pačią aikštelę, nebuvo nustatyta jokia dabar tektoniškai aktyvi zona [32].

Dabartiniai instrumentiniai matavimai rodo, kad Lietuvos Žemės pluta yra veikiamą horizontalių tektoninių įtampų. Buvo užregistruota kelios dešimtys vidutinio stiprumo Žemės drebėjimų. Istoriniu laikotarpiu buvo užregistruota keliasdešimt gerai juntamų Žemės drebėjimų. Žemės drebėjimų intensyvumas siekė 6-7 balus pagal MSK-64 skalę, vietomis netgi susidarė plyšiai Žemės paviršiuje, skilinėjo pastatai. 300 km spinduliu nuo Stabatiškės aikštelės buvo registruota 16 vidutinio intensyvumo Žemės drebėjimų įvykusių nuo 1616 metų. Septyni įvykiai užfiksuoti 100 km atstumu nuo aikštelės. Žemės drebėjimų gylis Baltijos regione dažniausiai yra 10 km [32].

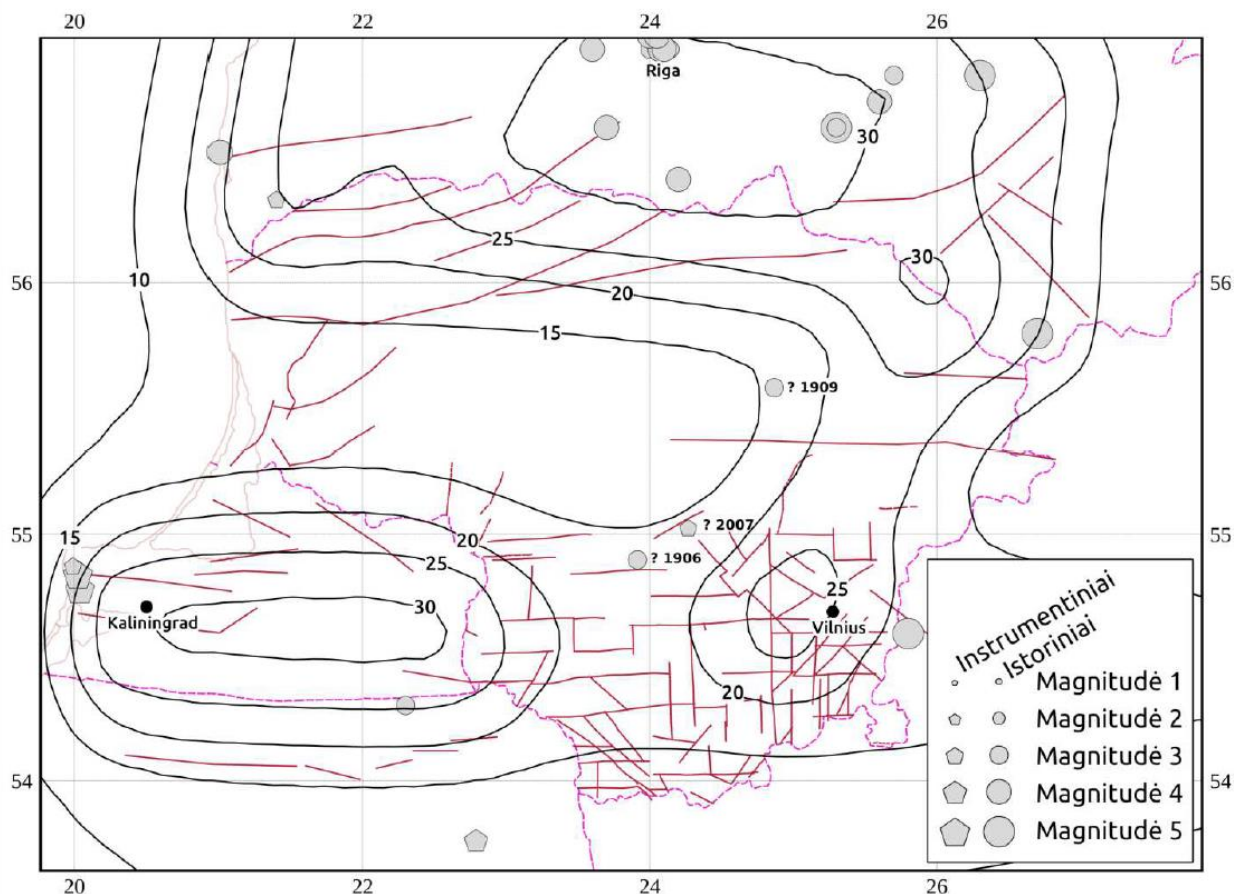
Seisminių įvykių retrospektyva. Rytų Baltijos regionas pasižymi nedideliu seisminiu aktyvumu, kuris yra daug mažesnis lyginant su Fenoskandijos skydo seisminiu aktyvumu. Rytinės Baltijos regionas ir net platesnis Baltijos jūros regionas su greta esančiomis sausumos teritorijomis klasifikuojamas kaip mažo ar labai mažo seisminio aktyvumo sritis. Analizuojant seisminių įvykių pasiskirstymą Rytų Baltijos regione, galima pastebėti, kad šiaurinė šio regiono dalis pasižymi didesniu seisminiu aktyvumu nei pietinė. Skiriamoji riba tarp šių dviejų sričių eina maždaug šiauriniu Lietuvos pasieniu iš vakarų į rytus, o ties Rokiškiu keičia kryptį link šiaurės rytų ir, išilgai tokios pat krypties lūžių pažymėtų daugelyje tektoninių žemėlapių, nueina į Latvijos teritoriją [18]. Panašiai, Rytinės Baltijos teritoriją padalinant į pietinę ir šiaurinę provincijas buvo pasielgta ir atliekant ankstesnius pasaulinio [19] ir Europinio mastelio seisminio pavojingumo vertinimus [20]. Negausiuose istoriniuose rašytiniuose šaltiniuose yra minimos tik kelios dešimtys silpnų ar vidutinio stiprumo įvykių. XX a. pradžioje Rygos universiteto profesorius B. Doss iš įvairių šaltinių surinko duomenis apie 18 vidutinio stiprumo (V-VII balų intensyvumas pagal MSK-64 skalę) žemės drebėjimų, vykusių Latvijos ir Estijos teritorijose. 1988 metais Baltarusijos ir Baltijos respublikų mokslininkai išplėtė seisminių įvykių katalogo geografinę aprėptį ir papildė jį iki keturiasdešimt penkių (Avotinia ir kt., 1988). Po poros metų pastarasis katalogas buvo dar kartą peržiūrėtas, įvertintos kelių stipresnių įvykių magnitudės. Kataloge galima atsekti žymesnį seisminio aktyvumo

padidėjimą visuose Baltijos kraštuose 1908-1909 metais. Jis sutapo su galingu žemės drebėjimu ($M=7,5$) įvykusi Italijoje greta Mesinos miesto 1908 gruodžio 28 d. Vienas iš stipriausių instrumentiškai užfiksuotų žemės drebėjimų įvyko 1976 metais Osmussaares saloje, Estijoje; jo stiprumas siekė $M = 4,75$. Žemės drebėjimų, vykusių 2004 metais rugsėjo 21 dieną Kaliningrado srityje, priklausančioje Rusijai, stiprumai buvo M_w 5,0 ir 5,2. Šie įvykiai buvo netikėti teritorijoje, pasižyminčioje žemu seismingumu. Stipriausias Kaliningrado žemės drebėjimas buvo galingiausias instrumentiškai užregistruotas šiame regione, jis buvo juntamas net už 800 km. Remiantis istoriniais duomenimis, Lietuvos teritorijoje nebuvo patikimai nustatytas nei vienas gamtinės kilmės žemės drebėjimas, taip pat nebuvo patikimai užregistruotas ir instrumentiškai. Tačiau Baltijos yra kratono pakraštyje, ir todėl teritorija pasižymi santykinai didesniu seisminiu aktyvumu, lyginant su labiau žemyno dalyje esančiomis teritorijomis. Be to, šiaurinę regiono dalį veikia ir liekaniniai glacialiniai izostazijos procesai. Žemės drebėjimų, fiksuojamų Baltijos regione (ir visame kartone), stiprumas yra gana tipiškas kratoniniams regionams – iki šiol užregistruotų žemės drebėjimų magnitudės neviršija $M = 5,5$ (3.6 pav.). Apžvelgiant Ignalinos AE regiono seismines sąlygas, galima konstatuoti, kad jis pasižymi tam tikru seisminiu aktyvumu. 250 km spinduliu, įskaitant pirminius ir pakartotinus smūgius, žinoma dvylika seisminių įvykių, kurių epicentriniai intensyvumai siekė VII balus pagal MSK-64 (arba jai analogišką, patobulintą EMS-98) skalę ir kurių stiprumai įvertinti nuo 2.5 iki 4.5. Arčiausiai Visagino AE, nutolęs tik per 35 km buvo 1908 m. Daugpilio $M=4.5$ žemės drebėjimas. Taip pat paminėtini 1821 m. vasario 22 dienos Koknesės $M=4.5$, 1908 m. gruodžio 28 dienos Gudogų $M=4.5$ ir 1908 m. gruodžio 29 Madonos $M=4.5$ žemės drebėjimai [18]. Kaip jau minėta įvadiniame ir apžvalginuose skyriuose, Rytų Baltijos regionas pasižymi mažu seisminiu aktyvumu, tačiau nėra visiškai aseismiškas. Čia įvyko virš 40 registruotų juntamų žemės drebėjimų, o teoriškai stipriausių žemės drebėjimų magnitudės gali siekti $M = 5,7$ ir tokio stiprumo drebėjimai jau gali turėti tam tikrą griaunamąjį potencialą [20].



3.6 pav. Seisminiai įvykiai rytiniame Baltijos regione, nurodyti jų dydžiai. Aikštelė pažymėta mėlynu + simboliu. Parodytos teritorijos 100, 200, 300 ir 350 km spinduliu [31]

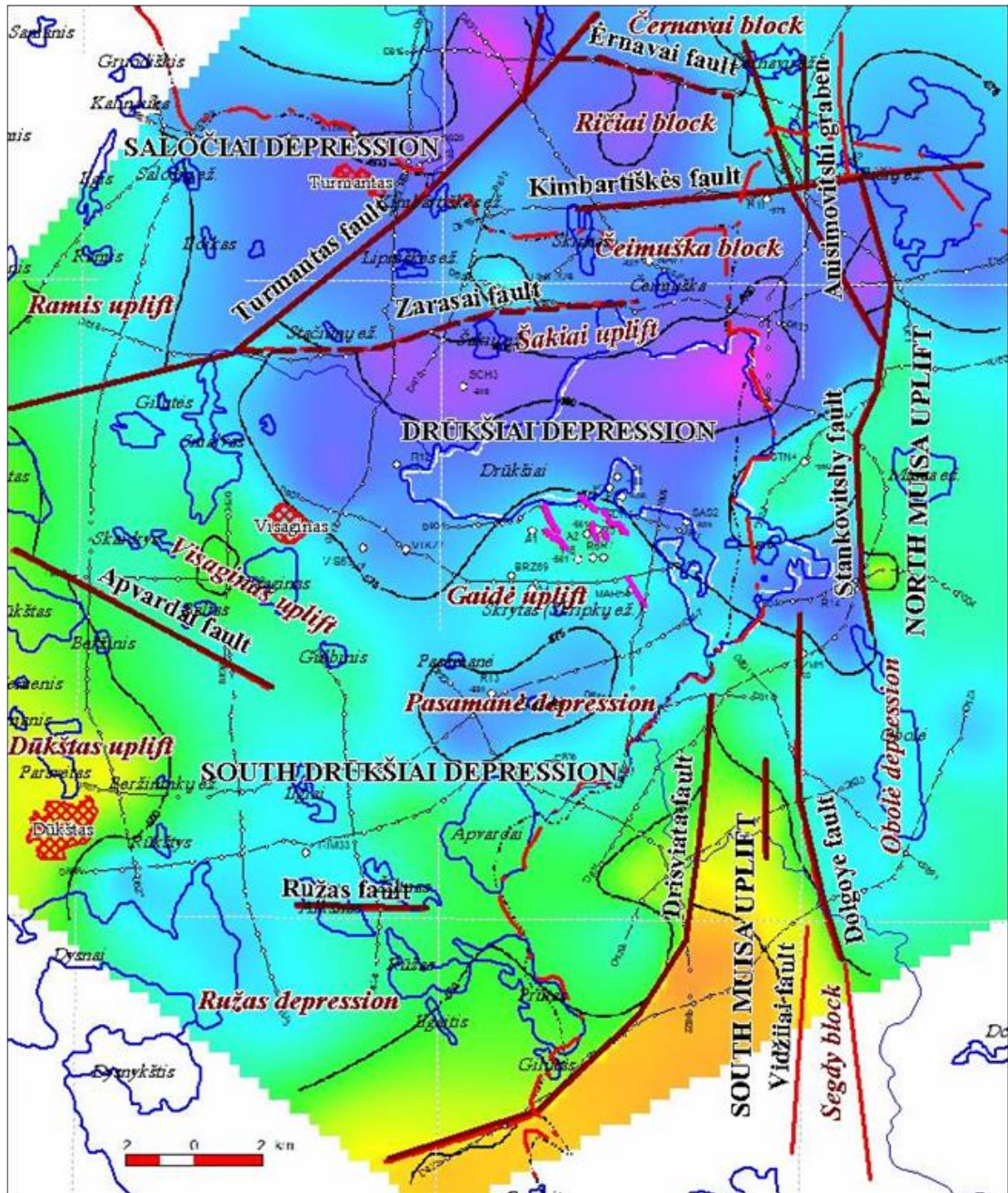
Pagal šiuolaikines tikimybinės seisminio pavojingumo vertinimo metodikas buvo sudarytas Lietuvos ir greta esančių teritorijų seisminio pavojingumo žemėlapis, kuris atvaizduoja žemės paviršiaus virpesių pagreičių vertes, kurios per 50 metų gali būti viršytos su 10% tikimybe (3.7 pav.).



3.7 pav. Lietuvos ir greta esančių teritorijų seismo pavojingumo žemėlapis. Juodos izolinijos vaizduoja maksimalius horizontalius grunto dalelių pagreičius (PGA) išreikštus cm/s^2 , kurie su 10% tikimybe gali būti viršyti per 50 m [18].

Šie atlikti darbai leido nustatyti, kad didžiausias seisminis pavojingumas prognozuojamas Rytų Lietuvoje, kuris įvertintas maksimaliu grunto pagreičiu iki 32 cm/s^2 (475 metų pasikartojamumui), padidintas seisminis pavojus prognozuojamas ir Šiaurės Lietuvoje (iki $25\text{-}30 \text{ cm/s}^2$). Didžiojoje Lietuvos teritorijoje pagreičio reikšmės kinta nuo 10 iki 20 cm/s^2 . Taip pat padaryta išvada, kad lūžių galimą aktyvumą sąlygoja tektoninės įtampos veikiančios Baltijos regiono litosferą. Seisminės įtampos gana kaišios Lietuvos teritorijoje [18].

Skirtingi autoriai pateikia gana skirtingus Rytų Baltijos regiono tektoninius ir seismotektoninius žemėlapius ir vieno visuotiniai priimto šio regiono tektoninio žemėlapiu kol kas nėra. Tačiau, apibendrinant skirtingų autorių žemėlapius, galima išvelgti ir tam tikrų vyraujančių lūžių krypčių ar jų tankio netolygumo atskirose regiono srityse (3.8 pav.).



3.8 pav. Drūkšių apylinkių tektoninis žemėlapis [31]

Spalvos ir kontūrinės linijos rodo kristalinio pamato gylį. Rudos linijos rodo lūžius (taškinės linijos yra spėjami lūžiai), rožinės linijos rodo lūžius, nustatytus 3D seismikos, raudonos linijos yra lūžių išplėtimas pagal grėžimus. Nurodomi seisminiai profiliai ir giluminiai grėžiniai

Pagal Lietuvos teritorijos seismingumo kompleksinius tyrimus atliktus LGT 2015 m. vidutinė Lietuvos ir gretimų teritorijų maksimalių grunto horizontalių virpesių pagreičių (PGA), kurie su 10% tikimybe gali būti viršyti per 50 m., vertė yra $19,7 \text{ cm/s}^2$ su standartiniu nuokrypiu lygiu $6,5 \text{ cm/s}^2$.

Lietuvos ir greta esančių teritorijų seisminis pavojingumas yra labai mažas ($PGA=19,7 \pm 6,5 \text{ cm/s}^2$). Lietuvos seisminio pavojingumo lygmuo siekia tik 4% jį palyginus su didžiausio seisminio pavojingumo zonomis Europoje, kur tokios pačios tikimybės PGA vertės siekia $\sim 500 \text{ cm/s}^2$.

Vėlyviausi įvykiai, susiję su žemės plutos judėjimu. Šiuolaikiniai žemės paviršiaus judesiai ir deformacijos. Santykinė žemės paviršiaus vertikaliųjų judesių magnitudė ŠR Lietuvoje siekia iki 5 mm/metus. Per pastaruosius 25 metus Zarasų–Turmanto sritis kilo 4–5 mm per metus greičiu Vilniaus–Jonavos regiono atžvilgiu. Tačiau šių judesių kryptis keičiasi laiko bėgyje – stebėjimų duomenimis yra išskirti du naujausi tektoniniai ~ 20 metų trukmės vertikaliųjų judesių ciklai. Teritorijai būdinga ŠŠR-PPV krypties maksimali principinė įtampa, gerai atitinkanti Rytų Lietuvos regioninį įtampų lauką.

Instrumentinių tyrimų duomenimis dabartiniai vertikaliųjų Žemės plutos judesių greičiai Lietuvos teritorijoje svyruoja nuo $-2,7$ iki $+3,5$ mm/metus. Intensyviausias Žemės plutos kilimas ir didžiausia judesių greičių gradientų kaita yra šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje, o grimzdimas – pietinėje ir pietvakarinėje srityse. ŠR Lietuvos dalis yra žemės paviršiaus vertikalaus kitimo srityje ir vertikaliųjų kilimo judesių magnitudė siekia 5–6 mm/metus. Tačiau šių judesių kryptis keičiasi laiko bėgyje – stebėjimų duomenimis yra išskirti du naujausi tektoniniai ~ 20 metų trukmės ciklai. Per pastaruosius 25 metus Zarasų–Turmantų sritis kilo 4–5 mm per metus greičiu Vilniaus–Jonavos regiono atžvilgiu. Lietuvos centrinė dalis santykinai grimzta ($-0,6$ – $-0,8$ mm/m.). Vietinis grimzdimas buvo nustatytas į ŠR nuo Vilniaus. Intensyviausias grimzdimas stebimas PV Lietuvoje ($-2,7$ mm/m.). Tiek regioninės, tiek ir lokalsios tektoninės struktūros atskleidžia tektoninės inversijos tendencijas ŠR Lietuvoje. Vertikaliųjų judesių koreliacija buvo nustatyta tarp dabartinio reljefo ir pokvartero paviršiaus. GPS tinkle aplink Visagino AE atlikti du matavimo ciklai parodė, kad apie Drūkšių ežerą įrengtame geodinamiame poligone didžiausių santykinųjų horizontaliųjų poslinkių kryptys sutampa su geologiniais metodais išaiškintų tektoninių lūžių kryptimis. Matavimų duomenų pagrindu buvo išskirti trys blokai, pasižymintys skirtingomis horizontaliųjų judesių kryptimis ir greičiu. Šiaurinis ir pietinis blokai, atskirti platuminės Drūkšių lūžių zonos, juda ŠŠR ir ŠR kryptimi, tačiau skirtingu greičiu. Bendrai buvo nustatyta ŠŠR-PPV krypties maksimalus principinis įtampa, gerai atitinkanti Rytų Lietuvos regioninį įtampų lauką. Metinis įtampų kitimas (1998–1999) siekė nuo $-0,024$ MPa iki $-0,086$ MPa horizontaliam principiniam spaudimui, o nuo $-0,025$ MPa iki $+0,056$ MPa per metus (spaudimui/ tempimui). Plonos plokštės baigtinių elementų programa ANSYS buvo atliktas modeliavimas, kuris atskleidė tektoninių įtampų ir horizontaliųjų deformacijų pasiskirstymą Žemės plutoje. Visagino AE regione. Skaičiavimai, autorių nuomone, atskleidė aiškią Drūkšių lūžio įtaką įtampų laukui, t. y. buvo stebima tektoninių įtampų rotacija, būdinga stambioms lūžių zonomis,

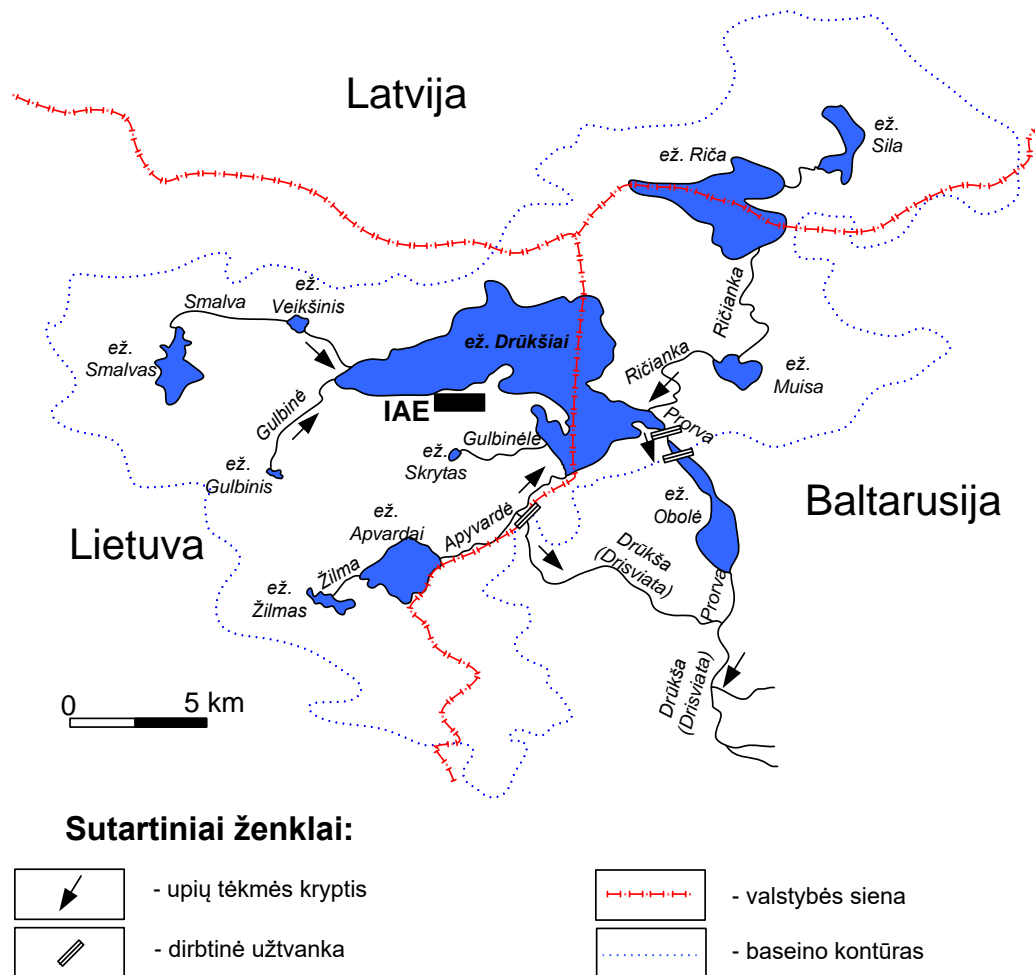
prognozuotas ŠŠR–PPV krypties regioninis įtampų laukas (maksimalus spaudimas). Įtampų kaita siekė 0,024–0,086 Mpa per metus (pagrindinis spaudimas). Valstybinio pirmos klasės GPS tinklo matavimų, atliktų 1993 ir 2007 metais 48 matavimų punktuose visoje Lietuvos teritorijoje duomenys išskyrė skirtingus diferencialinius horizontalius judesius, vyraujant Š-V ir V-R krypties judesiams iki 3 mm/m., lyginant su atraminiu ETRS89 modeliu. Buvo interpretuota, kad deformacijos greičiai kinta nuo $-5,7E-08 \text{ m}^{-1}$ iki $8,2E-08 \text{ m}^{-1}$, vid. reikšmė $-2,5E-08 \text{ m}^{-1}$. Žemės plutos deformacijos pasižymi dideliu deformacijos greičių gradientu, savo ruožtu parodančiu padidintą seisminio momento akumuliacijos greitį, kintantį nuo $0,28E-16 \text{ Nmm}^{-1}$ iki $8,33E-16 \text{ Nmm}^{-1}$.

Aikštelės nuotolis nuo seismiškai aktyvių sričių ar žinomų/spėjamų lūžių. Beveik visą Rytų Europos platformą, tuo pačiu ir joje esantį Rytinės Baltijos regioną, vidutiniškai 3–4 kartus per šimtmetį sudrebina stiprūs žemės drebėjimai, kurių epicentrai koncentruojasi Vrančos kalnų (Rumunija) seismogeninėje zonoje (SZ). Ši zona yra toje vietoje, kur Karpatų kalnų kalnagubris keičia savo kryptį iš pietryčių į pietvakarių ir pietų. Paskutiniai stiprūs žemės drebėjimai čia vyko 1940, 1977, 1986 ir 1990 metais. Rumunijoje ir gretimoje Moldovoje šie drebėjimai sukėlė ženklus pastatų sugriovimus, o 1940 ir 1977 m. drebėjimai paženklinti ir žmonių aukomis [20].

3.3 Hidrologija ir hidrogeologija

158 statinys yra 600 m atstumu į pietus nuo Drūkšių ežero. Drūkšių ežeras yra didžiausias ežeras Lietuvoje, jo hidrografinio baseino schema parodyta 3.9 pav. Dabartinis visuminis ežero plotas yra apie 45 km². 37 km² šio ploto yra Lietuvos teritorijoje. Didžiausias gylis siekia 33,3 m, vidutinis gylis – 8,2 m [4]

Yra 11 intakų į Drūkšių ežerą ir viena upė (Prorva) ištekanti iš jo. pagrindinės upės, įtekančios į ežerą, yra Ričianka, Smalva, Apyvardė ir Gulbinė [4].



3.9 pav. Drūkšių ežero hidrografinio tinklo schema [4]

Beveik visas paviršinis vanduo (74 %) patenka Ričankos ir Drūkšos upėmis į pietinę Drūkšių ežero dalį. Likęs paviršinis vanduo Smalvos ir Gulbinės upėmis įteka iš vakarų pusės. Iš pietinės Drūkšių ežero dalies vanduo išteka Prorvos upe. Pagrindinių Drūkšių ežero charakteristikų suvestinė pateikta 3.1 lent.[4].

3.1 lent. Pagrindinės Drūkšių ežero charakteristikos

Parametras, vienetai	Reikšmė
Plotas, ha	4480 / 3700*
Vidutinis gylis, m	8,2
Didžiausias gylis, m	33,3
Vandens tūris, tūkst. m ³	367 650
Vandens baseino plotas, km ²	620
Vandens kaita % per metus	29

* Bendrasis / Lietuvos teritorijoje.

Vidutinis ežero vandens lygis yra apie 141,6 m virš jūros lygio, o per pavasarinius potvynius didžiausia vandens lygio vertė gali siekti 142,35 m. Drūkšių ežero vandens režimas yra sąlygojamas ir natūralios, ir antropogeninės kilmės veiksnių. Pagrindinis gamtinės kilmės veiksnys yra regiono klimatinės sąlygos, t. y. atmosferinių kritulių kiekis, patenkantis į ežerą, ir garavimas nuo ežero paviršiaus bei jo baseino. Antropogeninės kilmės veiksniams priskiriamas elektrinės hidroinžinerinio komplekso eksploatavimas bei ežero vandens cirkuliacija dėl jo poreikio elektrinės įrenginių aušinimui. 1953 metais buvo pastatytas hidroinžinerinis kompleksas (užtvanka) ant Prorvos upės prieš įtekėjimą į Obolės ežerą. Tai pakėlė vandens lygį Drūkšių ežere 0,3 m iki dabartinio 141,6 m lygio [4]. Vandens pakilimo iki 143.5 m tikimybė yra mažiau nei $2,12E-08$ [4].

Drūkšių ežero baseino plotas (žr. 3.9 pav.), yra santykinai mažas – tik 620 km². Maksimalus baseino ilgis (iš pietvakarių į šiaurės rytus) yra 40 km, maksimalus plotis – 30 km, vidutinis plotis – 15 km. Ežerui būdinga palyginti lėta vandens apykaita. Pagrindinis ištekėjimas vyksta Prorvos upe (99 % visų paviršinių ištakų). Toliau ištakos iš Drūkšių ežero ilgu ir sudėtingu apie 550 km ilgio keliu pasiekia Rygos įlanką Baltijos jūroje [4].

Visagino miesto statymo metu, pramoninis kanalizacijos vanduo buvo nukreiptas į Skripkų ežerą (ežeras Skrytas). Iš ten jis teka į upę Gulbinėlę, kuri įteka į Drūkšių ežerą [4].

Pagal [6] IAE pramoninėje aikštelėje veikia dvi techninės priemonės vandens režimą pramoninėje aikštelėje reguliuojančios sistemos – gamybinė lietaus kanalizacija (GLK) (3.10 pav.) ir pagrindinių pastatų drenažų sistema (3.11 pav.).

Pirmoji sistema per gamybinių ir paviršinių nuotekų nuotekyną (GPNN) iš pramoninės aikštelės šalina nuo pastatų ir padengtų paviršių surinktą kritulių vandenį, taip pat kai kurias gamybines nuotekas.

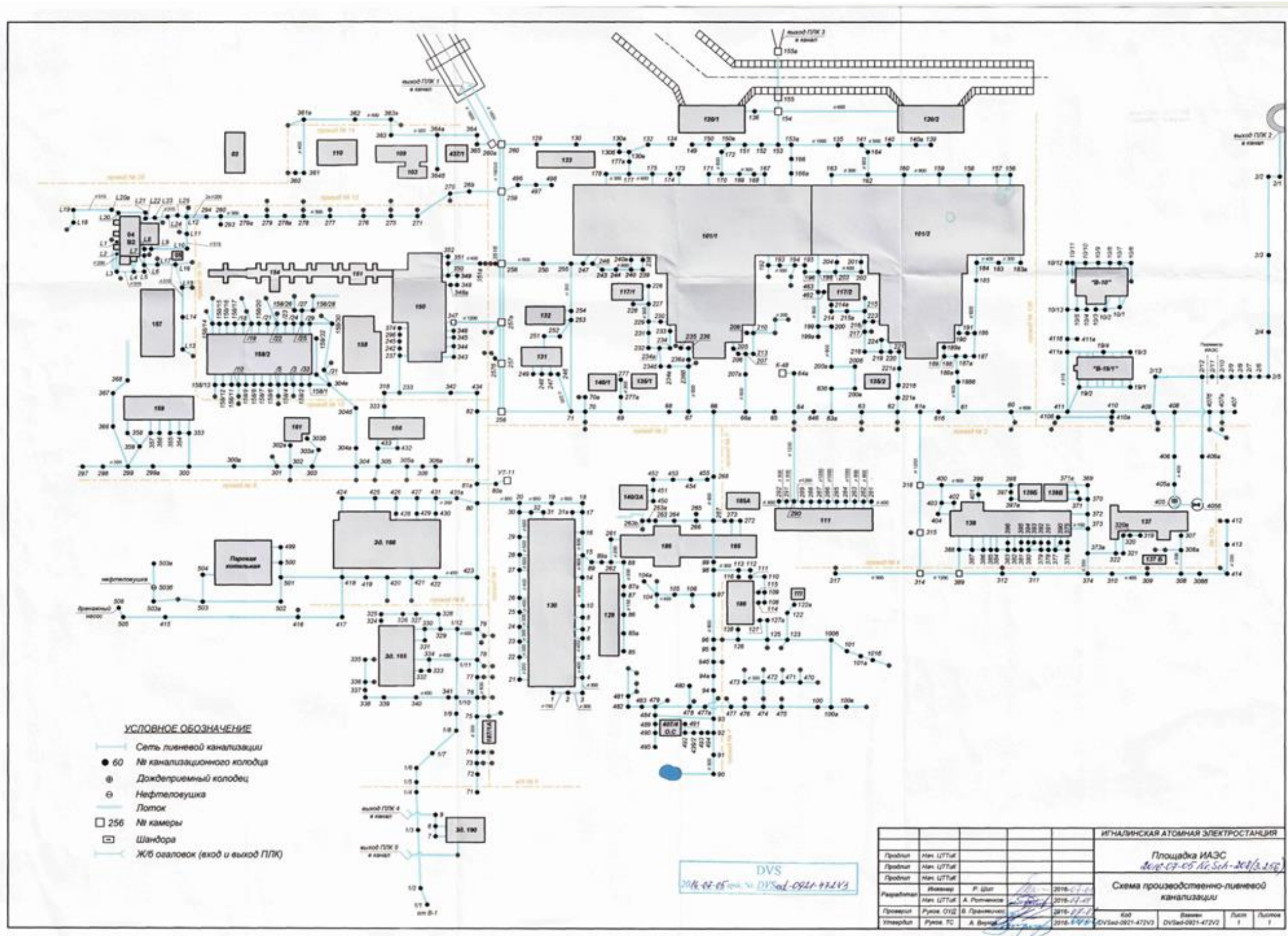
Didžiausia dalis surinkto vandens per tris kanalizacijos kanalus (GLK-1, GLK-2 ir GLK-3) patenka į Drūkšių ežerą (3.10 pav.).

Antroji sistema sudaro pagrindinių pastatų drenažus. Ji apima pagrindinių pastatų penkias grupes, kurių drenažo šuliniuose surenkamas vanduo šalinamas, automatiniu režimu veikiant šešioms siurblių stotims. Pastaroji sistema, priklausomai nuo jos įgilinimo, vienokiu ar kitokiu mastu prie pastatų žemina gruntinio vandens lygį, šalinamas vanduo patenka į Drūkšių ežerą. Šios sistemos veikimas atsispindi ir požeminio vandens monitoringo duomenyse. Pagrindinių pastatų grupių drenažų sistemos šulinių gylių apibendrinti duomenys yra tokie:

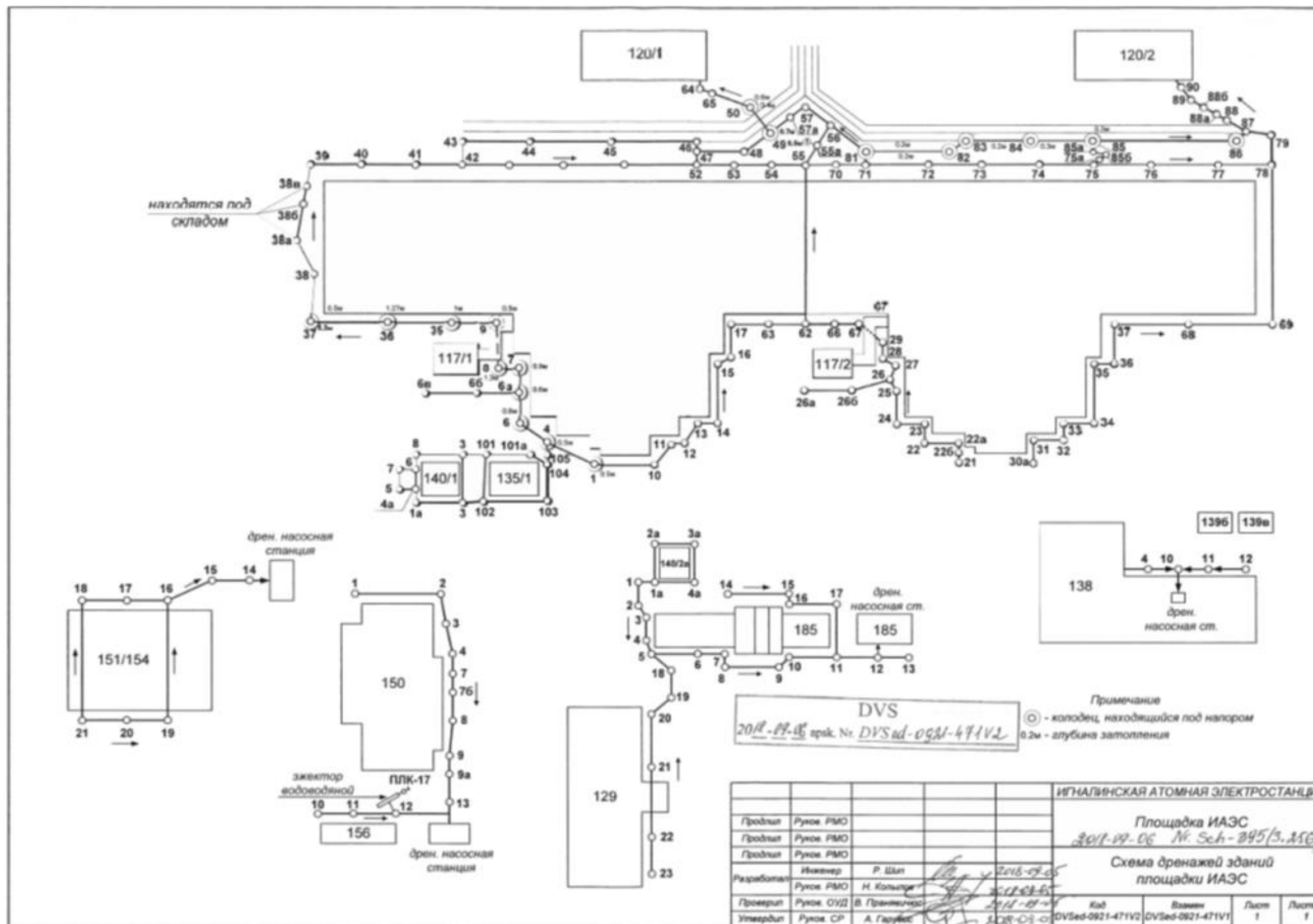
- 150 pastatas: –3,5 iki –9,5 m (siurblinė stotis);
- 151/154 pastatai: –3,5 iki –4,5 m;
- 101/1–2 pastatai: –8,5 iki –9,9 m;

- 129, 130, 140/2a, 185 pastatai: –3,5 iki –5,8 m;
- 138 pastatas: –3,5 iki –5,8 m.

Remiantis IAE tarnybų duomenimis pastatų drenažų sistemos vandens žeminimo debitas, kuris šalinamas per paviršinių nuotekų nuotekyną, sudaro po 20 m³/h arba 480 m³/para per GLK-1,2 ir GLK-3. Kadangi gruntinio vandens išsiurbimui ir jo lygio žeminimui naudojami gruntinio vandens ežektoriai, tai pateikti skaičiai yra maksimalūs, nes ežektoriaus sistemoje turi cirkuliuoti ir papildomas vandens kiekis vakuomo sudarymui.



3.10 pav. IAE gamybinė lietaus nuotekų sistema (GLK) (remiantis IAE informacija) [6]

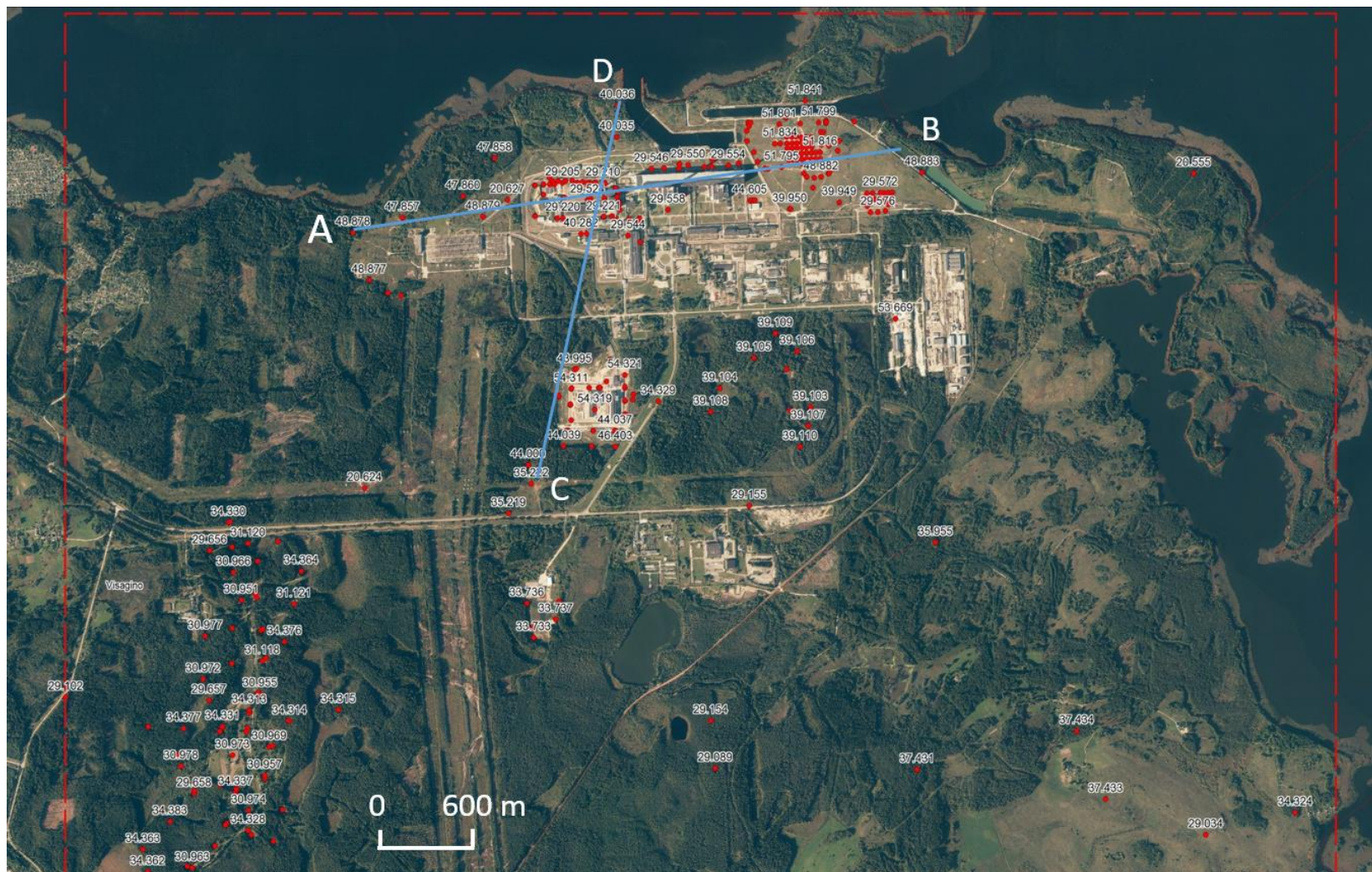


3.11 pav. Drenažo sistema požeminio vandens lygiui žeminti aplink IAE pramoninės aikštelės pastatus (pagal informaciją iš IAE) [6]

IAE regione per daugelį metų buvo išgręžta daug skirtingos paskirties ir atitinkamai skirtingo gylio gręžinių (3.12 pav.), informacija apie kuriuos patalpinta LGT (Lietuvos Geologijos Tarnyba) informacinėje sistemoje. Hidrogeologinių sąlygų apibūdinimui buvo pasirinktos 2 kryptys A–B ir C–D, pagal kurias sudaryti du hidrogeologiniai pjūviai, kertantys 158 statinio aikštelę [6]. Šių pjūvių sudarymui taip pat buvo panaudoti ir naujausių IGG tyrimų metu [6, I tomas] šalia 158 statinio darytų gręžinių (Nr. 1 ir Nr. 3) gauti duomenys.

Nagrinėjamame IAE regione kvartero sistemos nuogulų geologinis pjūvis sudėtingas, storumė sudaryta iš moreninio priemolio, molio ir priesmėlio sluoksnių ir lęšių, kuriuos skiria fliuvioglacialinių ir akvaglacialinių bei limnoglacialinių nuosėdų sluoksniai, talpinantys požeminį vandenį [6].

Radionuklidų sklaidos keliams geosferoje įvertinti naudojama turima informacija iš IGG tyrimų aikštelėje bei hidrogeologinio modeliavimo rezultatai [6, 2 priedas]. Apibendrintos turimos informacijos apie hidrogeologinę situaciją aikštelėje ir jos apylinkėse bei hidrogeologinio modeliavimo rezultatus pakanka patikimam radionuklidų sklaidos kelių geosferoje įvertinimui.



3.12 pav. Hidrogeologinių pjūvių (A–B ir C–D) linijos (raudonu stačiakampiu pažymėtas plotas, iš kurio surinkti gręžinių duomenys, patalpinti LGT duomenų bazėje) [6]

Ataskaitoje [6] pažymėta, kad pagal A–B profilį (3.13 pav.) pirmą nuo žemės paviršiaus sluoksnį sudaro moreninės nuogulos gIII_{nm3}: molis (grėžinys Nr. 47857 – 44,4 m storio), dulkis (grėžinys Nr. 47860 – 1,8 m storio) bei moreninis priemolis ir priesmėlis (grėžinys Nr. 20627 – 18,4 m storio). Dėl reljefo išlyginimo statybos tikslams daug kur ant gamtinių gruntų žemės paviršiuje suformuotas technogeninis (piltinis) gruntas, kurio storis kinta nuo 1,8 m iki 10 m storio (3.13 pav.). Papildomos informacijos apie hidrogeologinę situaciją šalia 158 statinio atskleidimui UAB „Geotestus“ įrengė naujus hidrogeologinius grėžinius (atas) [6, I tomas]. Sudarant hidrogeologinius pjūvius ties 158 statiniu, be anksčiau darytų grėžinių kartu buvo panaudoti naujai išgręžtų 15 m gylio grėžinių Nr. 3 ir Nr. 1 aprašymai. Sudaryti pjūviai susikerta ties grėžiniu Nr. 3, kuriame pjūvio viršutinė dalis yra sudaryta iš piltinio grunto (tIV) (IGS1). Piltinis gruntas čia aptiktas nuo 0,2 iki 6,2 m gylio. Taigi, šiame grėžinyje yra didžiausias piltinio grunto sluoksnio storis. Grėžinio Nr. 3 pjūvyje po piltiniu gruntu, o grėžinio Nr. 1 pjūvyje po morena (gIII_{nm3}) (IGS2) slūgso smėlingos vandeningos nuosėdos (fIII_{nm3}) (agIII_{gr}) (IGS3). Pirmą vandeningą sluoksnį sudaro fliuvioglacialinės nuogulos (fIII_{nm3}) – dažniausiai, smėlis su rupesnėmis grunto atmainomis. Šį vandeningą sluoksnį riboja moreninio priemolio (gIII_{nm3}) sluoksnis, kurio kraigas giliausiai yra ties grėžiniu Nr. 51795 – 18 m gylyje. Sluoksnį gIII_{nm3} daugiausiai sudaro moreninis priemolis, o jo storis kinta nuo 2,6 m (Nr. 29544) iki 20,4 m (Nr. 51814). Antras vandeningas fliuvioglacialinis sluoksnis fII_{md} aptinkamas 20 – 30 m gylyje. Šį sluoksnį iš apačios riboja Medininkų morenos (gII_{md}) dariniai. Profilyje A-B sluoksnio gII_{md} kraigas yra 18,4–22 m gylyje, o padas 25–54,4 m gylyje [6].

Pagal ataskaitos [6] duomenis, dauguma pagal C–D profilį (3.14 pav.) išsidėsčiusių grėžinių yra apie 30 metrų gylio, tik grėžinys Nr. 44000 yra gilesnis (65 m gylio). Kadangi dauguma grėžinių yra nepakankamo gylio detaliam hidrogeologinių sąlygų apibūdinimui, todėl kvarterinių nuogulų ir nuosėdų storumės dalį, slūgsančią giliau, galima apibūdinti tik labai schematiškai pagal įvairių šaltinių duomenis [6].

Hidrogeologinis pjūvis C–D (3.14 pav.) išreikštas sluoksnių ir lęšių pavidalo sturyme, kurioje vyrauja moreninis priemolis, molis ir priesmėlis (gIII_{nm3}). Taip pat čia paplitę vandeningų smėlingų fliuvioglacialinių (fIII_{nm3}) nuogulų sluoksniai ir lęšiai. Ties Drūkšių ežeru aptinkama ir limninių (IIV) nuosėdų [6].

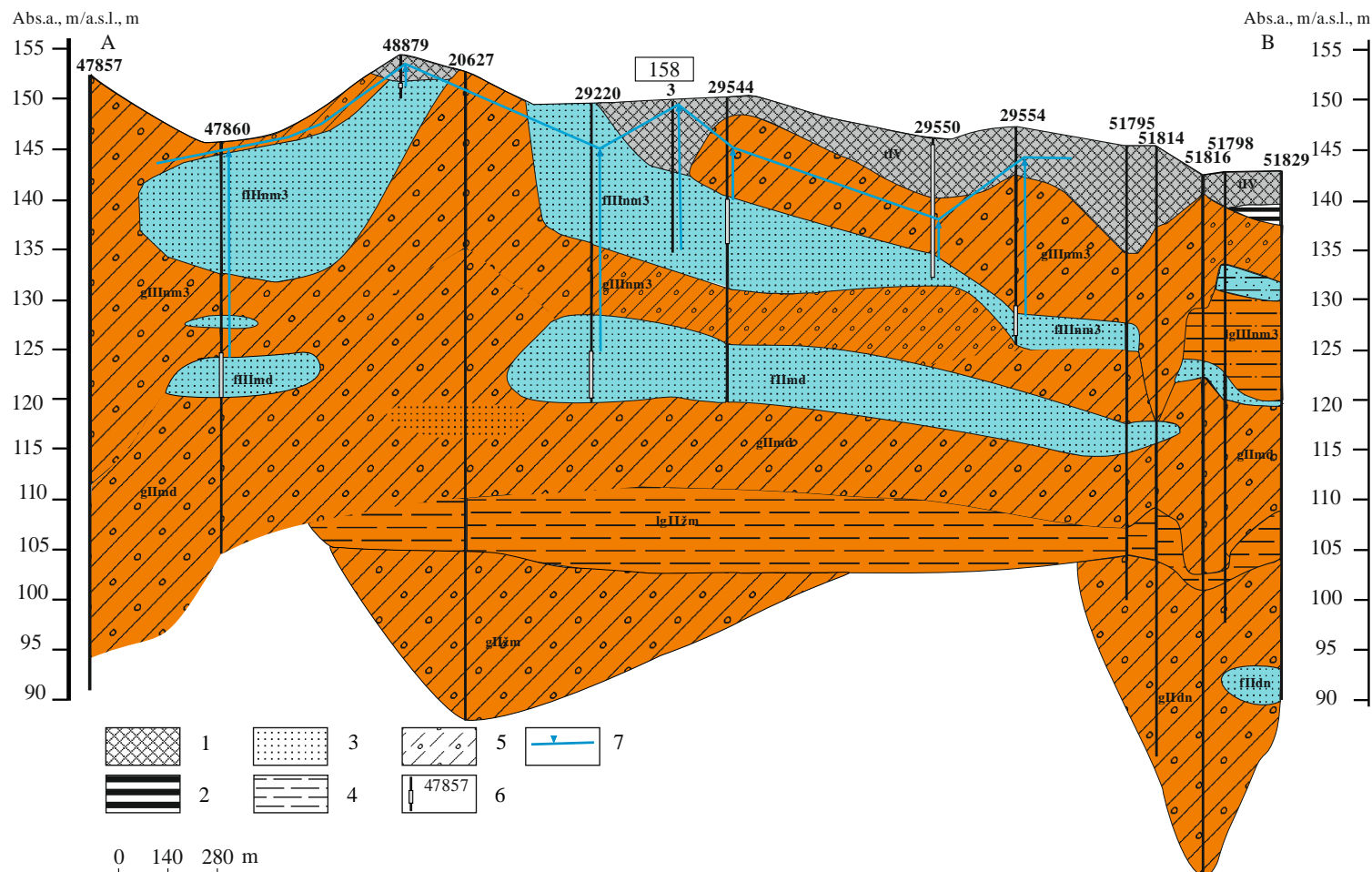
Moreninės nuogulos (gIII_{nm3}) paplitę visoje nagrinėjamoje teritorijoje. Šį sluoksnį sudaro priemolis ir priesmėlis, tačiau pasitaiko ir smėlio su žvirgždu bei gargždu tarp sluoksnių. Morenos storis kinta nuo 1,8 m iki 9,5 m, o ties grėžiniais Nr. 44000 ir Nr. 44039 moreninės nuogulos išsina į

paviršių, kitur jas dengia technogeninis gruntas (tIV), limninės (IIV) nuosėdos (smėlis, aleuritas) bei fliuvioglacialinės (fIII_{nm3}) nuogulos [6].

Po moreninių nuogulų storyme slūgso smėlingos, vandenį talpinančios fliuvioglacialinės (fIII_{nm3}) nuosėdos. Fliuvioglacialinės nuosėdos aptinkamos 2–5,6 m gylyje. Antras vandeningas sluoksnis fII_{md} aptinkamas ribotai, iš apačios šį, daugiausia iš smėlio sudarytą sluoksnį, 16–21,8 m gylyje riboja limnoglacialinių nuogulų lgII_{md} sluoksnis, kuris ties gręžiniais Nr. 44000 ir Nr. 43995 sudarytas iš smėlio, molio, priesmėlio bei priemolio persisluoksniavimų (lgII_{md}). Šį sluoksnį iš apačios riboja gII_{md} vandenspara, kuri gręžinyje Nr. 44000 aptinkama 28 m gylyje ir čia sudaro 18 m storio priesmėlio ir priemolio sluoksnį [6].

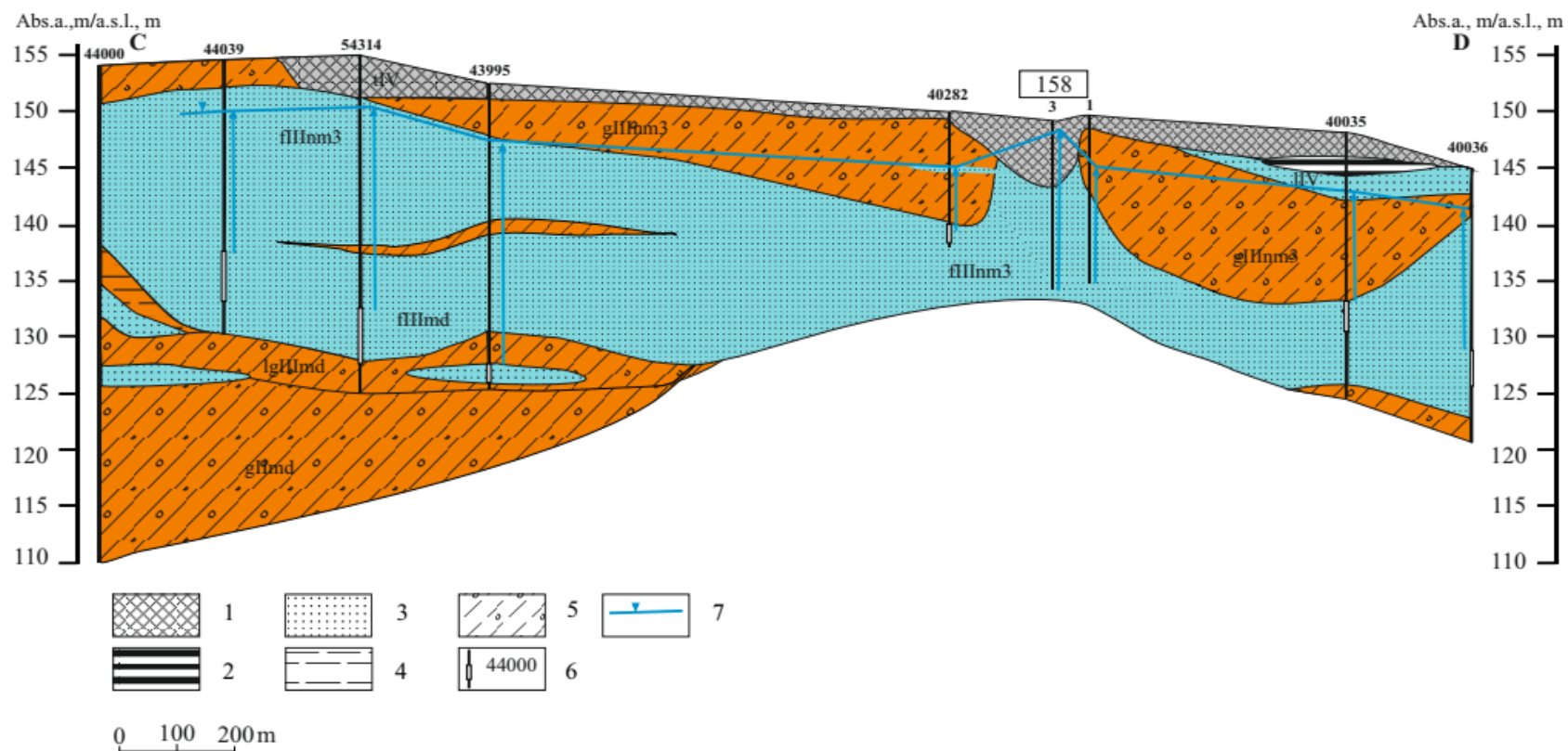
Tarpmoreninius vandeninguosius sluoksnius vieną nuo kito skiria vandeniui pusiau laidūs įvairaus (nuo 0,5–1,0 iki 50–70 m), dažniausiai nuo 10–15 iki 25–35 m storio moreninių smulkių nuogulų sluoksniai. Šios nuogulos yra plyšiuotos, jose yra smėlio bei žvyro lęšių, todėl per juos vyksta vertikali vandens apykaita tarp tarpmoreninių vandeningųjų sluoksnių. Tose vietose, kur moreninių nuogulų sluoksnių nėra (dažniausiai paleoįrėžiuose) gretimi tarpmoreniniai sluoksniai turi glaudų hidraulinių ryšių. Tokiais atvejais glaudus hidraulinis ryšys yra taip pat tarp gruntinio vandens bei žemiau slūgsančių tarpmoreninių vandeningų sluoksnių [6].

Ataskaitoje [6] konstatuota, kad šalia 158 statinio gruntinio vandens lygis 2012–2018 m. dažniausiai buvo 3–5 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Prie 158 statinio abiejų sluoksnių požeminio vandens lygis per penkmetį (2012–2016 m.) sumažėjo, 2017 m. vėl stebima vandens lygio kilimo tendencija, o 2018 m. – vandens lygio mažėjimas. Bendros vandens lygio kaitos tendencijos atitinka metinio kritulių kiekio variacijas.



3.13 pav. Hidrogeologinis pjūvis (mėlynai pažymėta vandeningi sluoksniai; rudai – vandensparos) pagal A–B liniją (žr. 3.12 pav.): 1 – technogeninis gruntas; 2 – pelkių nuogulos; 3 – įvairus smėlis; 4 – molis; 5 – priemolis ir priemolis; 6 – gręžinio numeris ir filtro intervalas; 7 – požeminio vandens lygis [6].

Pastaba: Šalia 158 statinio ties gręžiniu Nr. 3 iki 15 m gylio aptinkami du sluoksniai: piltinis gruntas (IV) (IGS1) ir smėlingos vandeningos nuogulos (fIIIIn3) (agIIIgr) (IGS3 – tankus smulkus smėlis su vidutinio rupumo ir dulkingo smėlio tarp sluoksniais)



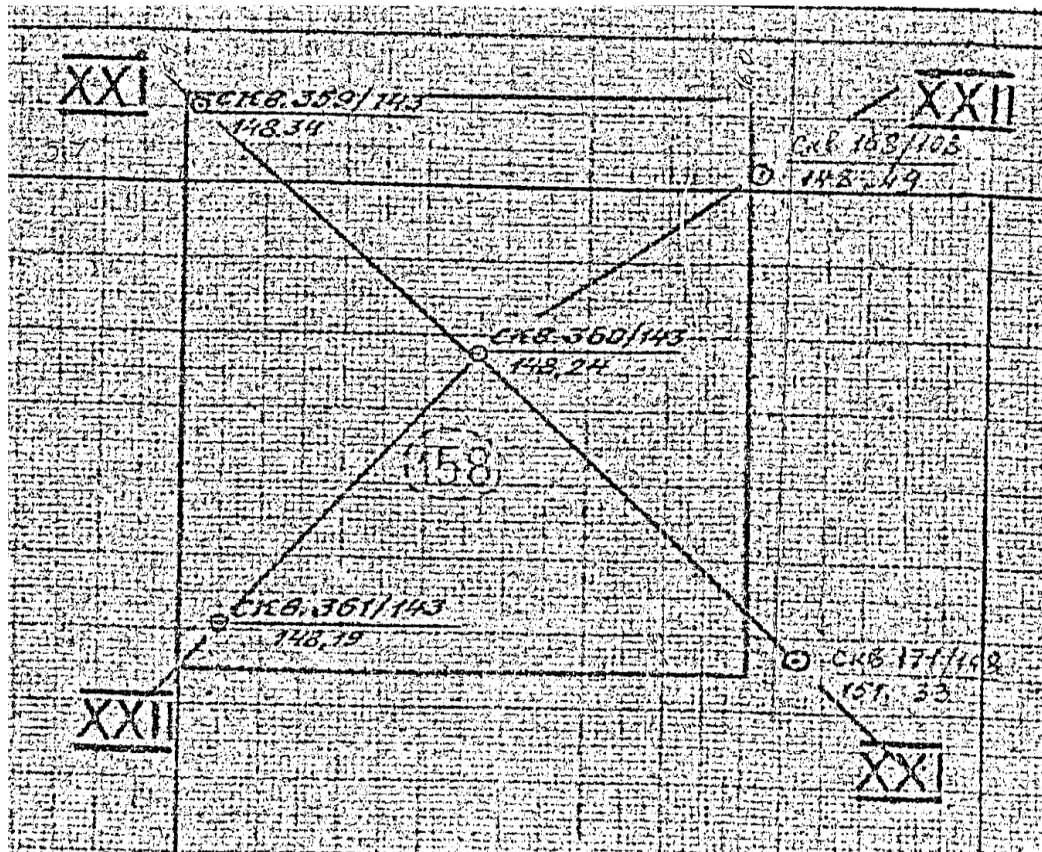
3.14 pav. Hidrogeologinis pjūvis (mėlynai pažymėta vandeningi sluoksniai; rudai - vandensparos) pagal C–D liniją (žr. 3.12 pav.): 1 – technogeninis gruntas; 2 – pelkių nuogulos; 3 – įvairūs smėlis; 4 – molis; 5 – priemolis ir priesmėlis; 6 – gręžinio numeris ir filtro intervalas; 7 – požeminio vandens lygis. [6]

Pastaba: Šalia 158 statinio ties gręžiniu Nr. 3 iki 15 m gylio aptinkami du sluoksniai: piltinis gruntas (IV) (IGS1) ir smėlingos vandeningos nuogulos (fIIIInm3) (agIIIgr) (IGS3 – tankus smulkus smėlis su vidutinio rupumo ir dulkingo smėlio tarp sluoksniais). Šalia 158 statinio ties gręžiniu Nr. 1 iki 15 m gylio aptinkami trys sluoksniai: piltinis gruntas (IV) (IGS1), IGS2 – mažo plastiškumo, vidutinio stiprumo moreninis smulkus gruntas, kur vyrauja smėlingas dulkingas molis, persiluoksnijuojantis su smėlingu moliu ir smėlingu molingu dulkiu, ir smėlingos vandeningos nuogulos (fIIIInm3) (agIIIgr) (IGS3 – tankus smulkus smėlis su vidutinio rupumo ir dulkingo smėlio tarp sluoksniais)

Žvalgybiniai inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai su tikslu nustatyti IAE aikštelės inžinerines geologines sąlygas buvo atlikti 1972-1973 metais techninio projekto rengimo metu. IAE aikštelėje atliktų inžinerinių-geologinių darbų 1974 metų techninėje ataskaitoje, Nr. ArchPD-1145-6 / 10003дсп (rusų kalba), yra pateiktas IAE aikštelės atliktų vandens ir grunto bandinių ėmimo darbų aprašymas, požeminio vandens cheminės sudėties ir grunto fizinių ir mechaninių savybių aprašymai ir laboratorinių tyrimų rezultatai.

1978 metais buvo atlikti detalūs inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai ir parengta Inžinerinių geologinių darbų, atliktų atskirų pastatų ir statinių pramoninės aikštelės sklype, ataskaita, Nr. ArchPD-1145-615 / 18939дсп (rusų kalba). Šių tyrimų eigoje buvo atliktas gręžinių gręžimas saugyklos statinio sklype grunto sudėties ir savybių nustatymui. Ataskaitoje taip pat pateiktas gruntų fizikinių ir mechaninių savybių ir jų parametrų aprašymas.

Papildomai prie 1978 metų tyrimų, 1982 metais buvo atlikti IAE statybos aikštelės inžineriniai geologiniai darbai, parengta „Atliktų IAE II pakopos statybos aikštelėje inžinerinių geologinių darbų ataskaita (pastatai Nr. 201, 211, 212, 217, 235, 240, 246, 252, 260, 272, 273, 288, 157, 158) projekto stadijoje“, Nr. ArchPD-1145-1096 / 26972дсп, (rusų kalba). 1982 m. tyrimų metu buvo papildomai atliktas gręžinių gręžimas pastato aplinkoje gruntų sudėties ir savybių tyrimui. Tyrimai patvirtino, kad planuojamo pastato teritorijoje esamo viršutinio grunto sluoksnio savybės nėra tinkamos pamatų pagrindo įrengimui, todėl buvo nuspręsta pakeisti esamus silpnus natūralius dirvožemius. Pagal ataskaitoje [8] pateiktus duomenis vienas gręžinys Nr. 360/143 buvo įrengtas per planuojamo statinio 158 vidurį ir keturi gręžiniai Nr. 168/108, 171/108, 359/143 ir 361/143 buvo įrengti planuojamo statinio 158 teritorijos kampuose. Gręžinių Nr. 360/143, 168/108, 171/108, 359/143 ir 361/143 išdėstymas pateiktas schemos fragmente, 3.15 pav., o gruntų savybės, nustatytos tyrimų metu, pateiktos 3.16 pav.



- Pastabos:
1. Pažymėjimus žr. brėžinyje 26973/ДСП.
 2. Gręžiniai su indeksu /108 paimti iš ataskaitos 18939/ДСП.
 3. Pastatų kontūrai paimti iš gen. plano 24205/ДСП.

3.15 pav. Gręžinių Nr. 359/143, 360/143, 361/143, 168/108 ir 171/108 išdėstymo schema

Gręžinys 359/143

1. Piltinis gruntas: priemolis, rudos spalvos, kietas, su žvyru ir akmenukais iki 10%	0,00 – 4,80
2. Durpės pusiau humosinės, juodos, vidutinio tankumo, prisotintos vandens	1,80 – 2,00
3. Priemolis, pilkas, takus	2,00 – 2,40
4. Priemolis, rudas, kietas, su žvyru ir skalda iki 10–15% su vandeniu prisotinto minkšto smėlio tarpšuoksniais Priemolis apačioje. Atsirađęs ir nusistovėjęs vandens lygis 1,80 m, 1982-08-31.	2,40 – 6,00

Gręžinys 360/143

1. Piltinis gruntas: priemolis, rudos spalvos, kietas, su žvyru ir akmenukais iki 10–15%	0,00 – 1,00
2. Priemolis, rudas, kietas, su žvyru ir skalda iki 10–15%, nuo 2,1 m gylio – su vandeniu prisotinto minkšto smėlio tarpšuoksniais Priemolis apačioje. Atsirađęs ir nusistovėjęs vandens lygis 2,1 m, 1982-08-31.	1,00 – 6,00

Gręžinys 361/143

1. Piltinis gruntas: priemolis, rudos spalvos, kietas, su žvyru ir akmenukais iki 10–15%	0,00 – 1,00
2. Priemolis, rudas, kietas, su žvyru ir skalda iki 10–15%, nuo 1,9 m gylio – su vandeniu prisotinto minkšto smėlio tarpšuoksniais Priemolis apačioje. Atsirađęs ir stovinčio vandens lygis 1,9 m, 1982-08-31.	1,00 – 6,00

Gręžinys 168/108

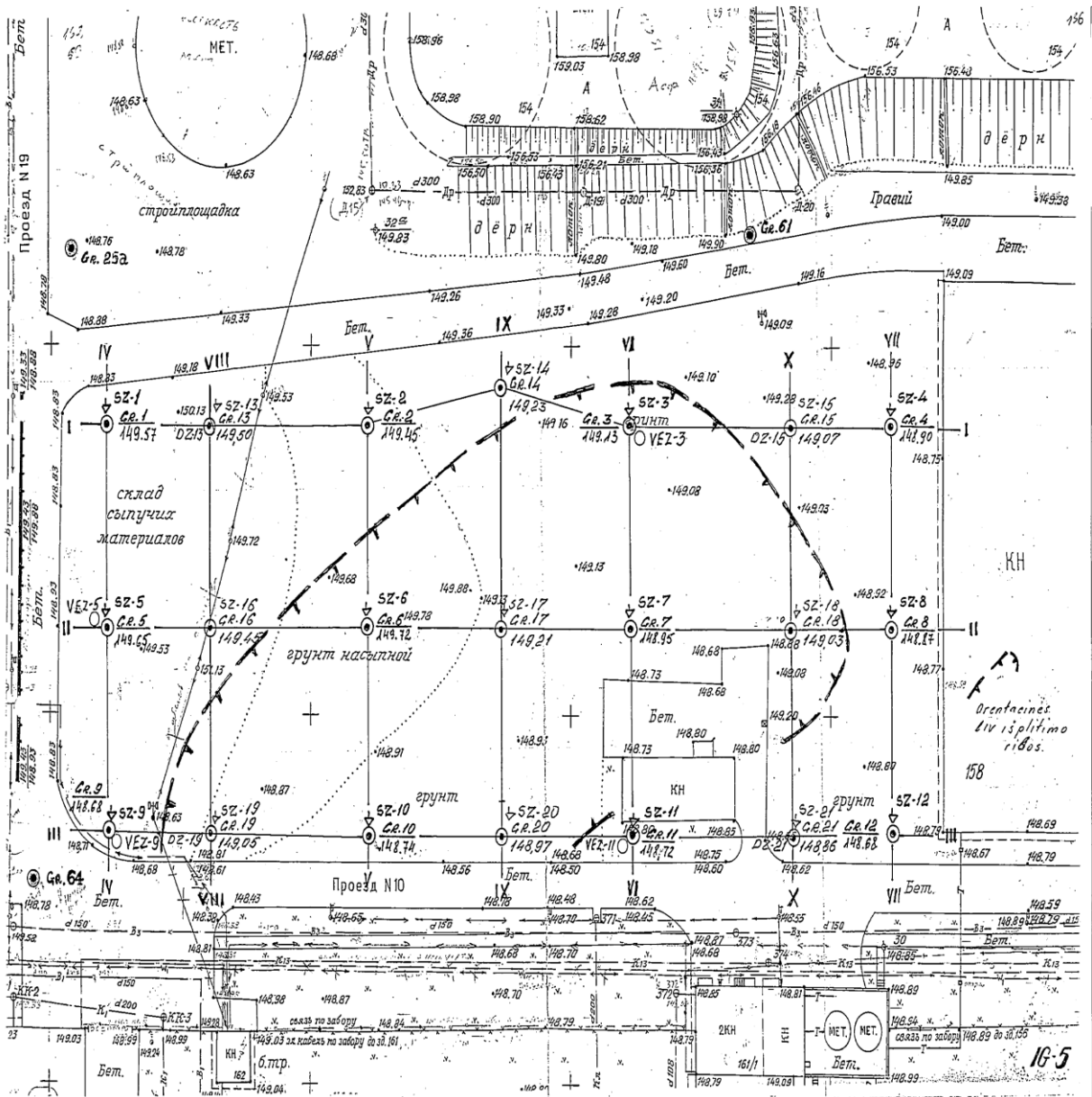
1. Augalinis sluoksnis, su augalų šaknimis ir smulkiais krūmeliais	0,00 – 0,60
2. Kietas plastiškas priemolis, pilkai rudas, su pilko sodraus smėlio tarpšuoksniais, su akmenukų ir žvyro intarpais iki 15%, nuo 1,8 m gylio – plastiškas smėlio priemolis	0,60 – 3,60
3. Kietas plastiškas priemolis, rudas, su pilkos spalvos vandeniu prisotinto smėlio tarpšuoksniais, su akmenukų ir žvyro intarpais iki 10–15%	3,60 – 4,70
4. Kietas plastiškas priemolis, tamsiai rudas, su akmenukų intarpais ir žvyru iki 15%, su retais vandens prisotinto smulkaus smėlio tarpšuoksniais Priemolis apačioje. Atsirađusio ir nusistovėjęs vandens lygis 0,60 m, 1978-03-22.	4,70 – 8,00

Gręžinys 171/108

1. Augalinis sluoksnis, sušalęs	0,00 – 0,20
2. Rudas priemolis, sušalęs, su žvyro ir akmenukų intarpais iki 15%, nuo 1,10 m gylio – pusiau kietas priemolis	0,20 – 5,80
3. Smulkus, rudas, vidutinio tankumo smėlis, prisotintas vandens	5,80 – 6,70
4. Smėlis vidutinio dydžio, rudas, su žvyro intarpais ir akmenukais iki 5–7%, prisotintas vandeniu, sudaro kamštį iki 1 m Smėlis apačioje. Vandens atsiradimas – 5,80 m, pastovus vandens lygis – 4,05 m, 1978-01-28.	5,80 – 7,50

3.16 pav. Gręžinių Nr. 359/143, 360/143, 361/143, 168/108 ir 171/108 duomenys

2001–2002 metais AB „Artva“ sklype iš vakarų pusės nuo 158 statinio aikštelės (LGT fondo Nr. 6277, Nr. 6278 – gręžiniai Nr. 4, 8 ir 12) atliko aikštelės skirtos laikinos cementuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos detalius inžinerinius geologinius tyrinėjimus. Iš viso buvo įrengta 12 gręžinių, 3 iš jų – Nr. 4, 8, 12 įrengti šalia Saugyklos (žr. 3.17 pav.). 2001–2002 metais AB „Artva“ atliktų tyrimų gretimame sklype duomenys (žr. 3.18 pav.) patvirtina aukščiau aprašytas nagrinėjamos aikštelės geologines sąlygas ir aptiktų gruntų savybes.



3.17 pav. Laikinosios cementuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos aikštelės detalių inžinerinių geologinių tyrinėjimų gręžinių išdėstymo schema

GRĘŽINIO STULPELIS / BORING LOG

Nr./No. 4

Kompl. Nr./Compl. No. 2601009

Altitudė/ Abs. level 148,90 m

Data/ Date : 2001.05.

Geolog. indeksas Geol. index	Inž. geolog. elem. Nr. No. of eng. geol. element	Gruntų aprašymas Soil description	Sluoksnių pado Bottom of layer		Sluoksnių storis, m Thick-ness of layer m	Stulpe- lis ir pvz. vietos Soil log and samples	Vandens lygis, m Water table, m		
			gylis depth m	abs. a. abs. level, m			Pasi- rodė Occur- red	Nusi- stovėjo Perma- nent	Aukš- čiausias Highest
tIV	3	Piltas gruntas. Fill.	0,3	148,60	0,3	/// ≡	0,0	0,0	0,0
gtIIIbl	7	Moreninis dulkingas smėlingas molis, rudas, su žvyru ir smėlio lėšiais, kietai plastiškas, nuo 4,0 m puskielis. Till: silty sandy clay, with gravel, firm, from 4,0 m stiff.	4,0	144,90	3,7			148,90	
	8		7,0	141,90	3,0				

GRĘŽINIO STULPELIS / BORING LOG

Nr./No. 12

Kompl. Nr./Compl. No. 2601009

Altitudė/ Abs. level 148,68m

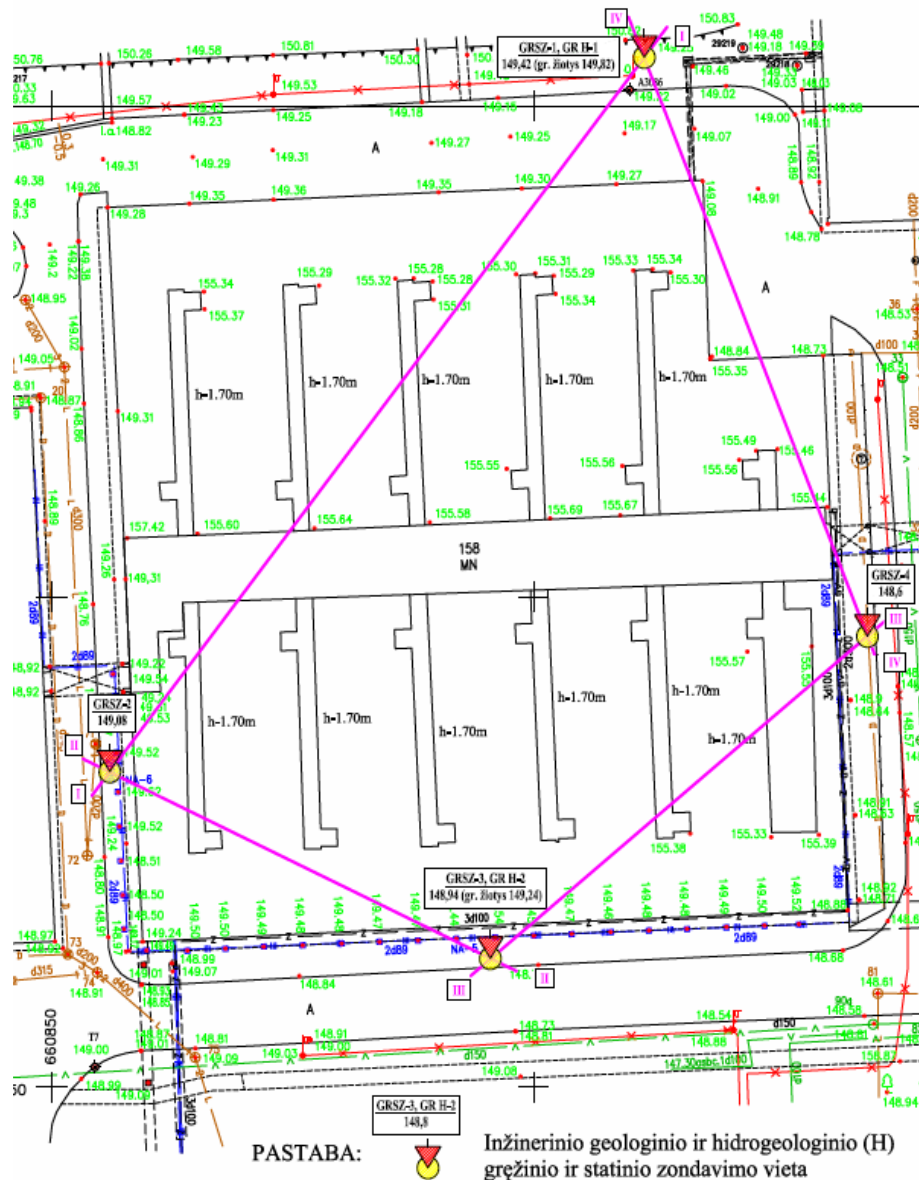
Data/ Date : 2001.05.

Geolog. indeksas Geol. index	Inž. geolog. elem. Nr. No. of eng. geol. element	Gruntų aprašymas Soil description	Sluoksnių pado Bottom of layer		Sluoksnių storis, m Thick-ness of layer m	Stulpe- lis ir pvz. vietos Soil log and samples	Vandens lygis, m Water table, m		
			gylis depth m	abs. a. abs. level, m			Pasi- rodė Occur- red	Nusi- stovėjo Perma- nent	Aukš- čiausias Highest
tIV	1	Piltas priemolis. / Fill.	0,2	148,48	0,2		0,0	0,0	0,0
gtIIIbl	7	Moren. dulk. smėlingas molis kietai plastiškas. Till: silty gravelly clay firm	1,3	147,38	1,1			148,68	
	agIIIbl	Dulkingas smėlis, geltonas, vidutinio tankumo, mažai drėgnas, nuo 3,0 m vandeningas. Silty sand medium density					3,0	3,0	
7,0			141,68	5,7		145,68	145,68		

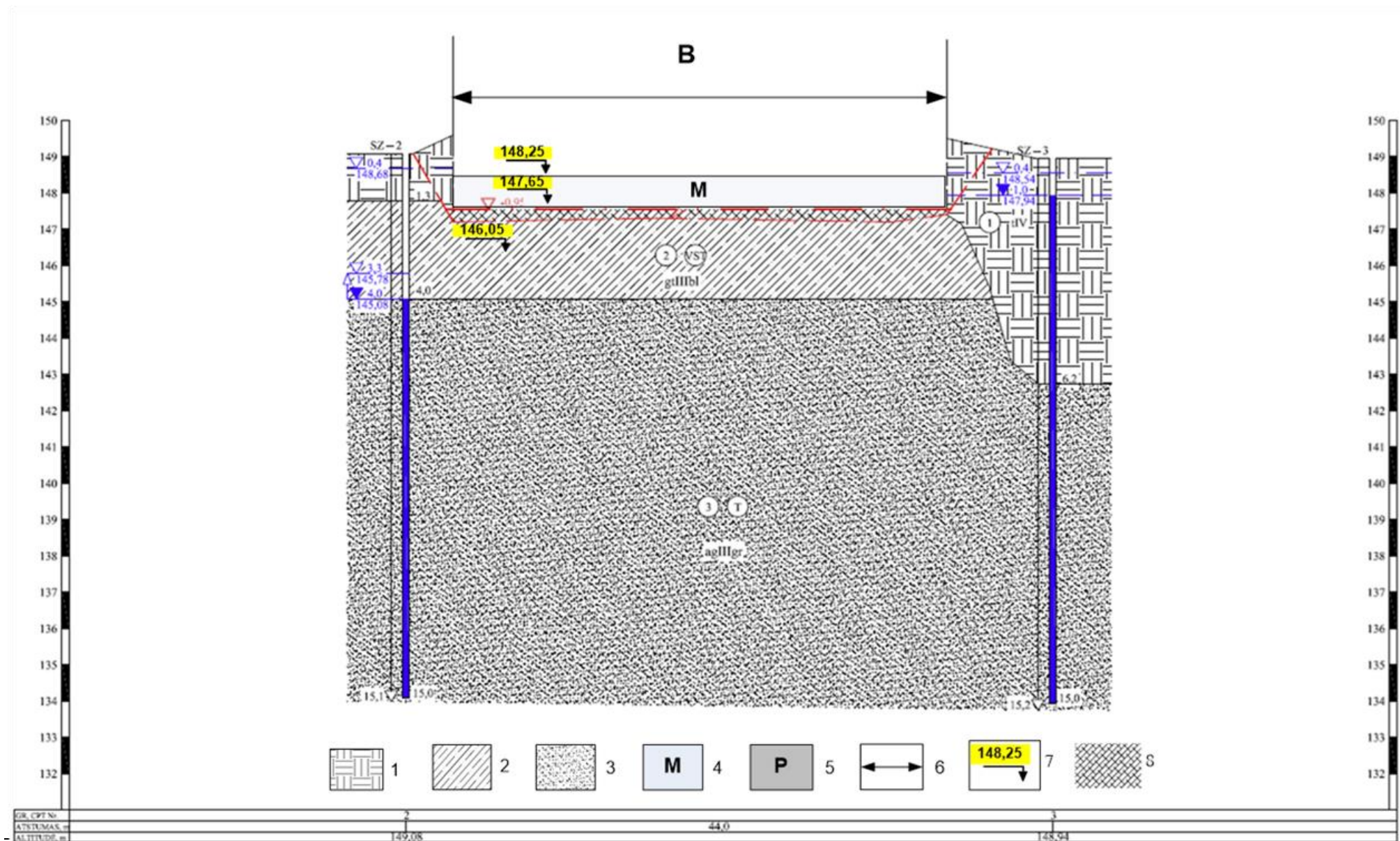
3.18 pav. Laikinos cementuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos aikštelės skirtos detalių inžinerinių geologinių tyrinėjimų Nr.4 ir Nr. 12 gręžinių duomenys

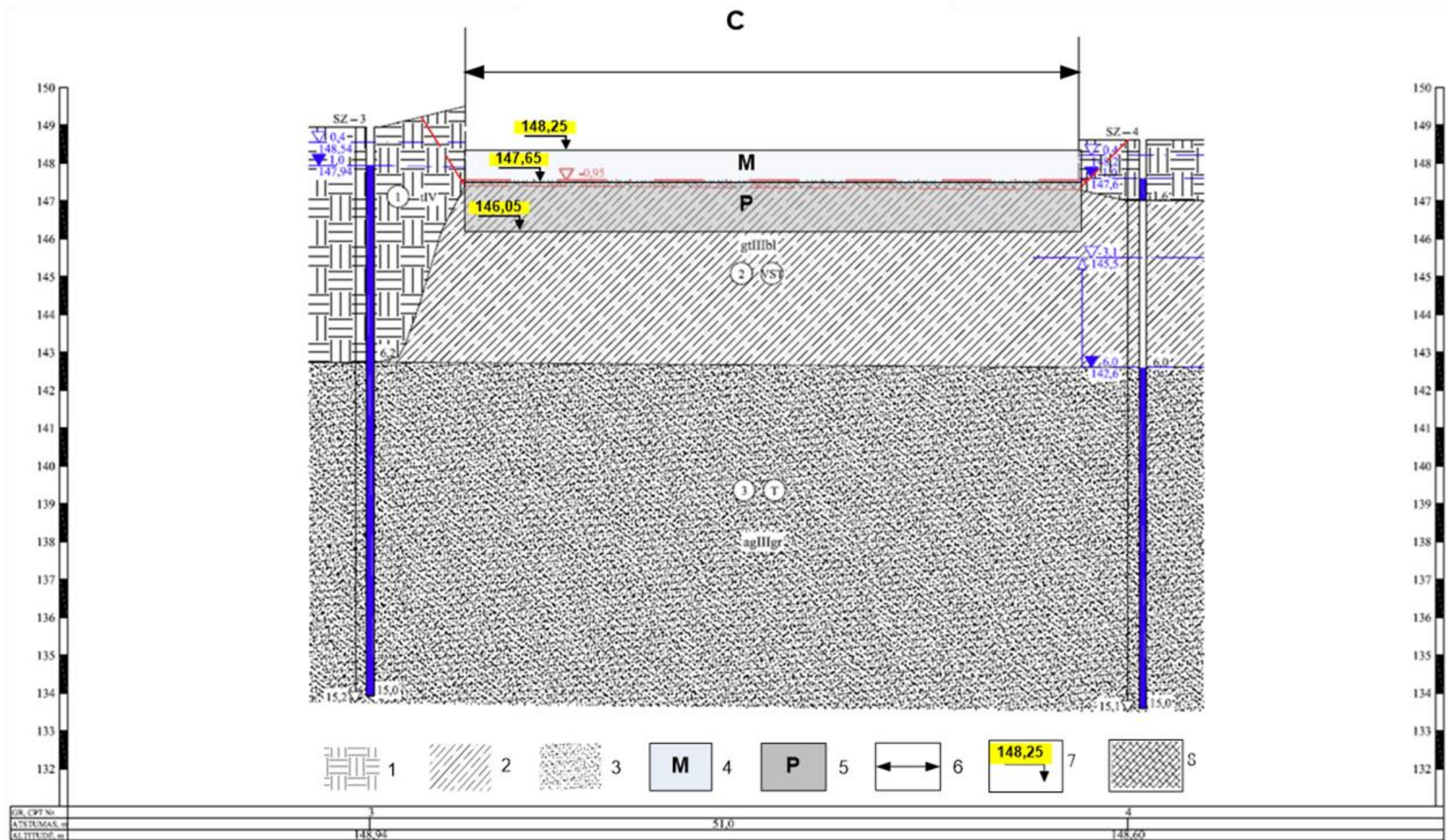
Gruntų litologiniai sudėčiai nustatyti, hidrogeologinių sąlygų įvertinimui, grunto ir požeminio vandens bandinių paėmimui šalia planuojamo rekonstruoti 158 statinio buvo išgręžti keturi inžineriniai geologiniai gręžiniai iki 15,0 m gylio ir įrengti du hidrogeologiniai gręžiniai iki 12,0 m

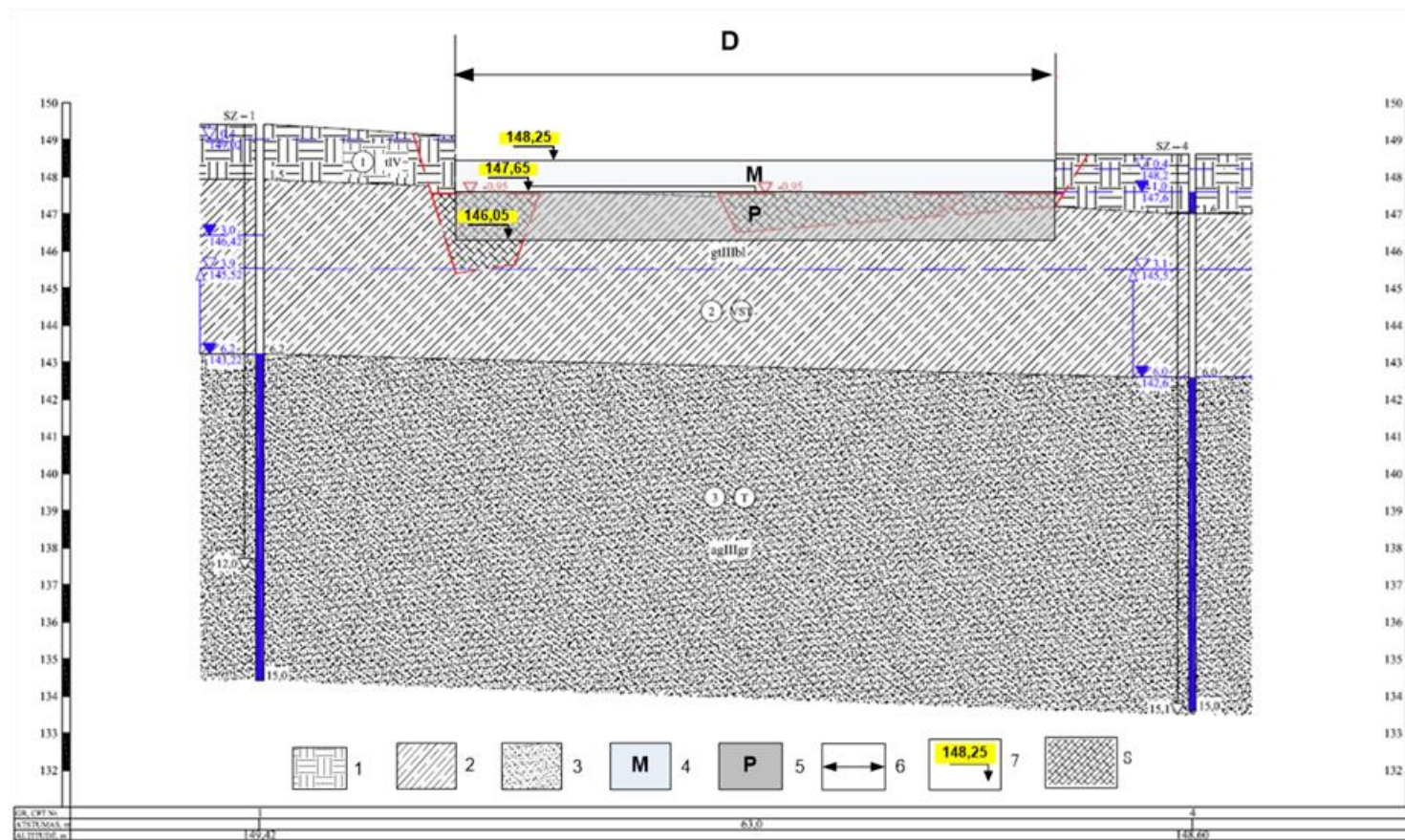
gylio grunto filtracinių savybių „in-situ“ įvertinimui išpumpavimo metodu. Dėl gruntų gręžimo tiesiogiai po statinių techninių galimybių trūkumo projekto „IAE bitumuočių radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pervarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugos“ atlikimo metu buvo nuspręsta išdėstyti inžinerinius-geologinius gręžinius artimiausiai maksimaliai leistinu atstumu nuo 158 statinio tam, kad būtų gauti grunto mėginiai maksimaliai panašūs į gruntuos esančius po 158 statiniu (3.19 pav.). Gręžimo metu gauti duomenys pateikti inžineriniuose-geologiniuose pjūviuose (3.20 pav.).



3.19 pav. Inžinerinių-geologinių pjūvių linijos [6]







3.20 pav. Inžineriniai-geologiniai pjūviai I-I (A), II-II (B), III-III (C) ir IV-IV (D), sudaryti iš duomenų, gautų IGG tyrimų metu [6] bei 158 st. dugno ir pagrindo („pagalvės“) padėtis:

1 – tIV, technogeninis (piltinis) gruntas (IGS1); 2 – gtIIIbl, moreninių darinių smulkios nuogulos (IGS2); 3 – agIIIgr, įvairaus rūpumo smėlis, vandeningas (IGS3); 4 – 158 st. dugnas (monolitinė plokštė); 5 – 158 st. pagrindas („pagalvė“), priimta saugos vertinimui, 1,6 m storio; 6 – 158 st. kontūras; 7 – abs. aukštis (altitudė), m; 8 – 158 st. pagrindas („pagalvė“) pagal projekto duomenis

Atlikus aikštelės projektinius inžinerinius geologinius ir geotechninius (IGG) tyrimus buvo išskirti šie kvartero laikotarpio inžineriniai geologiniai sluoksniai (IGS): technogeninis (piltinis) gruntas (tIV), viršutinio pleistoceno, Nemuno ledynmečio, Baltijos stadijos kraštinių moreninių darinių smulkios nuogulos (gtIIIb1) ir tarpmoreninių akvaglacialinių darinių rupių nuogulų sluoksnis (agIIIgr) [6].

Pirmasis inžinerinis geologinis sluoksnis (IGS1) – technogeninis (piltinis) gruntas (tIV) aptiktas visuose tyrimo gręžiniuose iki 1,3 – 6,2 m gylio. Šis sluoksnis sudarytas iš molingo, dulkingo smulkaus smėlio sumaišyto su dirvožemiu, smulkiu gruntu ir statybinėmis atliekomis. Didžiausias piltinio grunto sluoksnio storis (6,2 m) aptiktas pietinėje statinio dalyje (gręž. Nr. 3). Pagal archyvinius duomenis šalia statinio vakarinės dalies piltinio grunto sluoksnis slūgso iki 0,3–1,3 m gylio [6].

Antrasis inžinerinis geologinis sluoksnis (IGS2) – viršutinio pleistoceno, Nemuno ledynmečio, Baltijos stadijos kraštinių moreninių darinių smulkios nuogulos (gtIIIb1) (IGS2) aptiktos gręžiniuose Nr. 1, 2 ir 4 po piltiniu gruntu iki 4,0 – 6,2 m gylio. Šiame sluoksnyje aptinkamas mažo plastiškumo, vidutinio stiprumo moreninis smulkus gruntas, kur vyrauja smėlingas dulkingas molis, persiluoksniuojantis su smėlingu moliu ir smėlingu molingu dulkiu. Sluoksnyje yra vandeningo smėlio lęšių ir mikroleşių [6].

Trečiasis inžinerinis geologinis sluoksnis (IGS3) – tarpmoreninių akvaglacialinių darinių rupių nuogulų sluoksnis (agIIIgr) (IGS3) slūgso po morena ir piltiniu gruntu (gręž. Nr. 3) iki tyrimais pasiekto gylio (15,0 m). Sluoksnio padas tyrimais nepasiektas. Pagal archyvinius tyrimo duomenis šių nuogulų padas slūgso žemiau 25,0 m gylio [6]. Šiame sluoksnyje aptinkamas tankus smulkus smėlis su vidutinio rupumo ir dulkingo smėlio tarp sluoksniais. Sluoksnis yra vandeningas. Vandeningas sluoksnis yra paplitęs ne visame IAE regione, ištisinis paplitimas būdingas vakarinėje, pietvakarinėje ir centrinėje dalyje [6].

Vykdamt paruošiamuosius 158 statinio statybos darbus buvo nustatyta, kad gruntą sudaro vandens-ledynų kilmės rusvasis plastiškas priesmėlis [6]. Buvo nustatyta, kad gruntas nevienalytis, silpnas (durpės), aptinkami lėšiai bei smėlio-žvyro sluoksnių persimaišymai, o taip pat pelkės. Tokios grunto savybės pasirodė netinkamos statinio pagrindo įrengimui, todėl buvo nuspręsta paviršinių grunto sluoksnį pašalinti ir įrengti papildomą inžinerinį pagrindą („pagalvę“), vidutiniškai apie 1,6 m storio. Neradus tinkamų savybių smėlio ar smėlio-žvyro mišinio, pagrindas buvo suformuotas iš besmėlio betono (M50 markės), ir ant pagrindo įrengti betoniniai, daugiau nei pusė metro storio, 158 statinio dugno sluoksniai. 158 statinio dugno ir po juo suformuoto papildomo pagrindo („pagalvės“) įrengimo vietos schema yra parodyta 3.20 pav.

Tyrimų aikštelėje požeminis vanduo buvo aptiktas 1,0–3,0 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Požeminį vandenį sudaro gruntinio vandens sluoksnis ir tarp sluoksninis spūdinis vanduo. Gruntinis vanduo slūgso virš morenos piltiniame grunte ir morenoje esančiuose smėlio lėšiuose ir tarp sluoksniuose [6].

Tarp sluoksninis spūdinis vanduo aptiktas akvaglacialinėje smėlio storumėje po morena nuo 4,0–6,2 m gylio (ties 142,6–145,08 m altitute). Sluoksnio pjezometrinis lygis nusistovi 3,1–3,9 m gylyje nuo žemės paviršiaus (ties 145,5–145,78 m altitute). Sluoksnio spūdis siekia iki 2,9 m. Gręžinyje Nr. 3 tarp sluoksninis spūdinis ir gruntinis vanduo per piltinio grunto sluoksnį susijungia ir sudaro vieningą horizontą [6].

Tyrimų aikštelėje buvo įrengti du hidrogeologiniai gręžiniai (H-1 ir H-2) grunto filtracinių savybių tyrimui. Gręžiniuose buvo vykdomas išpumpavimas. Iš gautų duomenų buvo apskaičiuoti geologinės storumės hidrogeologiniai parametrai. Sluoksnių vidutinis filtracijos koeficientas (k_f) kinta priklausomai nuo smėlio fizikinių parametrų: H-1 gręžinyje vidutinis $k_f = 0,208$ m/d; H-2 gręžinyje vidutinis $k_f = 22,0$ m/d [6].

Pagal hidraulinių bandymų rezultatus vandeningo sluoksnio (IGS3) vidutinis filtracijos koeficientas yra 11,7 m/para. Taip pat dar buvo atlikti filtracijos koeficiento nustatymai laboratorijoje. Laboratorinių tyrimų metu priklausomai nuo granulometrinės sudėties buvo gauta, kad k_f kinta nuo 1,6 m/d iki 12,2 m/d [6].

Apibendrinus visų nustatymų duomenis filtracijos koeficiento vidutinė vertė yra 6,9 m/d su 5,1 m/d standartiniu nuokrypiu.

Vadovaujantis aukščiau paminėtais atliktais tyrimais galima teigti, kad nagrinėjamame regione gruntai neturi migracijos tendencijos ir nuo 1981 m. iki šios dienos grunto savybės nepasikeitė. Išsamesnė informacija yra pateikta ataskaitoje [33].

IGG tyrimų ataskaitoje [6] pateiktų duomenų apie išskirtų geologinių sluoksnių savybes, apimančių naujausių atliktų tyrimų rezultatus bei anksčiau atliktų tyrimų apibendrinimus, suvestinė yra pateikta 3.2 lent.

3.2 lent. Išskirtų geologinių sluoksnių 158 statinio aikštelėje savybės

Sluoksnis	Vyraujanti sluoksnio medžiaga	Šaltinis	Gylis, m	Storis, m	Tankis, kg/m ³	Poringumas, vnt. d.	Filtracijos koeficientas
Technogeninis (piltinis) gruntas (IGS1)	molingas, dulkingas smulkaus smėlio sumaišyto su dirvožemiu, smulkiu gruntu ir statybinėmis atliekomis	a	iki 6,2	1,3 – 6,2	-	-	-
		b	nuo 0 iki 10	1,8 – 10	kietųjų dalelių (ρ_s): 2 100 sausosios grunto (ρ_d): 1 680 ¹⁾	efektyvusis (n_e): 0,2	vidurkis: 4 m/d = 4,63E-05 m/s st. nuokrypis: 6,5 m/d = 7,52E-05 m/s minimumas: 0,003 m/d = 3,47E-08 m/s maksimumas: 18,3 m/d = 2,12E-04 m/s
		c	-	3	-	-	nuo 0,086 iki 0,69 m/d = nuo 9,95E-07 iki 7,99E-06 m/s
		d	nuo 0 iki 6,2	1,3 – 6,2	sausosios grunto (ρ_d): 1 680	efektyvusis (n_e): 0,2	vidurkis: 4,63E-05 m/s st. nuokrypis: 7,52E-05 m/s maksimumas: 2,12E-04 m/s
Moreninių darinių nuogulos (IGS2)	smėlingas dulkingas molis, persisluoksniuojantis su smėlingu moliu ir smėlingu moliu dulkiu	a	iki 4,0 – 6,2	2,7 – 4,7	gamtinis (ρ): 2 230 sausosios grunto (ρ_d): 1 968 ²⁾	poringumo koefic. (e): 0,32 – 0,41 efektyvusis (n_e): 0,048 – 0,058 ⁴⁾ vidutinis bendrasis (n_r): 0,27 vidututinis efektyvusis (n_e): 0,054 ⁵⁾	1,5E-03 m/d = 1,74E-08 m/s
		b	iki 2 – 5,6	2,6 – 20,4	-	-	nuo 8,0E-04 iki 1,5E-03 m/d = nuo 9,26E-09 iki 1,74E-08 m/s
		c	-	0,5 – 12 (vyraujantis)	-	-	nuo 8,6E-03 iki 8,6E-02 m/d = nuo 9,95E-08 iki 9,95E-07 m/s

Sluoksnis	Vyraujanti sluoksnio medžiaga	Šaltinis	Gylis, m	Storis, m	Tankis, kg/m ³	Poringumas, vnt. d.	Filtracijos koeficientas
		<i>d</i>	iki 4,0 – 6,2	2,7 – 4,7	sausojo grunto (ρ_d): 1 968	vidutininis efektyvumas (n_e): 0,054	1,74E-08 m/s
Vandeningas sluoksnis (IGS3)	Įvairaus rūpumo smėlis	<i>a</i>	nuo 4 – 6	2 – 25, vietomis iki 40	gamtinis (ρ): 1 950 sausojo grunto (ρ_d): 1 653 ³⁾	poringumo koefic. (e): 0,51 – 0,64 vidut. poringumo koefic. (e): 0,62 vidut. efektyvumas (n_e): 0,38	gręžinys H1: 0,208 m/d = 2,41E-06 m/s gręžinys H2: 22,0 m/d = 2,55E-04 m/s laboratoriniai tyrimai: nuo 1,6 iki 12,2 m/d = nuo 1,85E-05 iki 1,41E-04 m/s
		<i>b</i>	nuo 2 – 18	-	kietųjų dalelių (ρ_s): 2 100 sausojo grunto (ρ_d): 1 680 ¹⁾	efektyvumas (n_e): 0,1 – 0,2	vidurkis: 6,9 m/d = 7,99E-05 m/s st. nuokrypis: 5,1 m/d = 5,90E-05 m/s
		<i>c</i>	-	0,5 – 16 (vyraujantis)	-	-	nuo 2,59 iki 6,05 m/d = nuo 3,0E-05 iki 7,0E-05 m/s
		<i>d</i>	nuo 2 – 18	0,5 – 16 (vyraujantis)	sausojo grunto (ρ_d): 1 680	efektyvumas (n_e): 0,1 – 0,2	vidurkis: 7,99E-05 m/s st. nuokrypis: 5,90E-05 m/s

a – duomenys iš IGG ataskaitos [6, I tomas], atspindintys situaciją artimiausioje 158 st. aplinkoje.

b – duomenys iš IGG ataskaitos [6, II tomas] pateiktų ankstesnių tyrimų apibendrinimų, atspindintys situaciją IAE pramoninėje aikštelėje bei IAE regione.

c – duomenys iš IGG ataskaitos [6, II tomas], priimti sukalibruotam hidrogeologiniam modeliui.

d – vertės, pasirinktos tolimesniam nagrinėjimui, sudarant konceptualų geologijos modelį.

¹⁾ – suskaičiuota iš formulės $\rho_d = \rho_s(1 - n_t)$, čia ρ_d – sausosios grunto tankis, kg/m³; ρ_s – kietųjų dalelių tankis, kg/m³; n_t – bendrasis poringumas (smėlio atveju priimtas lygus efektyviajam), vnt. d.

²⁾ – suskaičiuota iš formulės $\rho_d = \rho/(1 + W)$, čia ρ_d – sausosios grunto tankis, kg/m³; ρ – gamtinis grunto tankis, kg/m³; W – gamtinis grunto drėgnis = 0,133 vnt. d. [6, I tomas]

³⁾ – suskaičiuota iš formulės $\rho_d = \rho/(1 + W)$, čia ρ_d – sausosios grunto tankis, kg/m³; ρ – gamtinis grunto tankis, kg/m³; W – gamtinis grunto drėgnis = 0,18 vnt. d. [6, I tomas]

⁴⁾ – suskaičiuota iš formulės $n_e = n_t/k$, čia $n_t = e/(1+e)$; n_e – efektyvusis poringumas, vnt. d.; n_t – bendrasis poringumas, vnt. d.; k – poringumo koeficientas, smėlingo molio atveju, lygus 5 (minimali vertė iš nustatyto intervalo 5 – 7) pagal [22, I tomas]; e – poringumo koeficientas, vnt. d.

⁵⁾ – suskaičiuota iš formulės $n_e = n_t/k$, čia n_e – efektyvusis poringumas, vnt. d.; n_t – bendrasis poringumas, vnt. d.; k – poringumo koeficientas, smėlingo molio atveju, lygus 5 (minimali vertė iš nustatyto intervalo 5 – 7) pagal [22, I tomas].

3.2 lent. eilutėse, trečiame stulpelyje pažymėtose *d* raide (jos pažymėtos tamsiu fonu) yra pateiktos parametrų vertės, pasirinktos tolimesniam nagrinėjimui, sudarant konceptualų geologijos modelį. Pagal nagrinėjamą vandens kelio scenarijų (žr. 10.2.3.1 poskyrį) potencialūs radionuklidų išmetimai iš atliekyno pirmiausiai patektų į artimiausią 158 statinio aplinką: technogeninį gruntą (IGS1) prie pat kanjonų išorinių sienų aplink 158 statinio perimetrą bei po jo pagrindu („pagalvė“) esantį moreninių darinių nuogulų sluoksnį (IGS2). Todėl pirmiausiai buvo pasirinktos šių sluoksnių parametrų vertės, nustatytos prie 158 statinio naujausių IGG tyrimų metu [6, I tomas], o jeigu jų ten nėra pateikta – iš ankstesnių tyrimų apibendrinimų.

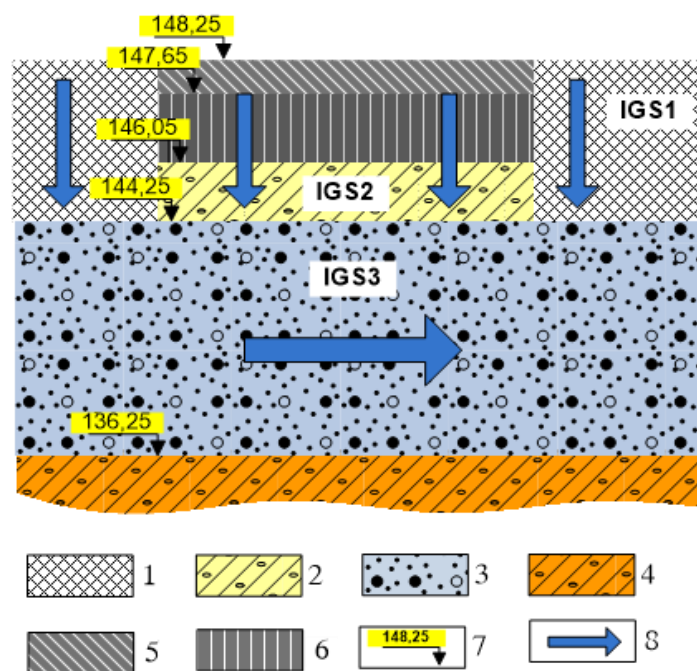
Toliau, migravę per IGS1 ir IGS2 sluoksnius, galimas radionuklidų srautas patektų į vandeningą sluoksnį (IGS3), kuriuo radionuklidai sklisdami pasiektų Drūkšių ežerą, esantį už 600 m nuo planuojamo atliekyno. Todėl buvo pasirinktos vandeningo sluoksnio parametrų vertės, apibendrintos IAE regionui [6, II tomas].

Kadangi informacija apie geologiją ir hidrologiją 158 statinio aplinkoje yra ribota, ypač kas susiję su duomenimis apie sluoksnius po pačiu statiniu, tai sudarant geologijos modelį radionuklidų sklaidos analizei buvo daromos konservatyvios prielaidos, ir modeliavimui naudotas vienmatis modelis. 3.21 pav. parodyta, kad absoliutaus aukščio atskaitos tašku modelyje priimta 158 statinio dugno viršaus altitudė – 148,5 m abs. a. Kadangi pagal naujausių IGG tyrimų duomenis [6, I tomas] technogeninis gruntas prie 158 statinio kai kur aptinkamas iki moreninių darinių nuogulų sluoksnio (IGS2), o kai kur iki vandeningo sluoksnio (IGS3), priimta, kad šalia 158 statinio, aplink visą jo perimetrą, technogeninis gruntas yra 4 m storio (iš intervalo 1,3 – 6,2 m) ir slūgso iki pat vandeningo sluoksnio (IGS3), t. y. sluoksnis IGS2 šalia 158 statinio į modelį neįtrauktas, ir tai yra konservatyvi prielaida atžvilgiu vandens srauto greičio, kuriuo galėtų sklirti radionuklidai iš planuojamo atliekyno per kanjonų išorines sienas žemyn link vandeningo sluoksnio. Atlikti IGG tyrimai rodo, kad įsifiltravusio vandens srautas skirstosi į gruntinį ir požeminį, tačiau dėl nustatyto gero hidraulinio ryšio tarp ištirtų laidžių sluoksnių, konservatyviai (radionuklidų sklaidos analizės atžvilgiu) priimama, kad visas srautas patenka tik į vandeningą sluoksnį (IGS3), į kurį vietinis gyventojas galėtų įsirengti geriamo vandens gręžinį. Atsižvelgiant į tai, kad per IGG tyrimus [6, I tomas] nustatyta, jog sniego tirpsmo metu ir po ilgalaikių liūčių piltiniame grunte laikinai kaupsis podirvio vanduo, kurio maksimalus lygis laikinai bus arti žemės paviršiaus, tai radionuklidų sklaidos vandens keliu analizėje yra išnagrinėtas ir hipotetinis atvejis, kai radionuklidų sklaida iš atliekyno iki ežero vyksta tik piltinio grunto sluoksniu (IGS1) (žr. 10.3.1 poskyrį).

Konceptualiaame geologijos modelyje priimta, kad moreninių darinių nuogulų sluoksnis (IGS2) po 158 statiniu slūgso nuo „pagalvės“ apačios (2,4 m gylyje) iki vandeningo sluoksnio (4 m

gylyje) ir yra 1,6 m storio. Kadangi šis sluoksnis po 158 statiniu nėra ištirtas, o jame, tikėtina, yra priemolio linzių, tai jo sausojo grunto, efektyviojo poringumo ir filtracijos koeficiento vertės yra priimtos tokios pat, kaip ir vandeningo sluoksnio (IGS3). Tai yra konservatyvi prielaida atžvilgiu vandens srauto greičio, kuriuo gali sklisti radionuklidai iš planuojamo atliekyno per atliekyno dugną bei pagrindą žemyn link vandeningo sluoksnio. Kadangi naujausių IGG tyrimų metu aikštelėje požeminis vanduo buvo aptiktas 1,0–3,0 m gylyje nuo žemės paviršiaus ir nustatyta, kad gruntinis vanduo slūgso virš morenos piltiniame grunte ir morenoje esančiuose smėlio lėšiuose ir tarp sluoksniuose, konceptualiaame geologijos modelyje nėra nurodomas požeminio vandens lygis, o radionuklidų sklaidos analizėje priimta konservatyvi prielaida, kad atliekų šalinimo sistema, apimanti patį atliekyną bei technogeninio grunto ir natūralių barjerų sluoksnius, yra visiškai prisotinta vandeniu iš karto po atliekyno uždarymo.

Konceptualiaame geologijos modelyje priimta, kad vandeningas sluoksnis (IGS3) driekiasi nuo 158 statinio iki Drūkšių ežero, esančio už 600 m nuo planuojamo atliekyno, kuriuo radionuklidai galėtų sklisti iš planuojamo atliekyno.



3.21 pav. Konceptualus aikštelės geologijos modelis, naudotas analizėje:

1 – technogeninis (piltinis) gruntas (IGS1), 4 m storio; 2 – moreninių darinių smulkios nuogulos (IGS2), 1,83 m storio; 3 – įvairaus rupumo smėlis, vandeningas (IGS3), 8 m storio; 4 – vandenspara; 5 – 158 st. dugnas (plokštė+išlyginamasis sluoksnis), 0,57 m storio; 6 – 158 st. pagrindas („pagalvė“), 1,6 m storio; 7 – absoliutus aukštis, m; 8 – vandens ir radionuklidų sklaidos kryptis

3.3 lent. pateikta inžinerinių geologinių sluoksnių parametrų, priimtų nagrinėjamos atliekų laidojimo sistemos konceptualiaame geologijos modelyje, suvestinė.

3.3 lent. Inžinerinių geologinių sluoksnių (IGS) parametrų vertės, priimtose radionuklidų sklaidos analizei

Sluoksnis	Storis, m	Sausojo grunto tankis, kg/m^3	Efektyvusis poringumas, vnt. d.	Hidraulinis laidumas, m/s	Hidraulinis gradientas	Efektyvusis difuzijos koeficientas, m^2/s
Technogeninis (piltinis) gruntas (IGS1)	4	1 680	0,2	2,12E-04	-	6,0E-10 ⁴⁾
Moreninių darinių nuogulos (IGS2)	1,83	1 680	0,2	7,99E-05	-	6,0E-10 ⁴⁾
Vandeningas sluoksnis (IGS3)	8 ¹⁾	1 680	0,2 ²⁾	7,99E-05	0,005 ³⁾	-

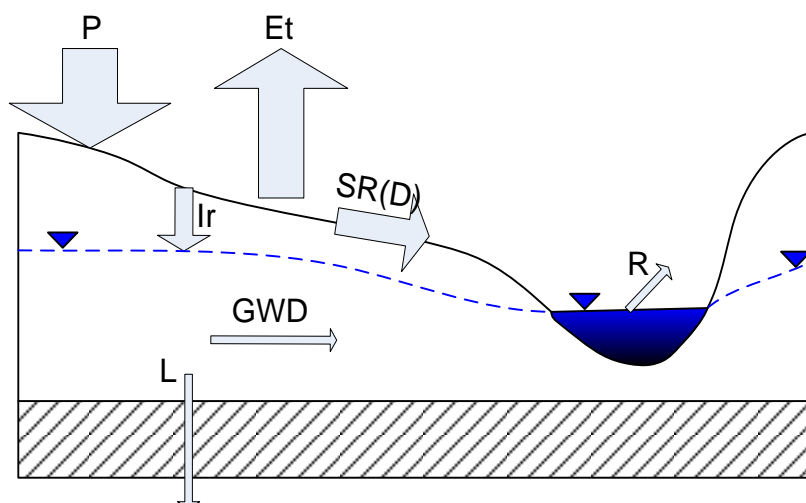
¹⁾ vidurys vyraujančio storio intervalo 0,5 – 16 m.

²⁾ didesnė vertė iš intervalo 0,1 – 0,2, konservatyvi prielaida atžvilgiu vandens srauto greičio, kuriuo galėtų sklirti radionuklidai link Drūkšių ežero).

³⁾ vertė iš dokumento [6, II tomas].

⁴⁾ vertė iš dokumento [26].

Remiantis IGG tyrimų ataskaitos duomenimis [6] nustatytas bendras IAE regiono vandens srauto balansas pateiktas 3.22 pav.

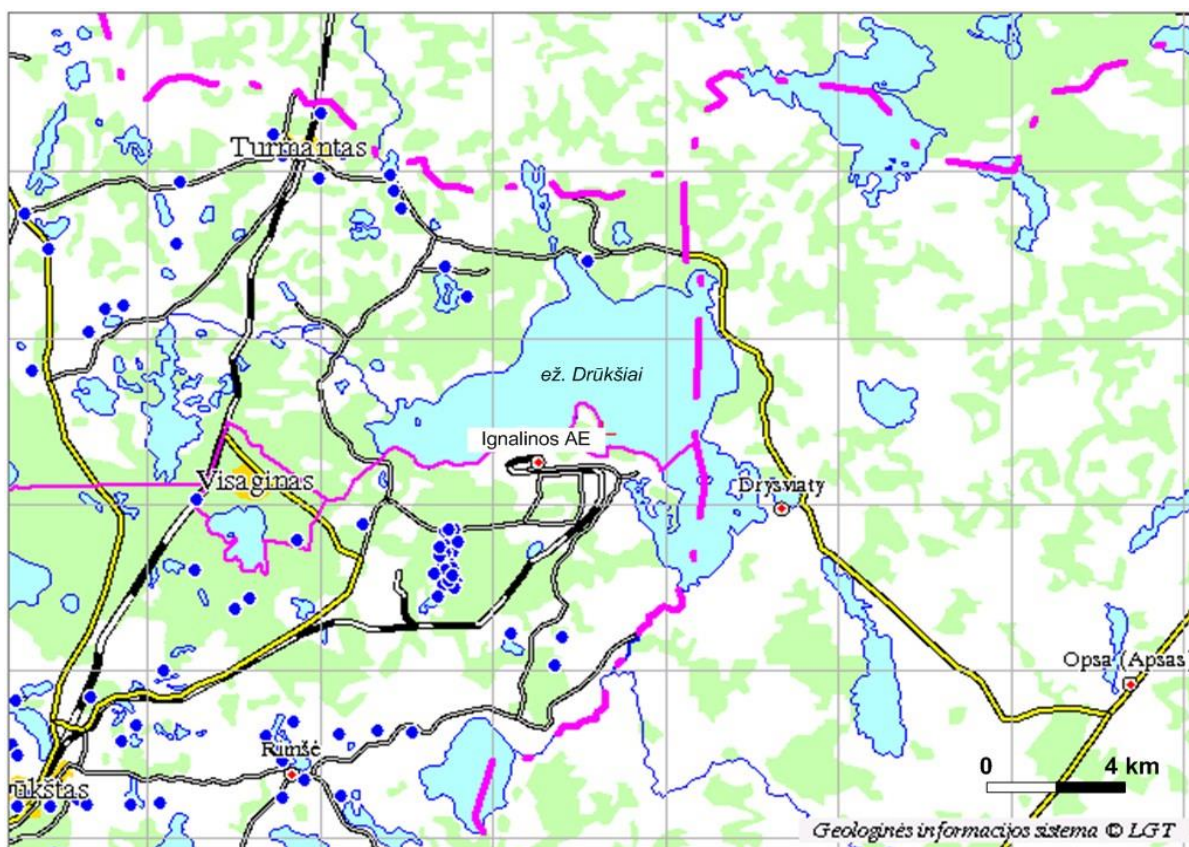


3.22 pav. Apibendrinta metinio vandens balanso schema:

P – krituliai 767 mm, Et – bendras išgarinimas 480 mm, SR(D) – paviršinis (drenažo) nuotėkis – 247 mm, Ir – infiltracinis maitinimas – 40 mm, kurį sudaro dvi komponentės: I) GWD – požeminis nuotėkis į hidrografinį tinklą ir II) L – pertekėjimas į vandeningąjį sluoksnį

Pagal meteorologinius duomenis (žr. 3.5.3 skyrių), daugiametis vidutinis kritulių kiekis IAE regione yra apie 767 mm per metus. Kadangi bendras išgaravimas regione siekia 480 mm, likusieji nuo bendro vandens srauto 287 mm pasiskirsto tarp paviršinio nuotėkio (247 mm) ir infiltracijos į gilesnius grunto sluoksnius (40 mm).

IAE regione veikiantys arteziniai gręžiniai, parodyti 3.23 pav., nepatenka į požeminio vandens kryptį, kuris teka nuo 158 statinio į ežero pusę [4].



3.23 pav. Veikiantys arteziniai gręžiniai (pažymėti mėlynais skritulėliais) [4]

3.4 Geocheminės ir hidrocheminės sąlygos

Pagal geocheminės analizės duomenis [6] gruntinis vanduo – mažai agresyvūs betonui, kurio sudėtyje yra *portland* tipo cemento. Nustatyta gruntinio vandens *pH* vertė – apie 7,1–7,2.

Pagal gruntų litologines savybes (molinių gruntų paplitimas) ir gruntinio vandens cheminės sudėties duomenis galima konstatuoti, jog galima koloidų ir organinių medžiagų įtaka radionuklidų pernešimo savybėms. Be to, *Fe* ir *Al* buvimas geologinėje aplinkoje koloidų įtaką didina. Ignalinos AE regiono gruntiniame vandenyje aptikti šie koloidus formuojančių komponentų kiekiai: *Fe* ir *Mn* – nuo 0,3 iki 3,0 mg/l, *C_{org}* – nuo 10 iki 40 mg/l [17]. Dėl aukščiau paminėtų priežasčių, radionuklidų

sklaidos atliekų šalinimo sistemos komponentėmis vertinimuose reikėtų naudoti konservatyvias sorbcijos koeficientų (K_d) vertes.

3.5 Aikštelės meteorologinės ir klimatinės sąlygos

3.5.1 Oro temperatūra

Duomenys apie IAE regiono vidutinės mėnesines ir metines oro temperatūras 2009–2018 m. laikotarpyje yra pateikti 3.4 lent.

Vidutinė metinė temperatūra laikotarpyje 2009–2018 m. kinta nuo 6,3 °C 2010 ir 2012 metais iki 7,6 °C 2018 metais. Vidutinė temperatūra -11,9 °C sausio mėn. 2010 m. mažiausia registruota per aprašomą laikotarpį. Vidutinė temperatūra +22,5 °C liepos mėn. 2010 m. yra didžiausia [10].

Vidutinės paskaičiuotos oro temperatūros šalčiausioju 5 dienų laikotarpiu yra -27 °C. Absoliutus užregistruotos temperatūros maksimumas yra 36 °C, o absoliutus minimumas yra -40 °C. Skaičiuojamos temperatūros absoliutus maksimumas skaičiuotas su dažniu 1 per 10000 metų yra 40,5 °C ir absoliutus temperatūros minimumas skaičiuojamas 1 per 10000 metų yra -44,4 °C [4].

3.4 lent. IAE regiono vidutinės mėnesinės ir metinės temperatūros, °C [10, 11]

Mėnuo Metai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vidutinė metinė
2009	-3,2	-4,2	0,2	8,3	12,4	15,1	18,1	16,1	13,6	4,9	3,5	-3,6	6,8
2010	-11,9	-4,8	-0,5	7,6	14,1	17,0	22,5	19,8	11,5	4,5	3,3	-7,4	6,3
2011	-3,7	-9,6	-0,4	8,3	13,1	18,4	20,6	17,4	13,3	7,0	3,1	1,3	7,4
2012	-4,7	-10,5	0,8	7,4	13,8	15,0	19,4	16,0	12,9	6,5	3,9	-5,4	6,3
2013	-7,9	-3,0	-6,3	4,8	15,8	18,3	18,0	16,7	11,2	7,7	4,1	0,9	6,7
2014	-7,4	-0,2	4,1	7,7	13,1	14,3	19,5	17,3	12,1	5,8	1,3	-2,3	7,1
2015	-1,3	-0,9	3,3	6,6	11,1	15,3	16,8	18,0	12,7	4,4	3,7	2,0	7,6
2016	-8,6	0,7	0,6	6,9	14,1	16,9	18,2	16,7	12,6	4,4	-0,4	-0,8	6,8
2017	-4,8	-3,2	2,2	4,6	11,4	14,5	15,9	16,6	12,7	6,1	2,7	0,3	6,6
2018	-2,4	-7,8	-2,8	9,0	15,2	16,1	19,1	18,1	13,8	7,0	1,5	-2,1	7,1
Minimali	-11,9	-10,5	-6,3	4,1	11,1	14,3	15,9	16,0	11,2	4,4	-0,4	-7,4	6,3
Vidutinė	-5,6	-4,4	0,1	7,1	13,4	16,1	18,8	17,3	12,6	5,8	2,7	-1,7	6,9
Maksimali	0,1	1,2	5,0	10,9	16,5	18,4	22,5	19,8	13,8	7,7	4,1	2,0	7,6

3.5.2 Drėgmė

2009–2018 m. laikotarpiui [10, 11]:

- mažiausia santykinės oro drėgmės reikšmė 46,2 % buvo užregistruota 2009 m. balandžio mėn.;
- didžiausia oro santykinės drėgmės reikšmė yra 92,5 % registruota 2012 m. spalio mėn.;
- metinė vidutinė oro santykinė drėgme yra 76,9 % ir kinta nuo 66,7 % 2011 metais iki 82,8 % 2017 metais.

3.5.3 Krituliai

Duomenys apie vidutinius mėnesinius ir metiniu kritulių kiekius IAE regione 2009 – 2018 m. laikotarpyje yra pateikti 3.5 lent.

Ilgalaikis (1987–2018 m.) vidutinis metinis kritulių kiekis yra 688,2 mm. 47 % kritulių iškrenta vasarą (balandžio – spalio mėn.) 53 % nuo lapkričio iki kovo. Mažiausias kritulių kiekis registruotas 2006 sausio mėn. (10 mm), didžiausias (227,8 mm) liepos mėn. 2010 m. Didžiausias metinis kritulių kiekis (1054 mm) registruotas 2017 metais, mažiausias (529,4 mm) registruotas 2008 metais [10, 11].

3.5 lent. Vidutinis mėnesinis ir metinis kritulių kiekis, mm, IAE regione [10, 11]

Mėnuo Metai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Suma per metus
2009	43,8	48	32,2	7,4	25,7	126	132,1	49,7	103,9	104,3	68,7	78,9	820,7
2010	22,7	44,5	53,3	47,2	90,8	105,9	227,8	110,8	94	43,7	55,8	105,8	1002,3
2011	64,9	39,8	18,9	15,2	74,8	58,9	108,8	82,6	68,3	29,3	24,4	59	644,9
2012	64,7	47,6	44,3	63,5	49,7	137,3	56,8	69,6	36,2	83,5	93,5	58,2	804,9
2013	42,7	59,9	42,8	27,9	41,9	51,2	102,2	60,9	50,3	32	63,4	26,3	601,5
2014	44,3	41	38,4	36,7	102,9	90,1	50,7	113,4	29,8	52,7	16,2	55,2	671,4
2015	84,6	20,4	24,1	50,9	72,8	15,9	99,4	14,2	117,4	29,5	76,8	40	646,0
2016	41,8	66,6	49,7	61,9	32,2	69,8	162,1	53,2	11,1	112,3	67,1	57,6	785,4
2017	41,1	49,2	89,7	70,8	23,4	87,2	219,7	147,1	113,3	91,9	55,7	64,9	1054
2018	51,7	24,8	24,8	44,7	52,4	58,9	102,3	77,9	52,0	67,4	23,5	61,7	642,1
Minimalus	22,7	20,4	18,9	7,4	23,7	15,9	50,7	14,2	11,1	29,3	16,2	26,3	601,5
Vidutinis	50,2	44,2	41,8	42,6	56,7	80,1	126,2	77,9	67,6	64,7	54,5	60,8	767,3
Maksimalus	84,6	66,6	89,7	70,8	102,9	137,3	227,8	113,4	117,4	112,3	93,5	105,8	1054

3.5.4 Sniego danga

Šiame skyriuje pateikti sniego dangos vertinimai 1981–2010 metų laikotarpiui, apibendrinti literatūroje [12, 13].

Sniego dangos trukmė. 1981–2010 m. per šaltąjį laikotarpį sniego danga Lietuvos teritoriją dengė vidutiniškai 82 dienas. Vidutinis dienų su sniego dangą skaičius atskiruose Lietuvos regionuose 1981–2010 metais buvo 50-120 dienų. Daugiausia dienų su sniego dangą buvo rytinėje Lietuvos dalyje, pvz. Dūkšte (Ignalinos regione) vidutiniškai 112 dienų. Pajūrio krašte vidutinis dienų su sniego dangą skaičius buvo pats mažiausias – vos 59 dienos. 1961–2010 metų laikotarpiu sniego dangos trukmė Lietuvos teritorijoje vidutiniškai sutrumpėjo 17 dienų.

Sniego dangos storis. Vidutinis didžiausias sniego dangos storis atskiruose Lietuvos regionuose 1981–2010 m. buvo 10-26 cm. Didžiausios vidutinės maksimalaus sniego dangos storio reikšmės fiksuotos Rytų Lietuvoje (daugiausia Dūkšte (Ignalinos regione) – 25 cm) bei Žemaičių aukštumose (Laukuvoje – 26 cm). Analizuojamais metais pačiomis mažiausiomis vidutinio maksimalaus sniego dangos storio reikšmėmis išsiskyrė Klaipėda – 12 cm. 1961–2010 metų laikotarpiu vidutinis didžiausias sniego dangos storis Lietuvos teritorijoje sumažėjo 3,5 cm.

Sniego dangos tankis. Vidutinis žiemos meto sniego tankis yra 0,2–0,25 g/cm³. Sniego dangoje yra daug oro, todėl jos tankis vos iškritus sniegui nėra labai didelis ir dažniausiai kinta nuo 0,04 iki 0,1 g/cm³. Toks purus sniegas pasižymi ypač mažu šiluminiu laidumu, todėl sniego dangą silpnina šilumos apykaitą tarp dirvos ir oro. Sniegu padengta dirva išlaiko aukštesnę temperatūrą, kuri labai priklauso nuo sniego dangos storio. Sniego dangos tankiui didelę įtaką daro vėjo greitis sniego kritimo metu. Žiemos sezonui artėjant į pabaigą, sniego tankis didėja ir gali siekti 0,3–0,6 g/cm³.

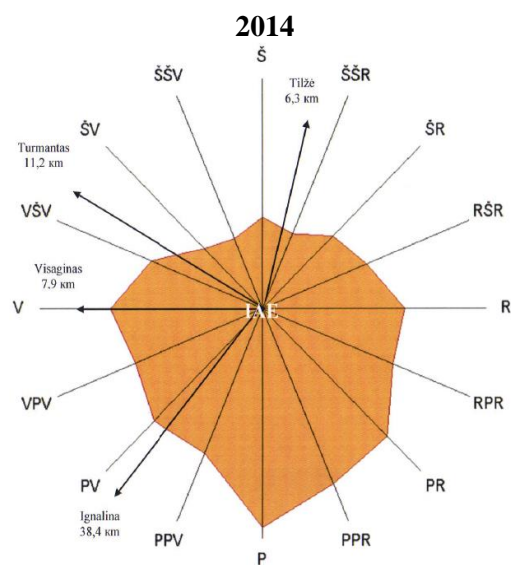
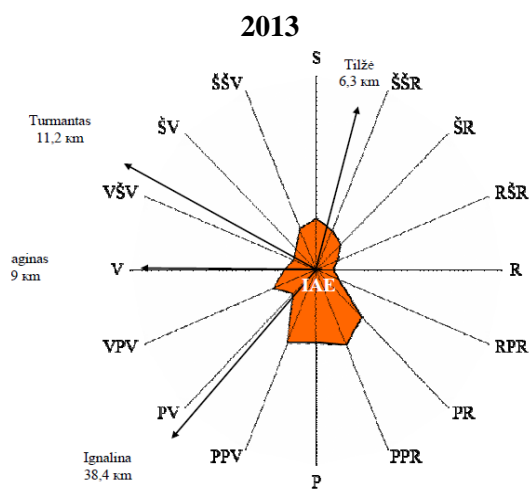
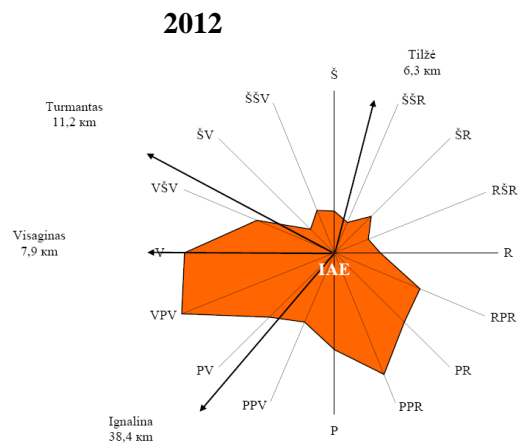
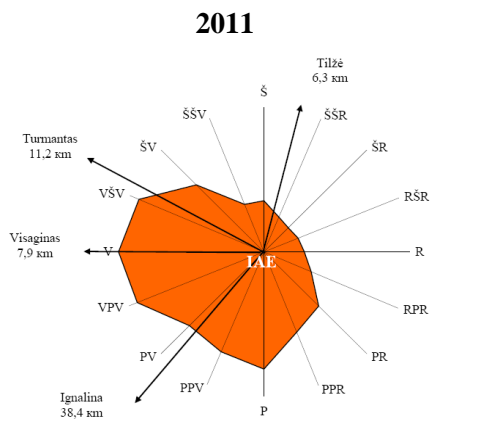
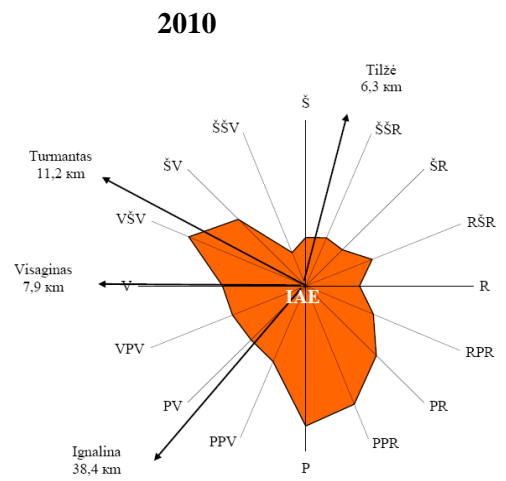
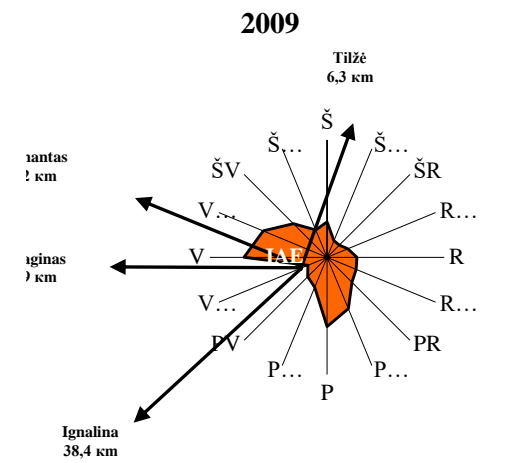
IAE pagal iškrentančio sniego kiekį yra priskirta II regionui [10]. Šiuo atveju sniego antžeminės apkrovos charakteristinė reikšmė yra lygi 1,6 kN/ m².

3.5.5 Vėjas

Vyrauja vėjai, kurių greitis mažesnis nei 7 m/s, tai iliustruoja užregistruoti įvykiai, kurie sudaro daugiau nei 90 % visų stebėtų atvejų. Užregistruoti atvejai, kai vėjo greitis didesnis nei 10 m/s nėra dažni – mažiau nei 10 atvejų per metus [4]. Pagal regioninius vėjo matavimus, darytus 2009–2018 metais, žr. 3.6 lent., 3.24 pav., nustatyta, kad dominuoja vakarų ir pietvakarių vėjai. Vyraujančios kryptys nekito žymiai matavimo periodu. Egzistuojančios atmosferos sąlygos yra palankios IAE išmetimų išsklaidymui atmosferoje [4].

3.6 lent. Vidutinės ir maksimalios vėjo greičio reikšmės, m/s, IAE regione [4, 10, 11]

2009 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	4,1	3,9	4,1	4,2	4,3	4,2	2,8	2,7	2,9	3,2	3,4	3,4
Maksimalus	10,1	8,6	9,4	10,0	10,6	11,0	7,0	6,4	6,9	7,7	7,1	7,8
2010 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,0	2,9	3,6	2,9	3,0	3,1	2,5	2,6	3,2	3,3	3,2	2,8
Maksimalus	6,4	6,1	8,1	6,9	7,0	7,3	6,1	6,6	7,3	7,3	7,3	6,6
2011 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,3	3,4	3,9	3,1	2,9	2,9	2,8	2,7	3,2	3,0	3,1	4,0
Maksimalus	7,5	7,6	8,9	7,2	7,2	7,2	6,7	6,5	7,6	7,0	7,3	9,3
2012 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,2	2,9	3,7	3,2	2,9	3,0	2,6	2,8	3,1	3,0	3,4	3,8
Maksimalus	22,9	16,4	23,3	20,5	19,3	16,0	23,0	22,8	15,7	35,9	15,6	17,9
2013 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,8	3,2	4,1	3,6	3,0	2,8	3,0	2,9	3,3	3,2	3,7	4,3
Maksimalus	22,8	20,9	18,3	21,5	18,3	21,8	16,7	22,8	18,0	16,3	23,5	21,1
2014 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	4,1	3,6	3,9	3,1	3,5	3,3	2,9	3,3	2,8	3,4	3,3	3,5
Maksimalus	16,3	21,4	25,5	21,9	16,2	15,6	14,6	16,7	15,8	14,4	12,5	20,7
2015 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	4,3	3,1	3,9	4,0	3,3	3,1	3,3	2,8	2,9	3,0	3,5	4,2
Maksimalus	31,1	15,7	14,9	21,8	16,2	14,1	23,4	18,1	17,5	15,8	17,8	23,3
2016 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,2	4,2	3,1	3,4	2,9	3,4	3,1	3,1	2,7	4,1	3,9	3,8
Maksimalus	21,5	23,3	23,6	16,3	15	16,5	18,5	15,8	17,6	25,1	21,5	19,9
2017 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,5	3,5	3,3	3,4	2,8	3,7	4,8	3,0	3,4	3,7	3,5	3,6
Maksimalus	22,2	16,9	25,9	22,1	16,8	19,1	18,5	15,7	17,8	34,6	16,4	27,4
2018 m.												
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,7	2,7	3,6	4,1	3	3,2	3	2,7	3,2	3,4	3,2	3,2
Maksimalus	20,3	19,8	14,1	18,8	14,8	18,2	23,8	16,6	19,8	20	15,4	23,4



Kontroliuojamoje IAE zonoje 2009–2018 m. laikotarpyje registruotas vidutinis vėjo greitis nuo 2,5 iki 4,8 m/s. Stiprūs vėjai, kurių greitis didesnis nei 30 m/s sudaro 1,5 %, daugiau nei 25 m/s – 3 %, daugiau nei 20 m/s – 20 % [4, 10, 11].

IAE aikštelės aplinkoje pasitaikančių viesulų stiprumas neviršija F-2 klasės pagal Fujita klasifikaciją F-2 klasės viesulų tikimybė 1 km² plote yra lygi 1 įvykiui per 61 667 metų. F-1 klasės viesulų tikimybė yra 1 įvykis per 43 023 metus. F-0 klasės viesulų tikimybė yra 1 įvykis per 10 000 metų [4].

Viesulų sezonas prasideda balandžio mėn. pabaigoje ir baigiasi pirmoje rugsėjo pusėje. Viesulų judėjimo kryptis 75 % atvejų yra iš pietvakarių į šiaurės rytus. Vidutinis viesulų trajektorijos ilgis yra apie 20 km ir kinta nuo 1 iki 50 km. Vidutinis viesulo plotis yra 50 m ir kinta nuo 10 iki 300 m. Skaičiuotas viesulo didžiausias greitis yra 39 m/s ir pasitaiko kartą per 10 000 metų [4].

3.5.7 Klimatinės sąlygos

IAE regionas yra kontinentinėje Rytų Europos klimato zonoje. Viena iš pagrindinių šio regiono klimato ypatybių yra ta, kad virš jo nesiformuoja oro masės. Ciklonai dažniausiai susiję su poliariniu frontu, tuo sudarydami pastovų oro masių judėjimą. Jie formuojasi Atlanto vandenyno vidutinėse platumose ir juda virš Rytų Europos iš vakarų į rytus, o IAE regionas dažnai atsiduria ciklonų, atnešančių drėgną jūros orą, kelių sankirtoje. Kadangi jūros ir žemyno oro masių kaita dažna, regiono klimatas yra pereinamasis – nuo Vakarų Europos jūrinio klimato iki Eurazijos žemyninio klimato [5].

Regiono mastu klimato sąlygos priklauso nuo atstumo iki Baltijos jūros. Dėl oro srautų įsiveržimo iš artimiausių geografinių zonų rytiniai Lietuvos regionai (t. y. IAE regionas), palyginus su vakarinėmis dalimis, apibūdinami didesniais metiniais temperatūrų pokyčiais, šaltesnėmis ir ilgesnėmis žiemomis su gausesne sniego danga ir šiltesnėmis, bet trumpesnėmis vasaromis [4].

Pagal dokumento [15] duomenis, vidutinė metinė oro temperatūra Lietuvoje 1981–2010 m. laikotarpyje: 6,9 °C (6,2 °C 1961–1990 m.). Šilčiausias mėnuo – liepa 17,9 °C (16,7 °C 1961–1990 m.), šalčiausias mėnuo – sausis -3,2 °C (-5,1 °C 1961–1990 m.).

Vidutinis metinis kritulių kiekis: 695 mm (675 mm 1961–1990 m.). Šiltuoju metų laikotarpiu (04-10 mėn.) – 449 mm (445 mm 1961–1990 m.), šaltuoju metų laikotarpiu (11-03 mėn.) – 246 mm (230 mm 1961–1990 m.) [15].

Vidutinė Saulės spindėjimo trukmė per metus: 1851 val. (1782 val. 1961–1990 m.). Ilgiausia Saulės spindėjimo trukmė yra pajūryje ir vakarinėje šalies dalyje 1950–2000 val. (1810–1860 val.

1961–1990 m.), trumpiausiai Saulė spindi pietrytinėje šalies dalyje 1690 val. (1690 val. 1961–1990 m.) [15].

Vidutinis metinis vėjo greitis: visais metų laikais stipriausi vėjai pučia pajūryje ir Kuršių nerijoje 5,0-5,5 m/s (5,5-6,0 m/s 1961–1990 m.), silpniausi vėjai pučia pietrytinėje ir šiaurietinėje Lietuvos dalyje 2,0-2,5 m/s (2,5-3,0 m/s 1961–1990 m.) [15].

Pagrindinių Lietuvos ir Ignalinos regiono klimato parametrų 1981–2010 m. suvestinė pateikta 3.7 lent.

3.7 lent. Pagrindiniai Lietuvos ir Ignalinos regiono klimato parametrai [15]

Parametras, vienetai	Lietuva	Ignalinos regionas
Oro temperatūros metinis vidurkis (laikotarpiu 1981-2010 m.), °C:	6,0–8,0	6,0–6,5
Žiema (gruodis, sausis, vasaris)	-4,5– -0,5	-4,5– -4,0
Pavasaris (kovas, balandis, gegužė)	5,5–7,5	6,0–6,5
Vasara (birželis, liepa, rugpjūtis)	15,5–17,5	16,5–17,0
Ruduo (rugsėjis, spalio, lapkritis)	6,0–9,5	6,0–6,5
Kritulių kiekio metinis vidurkis (laikotarpiu 1981–2010 m.), mm:	550–950	600–700
Žiema	100–225	100–150
Pavasaris	100–175	100–125
Vasara	175–275	200–225
Ruduo	125–300	150–175
Saulės spindėjimo trukmės per metus vidurkis (laikotarpiu 1981–2010 m.), val.:	1650–2000	1700–1800
Žiema	110–150	120–130
Pavasaris	550–675	550–575
Vasara	725–875	775–800
Ruduo	280–360	280–300
Vėjo greičio metinis vidurkis (laikotarpiu 1981-2010 m.), m/s:	2,0–5,0	2,0–2,5
Žiema	2,5–5,5	2,5–3,0
Pavasaris	2,0–4,0	2,0–2,5
Vasara	1,5–4,0	2,0–2,5
Ruduo	2,0–5,0	2,5–3,0

IAE regiono meteorologinių sąlygų analizė buvo neseniai padaryta ruošiant IAE 1 bloko periodinės saugos analizės ataskaitą. Išvada yra tokia, jog nėra pastebėta jokių ypatingų meteorologinių sąlygų pokyčių [5].

Pagrindiniai meteorologiniai parametrai, apibūdinantys Lietuvos klimatą XX a. antroje pusėje (1961–1990 m. stebėjimo laikotarpio vidutinės reikšmės), pateikti 3.8 lentelėje.

3.8 lent. Pagrindiniai Lietuvos klimato meteorologiniai parametrai [4]

Parametras, vienetai	Vertė
Saulės spinduliavimas, MJ/m ²	3 690
Oro temperatūra, °C:	
Mėnesinis vidurkis (1961–1990 m. laikotarpiu)	5,5–7,0
Sausis	-6,5– -2,8
Balandis	4,5–6,2
Liepa	16,1–17,5
Spalis	6,3–9,0
Debesuotumas (metinis vidurkis 1961–1990 m. laikotarpiu), klasė	6,7–7,2
Krituliai, mm:	
Metinis vidurkis (1961–1990 m. laikotarpiu)	550–900
Vasaros sezonas (balandis–spalis)	375–525
Žiemos sezonas (lapkritis–kovas)	175–350
Sniego paklodės trukmė, dienos	70–105

4. REGIONO DEMOGRAFINIAI DUOMENYS IR SOCIALINĖ EKONOMINĖ APLINKA

Oficialiosios statistikos portaluose skelbiama, kad 2018 metais IAE regione bendras gyventojų skaičius (įskaitant Visagino savivaldybę (58 km²), Ignalinos rajoną (1 447 km²) ir Zarasų rajoną (1 334 km²)) buvo 49 548 (Visagine 18 514 žmonių ir Ignalinos bei Zarasų rajonuose 15 366 ir 15 668 žmonių atitinkamai). Tai sudaro apie 4,3 % Lietuvos teritorijos ir 1,8 % bendro gyventojų skaičiaus.

Į 30 km spindulio zoną yra įtraukti ir apie 38 000 Daugpilio (Latvija) gyventojų, kadangi 30 % Daugpilio teritorijos yra 27–30 km atstumu nuo Ignalinos AE (4.1 pav.). 30 km spinduliu gyventojų tankumas yra maždaug 48 žmonės/km². Tai yra mažiau nei nominalus gyventojų tankumas Lietuvoje, kuris yra lygus 56,7 žmonės/km². Faktiškai gyventojų tankumas IAE regione yra vienas iš mažiausių Lietuvoje. Sanitarinės apsauginės zonos ribose (R = 3 km) nėra nei sodybų, nei gyventojų. Visaginas

yra artimiausias miestas apie 8 km atstumu nuo IAE. Gyventojų pasiskirstymo regione 30 km spinduliu duomenys yra pateikti 4.1 lent. ir 4.1 pav.

4.1 lent. Gyventojų pasiskirstymas (tūkstančiai) IAE regione 30 km zonoje (2007 m.) [4]

Segmento kryptis Rato spindulys, km	Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV	Gyventojų skaičius	
									žiede	rate
30 km	27,9	0,6	6,3	1,0	1,2	1,7	1,7	0,7	39,9	99,3
25 km	0,9	0,7	1,8	1,8	3,3	1,1	1,0	6,1	16,9	58,4
20 km	0,3	0,2	1,0	0,9	0,9	2,0	0,6	0,5	6,4	41,7
15 km	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	0,2	0,7	4,7	35,3
10 km	0,3	0,4	0,5	0,3	0,7	0,3	27,7	0,2	30,4	30,6
5 km	27,9	0,6	6,3	1,0	1,2	1,7	1,7	0,7	39,9	99,3
3 km	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Iš viso segmente	29,6	2,5	10,2	4,6	6,9	6,0	31,2	8,3	Iš viso 99,3	



4.1 pav. Gyventojų pasiskirstymas 5, 10, 15, 20, 25 ir 30 km zonose [4]

Pagrindiniai IAE regiono demografiniai rodikliai 2018 metais pateikti 4.2 lent.

4.2 lent. Pagrindiniai demografiniai IAE regiono rodikliai 2018 metais

Rodiklis	Ignalinos rajonas	Zarasų rajonas	Visagino rajonas	IAE rajonas (vidurkis)
Gyventojai jaunesni nei 15 metų, %	11,1	12,3	15,0	12,8
Gyventojai 15-44 metų, %	29,9	30,3	26,0	28,7
Gyventojai 45-64 metų, %	31,6	32,3	40,9	34,9
Gyventojai 65-74 metų, %	12,7	11,9	11,0	11,9
Gyventojai vyresni nei 75 metų, %	14,9	13,3	7,2	11,8
Migracija (vidinė ir išorinė) 2018 metais, žmonių sk.	-258	-193	-176	-209
Natūralus gyventojų skaičiaus pasikeitimas 2017 metais	-157	-110	-28	-89

5. VEIKSNIAI, GALINTYS TURĖTI ĮTAKOS ATLIEKYNO SAUGAI

5.1 Ūkinė veikla aplinkoje

Ūkiniu požiūriu [4] IAE regionas yra nepakankamai išvystytas Lietuvos regionas (išskyrus Visagino miestą). Regione dominuoja mažai intensyvus žemės ūkis ir miškininkystė (pvz., gyvulininkystės intensyvumas yra apie 1,4 karto mažesnis nei vidutinis Lietuvoje).. IAE regione dominuoja mažai intensyvūs žemės ūkis ir miškininkystė. Daugiausia užsiimama gyvulininkyste ir daržovių auginimu pardavimui [5]. Regione svarbių mineralų nerasta. Mažmeninės prekybos apyvarta regione yra 1,5 karto, o paslaugų apimtis daugiau nei 2,5 karto mažesnė nei šalies vidutinė. Prie IAE yra didelių ir vidutinių įmonių ir organizacijų Visagino mieste, žr. 5.1 lent. [4].

5.1 lent. Įmonės ir organizacijos, įsteigtos Visagine

Nr.	Pavadinimas	Personalo kiekis (apdraustieji)	Kategorija
1.	UAB "Visagino linija"	791	Didelė
2.	UAB "Visatex"	549	Didelė
3.	Visagino ligoninė	327	Didelė
4.	Visagino savivaldybė	210	Vidutinė
5.	UAB "Visagino energija"	192	Vidutinė
6.	UAB "Visagino būstas"	136	Vidutinė
7.	UAB "Kogus"	142	Vidutinė
8.	Visagino poliklinika	90	Vidutinė

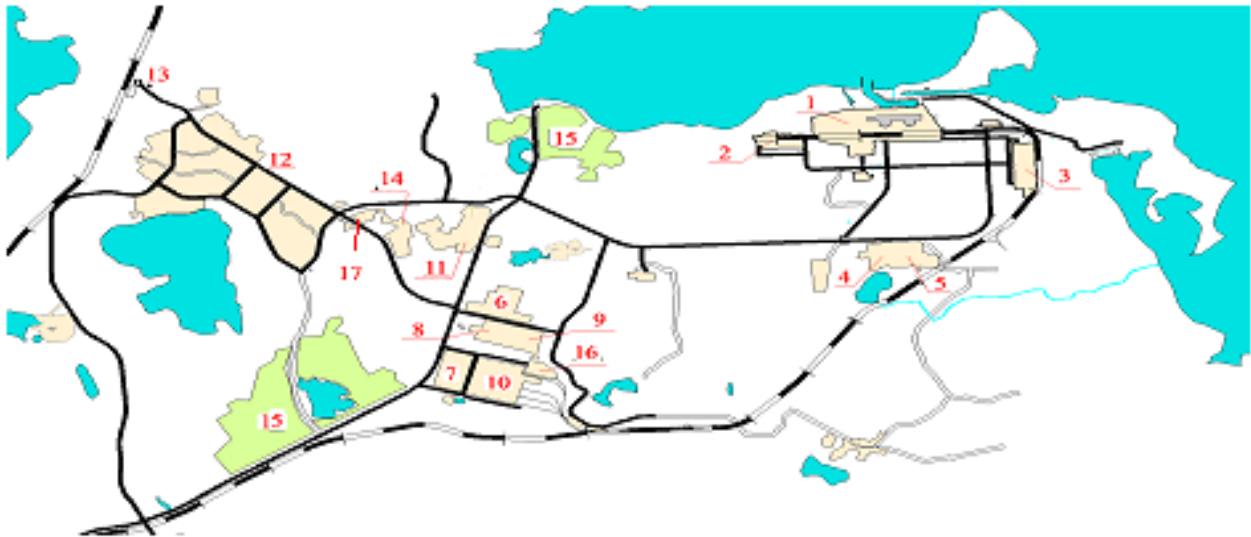
Visagino miesto darbo jėga yra urbanistinio tipo turintys geresnį išsilavinimą ir įvairesnio pobūdžio profesinį pasirengimą. Ignalinos ir Zarasų rajonuose dominuoja kaimiško tipo darbo jėga – senesnio amžiaus, turintys žemesnį išsilavinimą ir nedidelio įvairumo profesinį pasirengimą.

5.2 lent. yra pateikti skaičiai darbingo amžiaus gyventojų ir pensininkų IAE regione pagal Statistikos departamento prie LR Vyriausybės duomenis.

5.2 lent. Darbingi gyventojai ir pensininkai IAE regione [4]

Regionas	Darbingo amžiaus žmonės (18 -64 m. amžiaus)	Pensininkai (65 m. ir didesnio amžiaus)
Ignalinos rajonas	8 964	4 226
Zarasų rajonas	9 321	3 935
Visagino rajonas	11 939	3 366

Aplink IAE didelių komercinių įmonių nėra. Apytiksliai 5 km atstumu pietvakarių kryptimi nuo IAE yra buvusi karinė bazė, autotransporto skyriai, katilinė, o apytiksliai 6 km atstumu yra miesto autotransporto skyrius, statybinė bazė, baldų gamykla („Visagino linija“) bei drabužių siuvykla („Visatex“). Visagino miestas yra apytiksliai 8 km atstumu į vakarus nuo IAE žr. 5.1 pav. [4].



5.1 pav. Gyvenamųjų ir komercinių objektų panorama [4]:

1 – IAE aikštelė, 2 – atviroji paskirstymo sistema, 3 – sandėliai, 4 – nutekamųjų vandenų valymo įrenginiai, 5 – Visagino autotransporto skyrius, 6 – miesto tiekimo bazė, 7 – miesto autotransporto skyrius, 8, 9 – autotransporto skyriai, 10 – statybinė bazė, 11 – sveikatos klinika, 12 – Visagino miestas, 13 – geležinkelio stotis, 14 – miesto transformatorinė, 15 – poilsio zona, 16 – katilinė, 17 – drabužių siuvykla VISATEX.

Planuojama ūkinė veikla bus vykdoma pramoninėje IAE aikštelėje. IAE esamoje sanitarinės apsaugos zonoje nėra pastoviai gyvenančių gyventojų, ūkinė veikla joje ribojama.

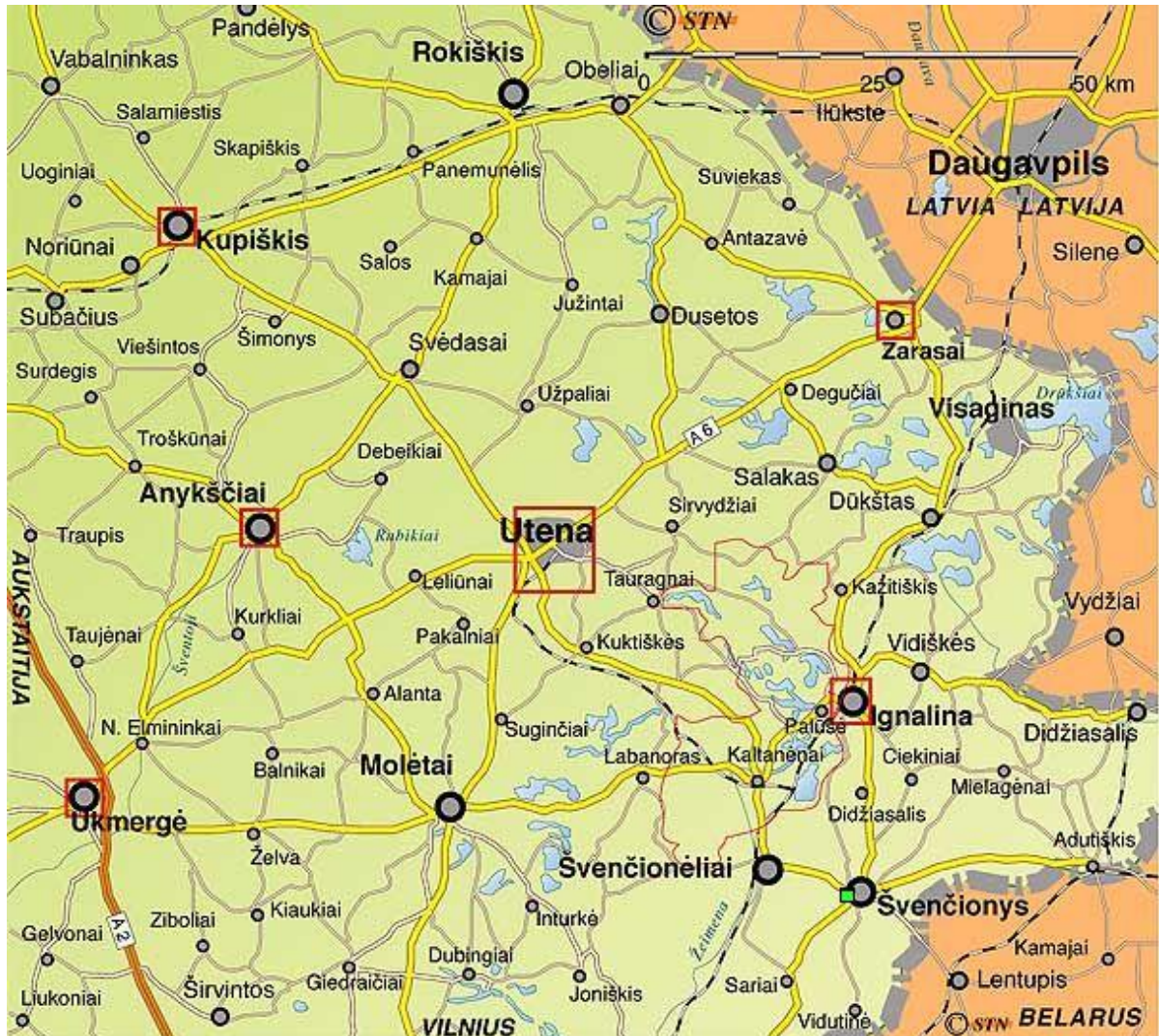
Jokios įtakos socialinei-ekonominei aplinkai ar žymių jos pasikeitimų nenumatoma.

5.2 Antžeminis ir oro transportas

5.2.1 Keliai

Artimiausias plentas yra už 12 km į vakarus nuo KATSK. Šis plentas jungia Ignalinos miestą su Zarasais ir Dūkštu, iš jo taip pat yra išvažiavimas į Kauno-Sankt Peterburgo plentą. Įvažiavimas į plentą iš pagrindinio nuo IAE einančio kelio yra netoli Dūkšto miestelio (5.2 pav.). Kelio atkarpa nuo Ignalinos AE iki Dūkšto yra maždaug 20 km ilgio [4].

Iš Visagino miesto yra du įvažiavimai į pagrindinį kelią Dūkštas – Zarasai. Pirmas eina per poilsio paslaugų centrą – 6 km atstumu; kitas yra arčiau Dūkšto – 14 km atstumu. Išvažiavimas iš IAE teritorijos yra galimas taip pat per vietinį kelių tinklą pietų kryptimi link Gaidės ir Rimšės [4].



5.2 pav. Kelių ir geležinkelių tinklas [4]

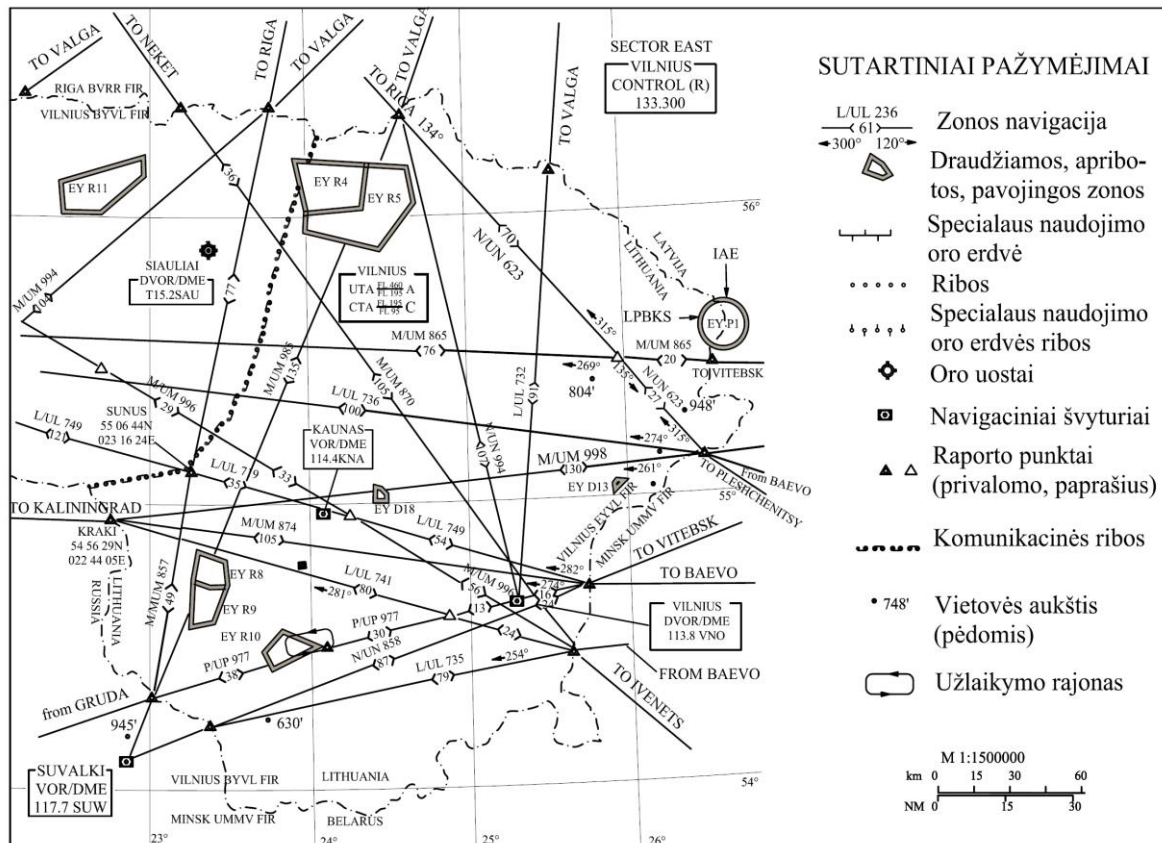
5.2.2 Geležinkelis

Pagrindinė geležinkelio magistralė Vilnius – Turmantas praeina už 9 km į vakarus nuo IAE. Taip pat yra vienvėžė geležinkelio atšaka nuo IAE iki Dūkšto (5.2 pav.).

5.2.3 Oro koridoriai

Pro Lietuvos Respublikos oro erdvę praena virš 20 tarptautinių oro linijų (5.3 pav.). Šalies teritorijoje veikia 30 civilinių, karinių ir mišrios paskirties aerouostų. Artimiausi aerouostai yra Daugpilyje (50 km pietų kryptimi nuo IAE) ir Vilniuje (130 km pietvakarių kryptimi nuo IAE) [4].

Lietuvoje nustatytos 3 neskraidymo zonos, virš kurių skrydžiai yra draudžiami. Tai 5,4 mylių (10 km) teritorija virš IAE, 3 mylių teritorijos virš Jonavos gamyklos „Achema“ ir virš Mažeikių naftos perdirbimo gamyklos. Be to, nustatytos 8 zonos, susietos su 5 teritorijomis, virš kurių skrydžiai yra apriboti (didesne dalimi tai susiję su kariniais tikslais). Taip pat išskirtos 7 pavojingos zonos, susiję su teritoriniais kariniais veiksmais (kariniai poligonai). Šios zonos sukoncentruotos šiaurinėje ir pietrytinėje (Jonava–Marijampolė–Alytus) Lietuvos dalyse (5.4 pav.) [4].

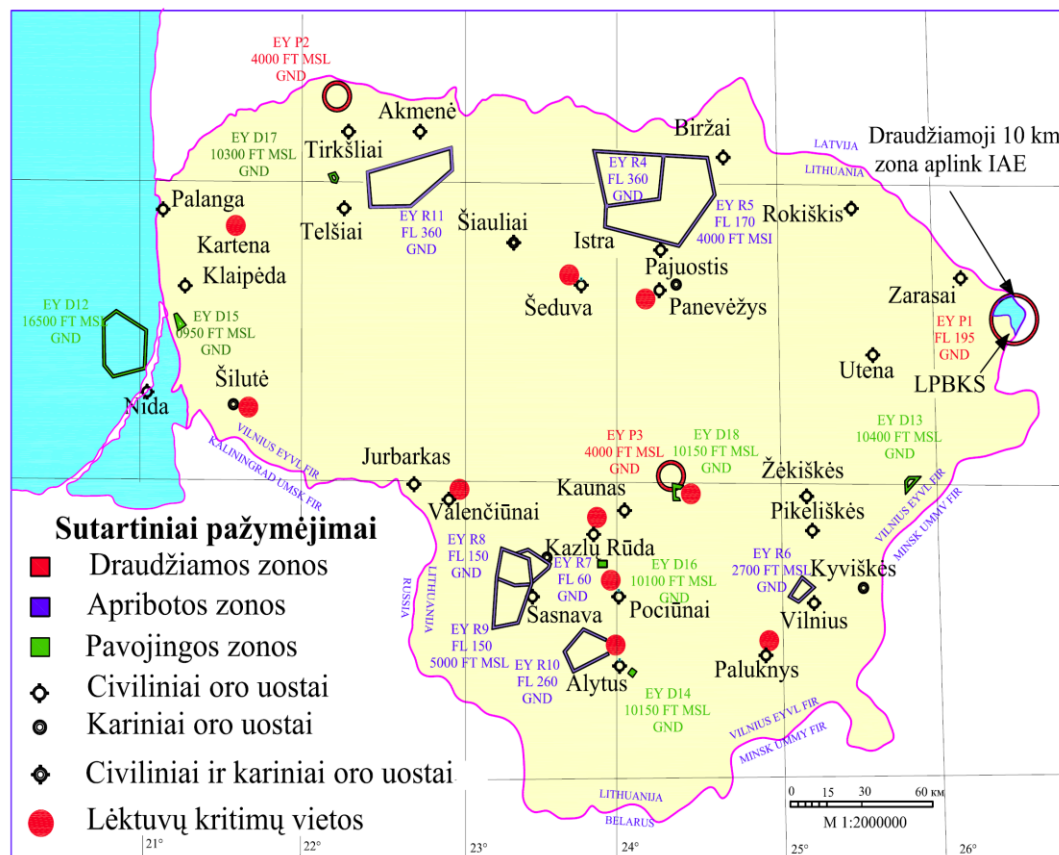


5.3 pav. Lietuvos Respublikos oro linijos [4]

5.3 pav. matyti, kad mažiausias aerouostų tinklas yra Lietuvos šiaurės-vakarų ir šiaurės-rytų dalyse Daugiausia aerouostų sukoncentruota Vilniaus–Kauno–Marijampolės ir Panevėžio–Palangos teritorijose [4].

Oro linija M865 per dieną vidutiniškai praskrenda 1 ar 2 civiliniai lėktuvai (Airbus A319, Airbus A320, ATR 72-210, Avro RJ100, Boeing 737-300, Boeing 737-500, Boeing 737-800, Bombardier CRJ200, Bombardier CRJ900, Bombardier Dash 8 Q400, Embraer E-170, Embraer E-175, Embraer E-190, Fokker 100, Fokker 70, Saab 2000). Minimalus atstumas nuo oro linijos iki IAE yra 10–15 km. Oro linija virš Baltarusijos Respublikos teritorijos per dieną vidutiniškai praskrenda 6 civiliniai 900 km/h greičiu. Minimalus atstumas nuo oro linijos iki IAE yra 15–20 km [4].

Pagal civilinės aviacijos administracijos duomenis per praėjusį dešimtmetį Lietuvos teritorijoje įvyko 40 lėktuvų avarių. Dauguma šių avarių įvyko aerouostų ir aeroklubų apylinkėse. Šios avarijos nepakenkė pastatams žemėje. Didieji lėktuvai, kertantys Lietuvos oro erdvę ir čia besileidžiantys, niekada nepatyrė jokių avarių [4].



5.4 pav. Lietuvos oro uostai, draudžiamos, atribotos ir pavojingos zonos [4]

5.2.4 Vamzdynai

Dujotiekio linija jungia Visagino miestą su IAE šildymo katiline. Vamzdyno ilgis yra apie 12 km. Mažiausias atstumas tarp dujų vamzdyno ir 158 statinio yra apie 150 m. Dujų debitas vamzdyne yra 4000 m³/h, vamzdžių skersmuo – 180 mm ir slėgis vamzdyne – 6 barai [4].

Dujotiekio atšakoje tarp naujosios IAE šildymo katilinės ir naujosios garo boilerinės yra įrengtos avarinės sklendės. Atstumas tarp šių sklendžių yra 8,5–9 km. Sklendžių uždarymas avariniu atveju (slėgio sumažinimas) įvyksta per vieną minutę [4].

Šilumos tiekimo magistralinis vamzdynas jungia IAE su Visagino miestu. mažiausias atstumas tarp šiluminės trasos vamzdyno ir 150 statinio yra apytiksliai 50 m, tarp vamzdyno ir 158 statinio apytiksliai 110 m. Vamzdyno skersmuo yra 800 mm, slėgis vamzdyne – 16 kg/cm² ir temperatūra – 128 °C [4].

6. PROGNOZUOJAMI APLINKOS POKYČIAI

Pagal VATESI reikalavimų [1] nuostatas, galimų aplinkos pokyčių potencialaus poveikio planuojamam atliekynui įvertinimui šiame skyriuje yra pateikta natūralių (gamtinių) paviršiaus procesų, galinčių vykti aikštelėje, prognozė taip pat identifikuoti aikštei būdingi išoriniai, sąlygoti žmogaus veiklos, veiksniai ir procesai.

6.1 Paviršiaus gamtiniai procesai

Pagal VATESI reikalavimus [67] buvo parengtas ir dokumente [4] išanalizuotas išsamus išorinių gamtos įvykių, galinčių nulemti poveikį objektui eksploatacijos laikotarpiu, sąrašas (žr. 6.1 lentelę). Šiame Projekto etape tas pats išorinių gamtos įvykių sąrašas naudojamas saugos analizei po uždarymo šioje ataskaitoje.

6.1 lent. Išorinių gamtos įvykių sąrašas

Nr.	Įvykis	Komentaras
1.	Liūtis, smarkus lietus	<u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinamas TD rengimo etape. Reikia atsižvelgti į rekonstrukcijos darbų periodiškumą ir tinkamas apsaugos nuo nepalankių oro sąlygų priemones.

Nr.	Įvykis	Komentaras
		<u>Laikotarpis po uždarymo:</u> duomenis su turimais praėjusio šimtmečio laikotarpio duomenimis, pastebėtas ekstremalių įvykių padaugėjimas. Kadangi atmosferos kritulių kiekio padidėjimas yra tiesiogiai susijęs su vandens išskverbimo per vadose zoną greičio padidėjimu, tai hipotetinių ekstremalių kritulių atvejis nagrinėjamas ataskaitos 10 skyriuje.
2.	Sausra	<u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape. <u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Pažeidimas bus pašalintas aktyvios institucinės kontrolės laikotarpiu. Staigus viršutinės ribos pablogėjimas iškart pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui analizuojamas barjerų degradacijos scenarijuje (žr. 10 skyrių).
3.	Smėlio audra	<u>Eksploatacijos laikotarpis:</u> Įvykiui sutrukdo statinio konstrukcijos. Jokio tolesnio vertinimo. <u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Įvykiui sutrukdo statinio konstrukcijos. Jokio tolesnio vertinimo.
4.	Stiprus vėjas, viesulas	<u>Eksploatacijos laikotarpis:</u> Įvykiui sutrukdo statinio konstrukcijos. Jokio tolesnio vertinimo. <u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Pažeidimas bus pašalintas aktyvios institucinės kontrolės laikotarpiu. Staigus dangos degradavimas pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui analizuojamas pagal barjero degradacijos scenarijų (žr. 10 skyrių).
5.	Audros banga	Drūkšių ežeras per mažas ir sekus bangavimui. Jokio tolesnio vertinimo
6.	Uraganas	<u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape. <u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Pažeidimas bus pašalintas aktyvios institucinės kontrolės laikotarpiu. Staigus dangos degradavimas pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui analizuojamas pagal barjero degradacijos scenarijų (žr. 10 skyrių).
7.	Cunamis	Žiūrėti komentarą prie pozicijos Nr. 5. Jokio tolesnio vertinimo
8.	Vulkanų veikla	Ignalinos AE nėra vulkaniškai aktyvioje zonoje. Jokio tolesnio vertinimo
9.	Žaibas	<u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape. <u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Neaktualu. Jokio tolesnio vertinimo

Nr.	Įvykis	Komentaras
10.	Šerkšnas	<p><u>Eksploatacijos laikotarpis:</u> Įvykiui sutrukdo statinio konstrukcijos. Jokio tolesnio vertinimo.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Pažeidimas bus pašalintas aktyvios institucinės kontrolės laikotarpiu. Staigus dangos degradavimas pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui analizuojamas pagal barjero degradacijos scenarijų (žr. 10 skyrių).</p>
11.	Aukšta vasaros temperatūra	<p><u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> 10.3.3 poskyryje, analizuojant laidojimo sistemos jautrumą vandeningojo sluoksnio charakteristikų pokyčiams, atsižvelgiama į didėjantį garavimą (dėl aukštesnės temperatūros) ir mažėjantį kritulių kiekį, dėl kurio mažėja vandens lygis vandeningajame sluoksnyje.</p>
12.	Žema žiemos temperatūra	<p><u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Pažeidimas bus pašalintas aktyvios institucinės kontrolės laikotarpiu. Staigus dangos degradavimas pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui analizuojamas pagal barjero degradacijos scenarijų (žr. 10 skyrių).</p>
13.	Sniegas ir ledas	<p><u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Pažeidimas bus pašalintas aktyvios institucinės kontrolės laikotarpiu. Staigus dangos degradavimas pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui analizuojamas pagal barjero degradacijos scenarijų (žr. 10 skyrių).</p>
14.	Kruša	Žiūrėti komentarą prie pozicijos Nr. 13.
15.	Apledėjimas	Geomorfologiniai pokyčiai dėl ledyno susiformavimo nevertinami, nes domėjimosi laikotarpis yra trumpesnis. Apskaičiuota, kad kito ledyno pradžia yra 60 000–100 000 metų nuo dabarties, o daugiausia – maždaug 180 000 metų nuo dabarties. Iki to laiko radionuklidų srautas iš atliekyno būtų nereikšmingas. Jokio tolesnio vertinimo
16.	Rūkas	<p><u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Neaktualu. Jokio tolesnio vertinimo</p>
17.	Aukštas Drūkšių ežero lygis	Potvynių nenumatoma net esant konservatyvioms prielaidoms (žr. šios ataskaitos 6.2 skyriaus 6.2 lentelės 3 poziciją). Jokio tolesnio vertinimo

Nr.	Įvykis	Komentaras
18.	Žemas Drūkšių ežero lygis	Neturi įtakos kompleksui. Jokio tolesnio vertinimo
19.	Drūkšių ežero pakrančių erozija	Drūkšių ežeras yra negilus ežeras, nėra pavojaus dėl erozijos, kuri paveiktų kompleksą. Jokio tolesnio vertinimo
20.	Žemės drebėjimas	<p>Daroma prielaida, kad žemės drebėjimas gali turėti įtakos objekto vientisumui ir taip pagreitinti vandens pasisavinimą bituminių RA (bitumo junginiu) ir dėl to radionuklidų išmetimą į aplinką. Atvejis nagrinėjamas šios ataskaitos 10 skyriuje.</p> <p>Inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų ataskaitos [6] 6.2. skyriuje pateikta ši informacija:</p> <p>TATENA saugos reikalavimai (SSR-5, 111-G-3.1, NS-R-3 (Rev. 1) nurodo geologinius gruntų požymius, pagal kuriuos galima vertinti dinaminio praskydimo potencialą – tai vandeningi nedidelio gamtinio tankumo smėlio sluoksniai, kuriems būdingas nedidelis geostatinis įtemptumas ir mažas pasipriešinimas geotechniniam zondavimui.</p> <p>2009 metais UAB „VAE“ užsakymu atliktų tyrimų metu tikimybinio metodu įvertinti Ignalinos AE apylinkių seismingumo lygiai SL1 ir SL2. Jų metu nustatyta, kad SL1, kuris atitinka 10^{-2} tikimybės lygį yra $0,08 \text{ m/s}^2$ (0,008 g), o SL2, kuris atitinka 10^{-3} ir 10^{-4} tikimybės lygių vidurkį yra $0,90 \text{ m/s}^2$ (0,09 g). Kadangi apskaičiuotasis SL2 yra mažesnis už 1 m/s^2 (0,1 g), tai pagal TATENA vadovo NS-G-3.3 rekomendacijas SL2 turi būti prilygintas 1 m/s^2 (0,1 g).</p> <p>Tyrimų aikštelėje esantys gruntai nepatenka į potencialiai galinčius praskysti gruntus. Natūralūs aikštelės gruntai yra pleistoceno laikotarpio, praeityje buvo paveikti ledyno svorio, pertankinti. Pagal fizikines ir mechanines savybes tai vidutinio stiprumo ir tankūs gruntai.</p> <p>Smėliai potencialiai gali praskysti tik tuomet, kai kūginio stiprio vertė $q_c < 3,5 \text{ MN/m}^2$. Statybos aikštelės smėlių mažiausia kūginio stiprio vertė $q_c > 10,0 \text{ MN/m}^2$, be to šis smėlis yra apslėgtas morenos sluoksnio. Tokie gruntai nepraskysta. Piltinio grunto sluoksnio storis yra sąlyginai nedidelis, todėl praskydimas žemės drebėjimo metu vykti negali.</p>
21.	Dirvožemio nusėdimas	<p><u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Atliekyno inžinerinių barjerų pažeidimai turėtų atsirasti, jei po objekto pamatu vyktų intensyvesni (lyginant su dabartiniais matavimais) žemės judėjimai (nors ataskaitoje [33] teigiama, kad nusėdimas stabilizavosi ir yra ne daugiau kaip 1 mm per metus). Tačiau labai tikėtina, kad žemės drebėjimas yra konservatyvus atvejis, reiškiantis staigų incidentą, sukeltą didesnio laipsnio destrukciją.</p>
22.	Potvynis	<u>Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.

Nr.	Įvykis	Komentaras
		Laikotarpis po uždarymo: Potvynio (drenažo sistemos gedimo) scenarijus aptariamasis šios ataskaitos 9 ir 10 skyriuose

Numatoma, kad išsamus įvykių procesų (angl. FEPs) sąrašas ir sisteminė analizė pagal TATENA metodiką bus parengti PSAA TD vystymo etape.

6.2 Žmogaus veiklos įtaka

Pagal VATESI reikalavimus [67] buvo parengtas ir dokumente [4] išanalizuotas išsamus išorinių žmogaus sukeltų įvykių sąrašas (žr. 6.2 lentelę), galinčių nulemti poveikį objektui eksploatacijos laikotarpiu. Šiame projekto etape tas pats išorinių žmogaus sukeltų įvykių sąrašas naudojamas saugos analizei po uždarymo šioje ataskaitoje.

6.2 lent. Išorinių žmogaus sukeltų įvykių sąrašas

Nr.	Įvykis	Komentaras
1.	Lėktuvo sudužimas	Nagrinėjama šios ataskaitos 9.1 skyriuje
2.	Išorinis gaisras	Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu: Bus vertinama TD rengimo etape. Laikotarpis po uždarymo: Apima lėktuvo sudužimo scenarijus, nes toks atvejis sukelia rimtesnių pasekmių. Žiūrėti komentarą prie pozicijos Nr. 1.
3.	Pramoninis ar karinis įvykis	Eksploatacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu: Bus vertinama TD rengimo etape. Laikotarpis po uždarymo: Vietovė charakterizuojama atliekant vietos tyrimus. Apylinkėse nėra vertingų gamtos išteklių. Todėl grėžimo veiksmai, susiję su išteklių paieška aikštelėje, yra mažai tikėtini. Vykdamas tokią veiklą ateityje, toliau neplanuojami grėžiniai turi būti likviduoti arba uždaryti aplinkos apsaugos norminių dokumentų nustatyta tvarka (pagal šiuo metu galiojančius įstatymus). Grėžimo veikla planuojamoje atliekyno vietoje galėtų būti vykdoma tik pasibaigus 300 metų institucinės kontrolės laikotarpiui po atliekyno uždarymo. Pasibaigus šiam laikotarpiui, atliekynes palaidotų radioaktyviųjų atliekų aktyvumas bus sumažėjęs iki nekenksmingo aplinkai ir gyventojams. Šioje ataskaitoje toliau nagrinėjami netyčinio įsibrovimo į atliekiną scenarijai pasibaigus instituciniam kontrolės laikotarpiui (kelio per atliekiną tiesimas, apsigyvenimas atliekyno teritorijoje, taip pat

Nr.	Įvykis	Komentaras
		<p>atliekyno gręžimas archeologiniams tyrimams, žr. 10 skyrių) ir galimą poveikį įsibrovėliui. Nagrinėjama atvejais scenarijuose konservatyviai įtraukiamas bendras radioaktyviųjų atliekų kiekis atliekyne.</p> <p>Dabartiniai hidrologiniai ir hidrogeologiniai procesai ir sąlygos geosferoje pateikti šios ataskaitos 3 skyriuje. Potvynių nenumatoma net ir esant konservatyvioms prielaidoms, kad IAE aikštelėje nėra pastatų ir dirbtinai dengtų teritorijų, nėra aktyvaus pagrindinių pastatų zonos drenažo, o Drūkšių ežero vandens lygis per 100 metų pasiekia maksimalų 144,0 m lygį (žr. [6, 2 tomas]). Nepaisant to, hipotetinis potvynių atvejis, kai radionuklidai paviršiniais vandenimis patenka į Drūkšių ežerą, aplenkiant geologinius sluoksnius, yra nagrinėjamas ataskaitos poveikio vertinimo 9.3 skyriuje.</p>
4.	Cheminių medžiagų išleidimas	<p><u>Eksplotacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> IAE aikštelėje ir jos apylinkėse nėra įrenginių, galinčių išsiskirti chemines medžiagas.</p> <p>Toliau nevertinama.</p>
5.	Transportavimo įvykis	<p>Viešasis kelias yra nutolęs 1 km nuo IAE aikštelės. Pagrindinis geležinkelis eina 9 km į vakarus nuo IAE. Komentaras prie pozicijos Nr. 3.</p> <p>Toliau nevertinama.</p>
6.	Toksiškos dujos	Žiūrėti komentarą prie pozicijos Nr. 4.
7.	Smūgiai, krovinio kritimas, turbinos generuojamas svaidinys	<p><u>Eksplotacijos laikotarpis rekonstrukcijos metu:</u> Krovinio nukritimas gali būti nelaimingas atsitikimas rekonstrukcijos metu. Bus vertinama TD rengimo etape.</p> <p><u>Laikotarpis po uždarymo:</u> Jokių eksploatavimo nutraukimo veikslių. Įvykiai nėra aktualūs.</p> <p>Toliau nevertinama.</p>
8.	Sprogimo bangos	<p>Galimas sprogimo pavojus dėl dujų nuotėkio iš dujotiekio (žr. aprašymą šios ataskaitos 5.2.4 skyrelyje) analizuojamas dokumente [4]. Laikoma, kad įvykis turi ženkliai mažą tikimybę įvykti, t.y. mažesnę už 1,0E-07 vertę. Taigi, remiantis TATENA dokumentu [54], inicijuojantys įvykiai, kurių atsiradimo tikimybė mažesnė nei 1.0E-07 atrankos tikimybės lygis, neturėtų būti toliau svarstomi, nepaisant jų pasekmių. Be to, numatoma, kad garo katilinė ir dujotiekis bus išmontuoti prieš atliekyno uždarymą IAE aikštelės eksploatavimo nutraukimo metu.</p> <p>Toliau nevertinama.</p>

Numatoma, kad išsamus įvykių. procesų (*angl.* FEPs) sąrašas ir sisteminė analizė pagal TATENA metodiką bus parengti PSAA TD vystymo etape.

7. VEIKSNIAI, SĄLYGOJANTYS POVEIKĮ APLINKAI IR ŽMOGUI RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU

7.1 Šalinamų radioaktyviųjų atliekų savybės

Pagal Eskiziniame projekte pateiktus pasiūlymus [34] atliekyne bus talpinamos bitumuotos RA (t.y. šalinamos devyniuose kanjonuose jau esančios atliekos). 7-asis, 8-asis ir 9-asis kanjonai (bendrai apimantys 7 500 m³) yra tušti. Slėgio į dugną (pamatinę plokštę) suvienodinimui, taip pat kanjono struktūros sutvirtinimui, paverčiant ją praktiškai monolitine, bei tuščios ertmės, kurioje galėtų kauptis drėgmė, sąlygojanti intensyvesnę saugyklos gelžbetoninių konstrukcijų armatūros koroziją, eliminavimui būtina tuščius kanjonus užpildyti. Užpildu galėtų būti inertinė medžiaga, tokia kaip smėlis arba grynas (neužterštas) bitumas. Tuščiu kanjonų užpildymas kitomis, nei bitumuotos, radioaktyviosiomis atliekomis būtų kitas pasirinkimas. Todėl šioje ataskaitoje yra išanalizuota radioaktyviųjų smėlio-žvyro atliekų iš reaktoriaus R3 zonos šalinimo galimybė trijuose tuščiuose kanjonuose.

Žemiau pateiktas nagrinėjamų atliekų savybių aprašymas.

7.1.1 Bitumuotos RA

7.1.1.1 Atliekų kilmė

Nudrenuotas vanduo iš 101 (reaktoriaus pastato), 130, 150 (skystų atliekų garinimo ir bitumavimo), 156 (specialiosios skalbyklos) ir 159 pastato surenkamas į saugojimo talpyklas 151, 154 ir 154A/B pastatų komplekse. Talpyklų parką sudaro 12 iš betono pastatytų ir apkaltų nerūdijančiu plienu talpyklų. Šešiose 1500 m³ talpos talpyklose kaupiamas:

- iš reaktoriaus priežiūros zonų nudrenuotas vanduo;
- vanduo iš specialiosios skalbyklos;
- kondensatas iš garinimo įrenginių;
- panaudotos jonų pakaitos dervos ir perlitas.

Šešiose 5 000 m³ talpos talpyklose daugiausia būna apdorotas vanduo, kuris pakartotinai tiekiamas į reaktorių.

Vanduo iš priimančių talpyklų 151 pastate tiekiamas į vieną iš dviejų tarpusavyje sujungtų garinimo įrenginių, esančių 150 pastate. Šiame pastate taip pat yra bitumavimo įrenginys. Garintuve nudrenuotas vanduo garinamas tol, kol druskos koncentracija pasiekia 130 g/l. Po to koncentratas toliau koncentruojamas pakartotinio garinimo įrenginyje, kol pasiekiamas 360-390 g/l druskos koncentracija. Po nusėdimo garintuvo koncentratas tiekiamas į vieną iš dviejų ekstruderio tipo bitumavimo įrenginių. Išgarintos skystos radioaktyviosios atliekos, imobilizuotos į bitumą (bitumo kompaundas) yra galutinai apdorotos radioaktyviosios atliekos. Bitumas yra nelaidi vandeniui medžiaga, kuri atlieka radionuklidų sulaikymo funkciją. Bitumo mišinys, kuriame druskų koncentracija siekia apie 40% (pagal masę), perkeliama į bitumuotų atliekų saugojimo 158 statinį (gelžbetoninius kanjonus) įrengto vamzdyno pagalba, todėl nėra būtinybės šių atliekų transportavimui ir saugojimui naudoti specialius konteinerius. Įprastinė praktika yra, kai bitumizuotos atliekos yra talpinamos į metalines statines. Tada galima atliekas transportuoti ir patalpinti į saugyklą, o po to pervežti ir sudėti į atliekyną. Dažniausiai vertinant atliekyno saugą metalinės statinės, kadangi jų sienelių storis yra mažas (1,0 – 1,5 mm) ir jos santykinai greitai degraduoja, palyginus su laikotarpiu, nagrinėjamu ilgalaikės saugos analizėje, konservatyviai nelaikomos inžineriniu barjeru, kuris atlieka radionuklidų sulaikymo funkciją. Taigi, tas faktas, kad IAE kanjonuose bitumuotos atliekos nėra statinėse, nevaizina jokio vaidmens vertinant atliekyno saugą.

7.1.1.2 Atliekų klasė

Pagal atliekų klasifikavimo sistemą [67] bitumuotos RA priskiriamos B ir C klasių kietosioms radioaktyviosioms atliekoms [68], t.y. trumpaamžėms mažo ir vidutinio aktyvumo radioaktyviosioms atliekoms. Pagal radioaktyviųjų atliekų tvarkymo reikalavimus [67], B ir C klasių RA turi būti palaidotos paviršiniame atliekyne. Tikimasi, kad bitumuotos IAE eksploatavimo nutraukimo atliekos priklausys C klasės radioaktyviosioms atliekoms. Tai yra konservatyvi prielaida.

7.1.1.3 Fizinės savybės

Paskutiniu metu atliekų bitumavimo procese buvo naudojamas BDUS 70/100 tipo grynas bitumas. Anksčiau buvo naudojamas BND 60/90 ir BND 90/130 tipo bitumas. Gryno bitumo fizinės savybės yra pateiktos 7.1 lent. Bitumuotų RA fizinės savybės yra pateiktos 7.2 lent.

7.1 lent. Gryno (neužteršto) bitumo fizinės savybės [70, 71, 72]

Parametras ir jo matavimo vienetai	Vertė bitumo tipui		
	BND 90/130	BND 60/90	BDUS 70/100
0,1 mm skersmens adatos prasiskverbimo gylis esant 25 °C, mm	90 – 130	61 – 90	71 – 100
0,1 mm skersmens adatos prasiskverbimo gylis esant 0 °C, mm, ne mažiau	28	20	23
Suminkštinimo temperatūra pagal žiedą ir rutulį, ne mažiau, °C	43	47	43 – 51
Taşumas, esant 25 °C, cm, ne mažiau	65	50	110
Taşumas, esant 0 °C, cm, ne mažiau	4	3,5	3,7
Trapumo temperatūra, °C, ne daugiau	-17	-15	-15
Užsidegimo temperatūra, °C, ne mažiau	230	230	240
Užsiliepsnojimo temperatūra, °C, ne mažiau	300	300	300
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, ne mažiau, °C	380	380	380
Drėgnis, %	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2
Tankis, kg/m ³	940	940	940
Darbinė temperatūra, °C	100 – 125	100 – 125	100 – 125
Darbinis slėgis, kg/cm ²	3 – 7	3 – 7	3 – 7

7.2 lent. Bitumuotų RA fizinės savybės [69]

Parametras ir jo matavimo vienetai	Vertė
Druskų dalis atliekose, %	35 – 45
Drėgnis, %	0,5 – 2
Tankis, kg/m ³	1 155 – 1 215
Darbinė temperatūra (transportavimo temperatūra), °C	100 – 129
Užsidegimo temperatūra, °C, ne mažiau	200
Užsiliepsnojimo temperatūra, °C, ne mažiau	250
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, ne mažiau, °C	400
Darbinis slėgis, kg/cm ²	1 – 2

Priimta, kad vidutinė bitumuotų RA tankio vertė yra $1\,200\text{ kg/m}^3$ [69].

7.1.1.4 Ilgalaikės savybės

Bitumas turi cheminių ir fizinių savybių, tinkamų radioaktyviųjų atliekų įtvirtinimui. Radionuklidų difuzija bitume yra nereikšminga, vandens garų difuzija bitume taip pat yra lėta. Tačiau laikino saugojimo metu ar po bitumo atliekų šalinimo atliekyne bitumo savybės gali pasikeisti. Tai gali daryti įtaką bitumo matricos ar kitų barjerų raidai atliekyne, ir tai turi būti išnagrinėta saugos analizėje. Dažniausiai yra nagrinėjami šie procesai:

- radiolizė,
- biologinis irimas,
- senėjimas,
- vandens sugėrimas,
- išplovimas,
- dujų susidarymas.

Šiame skyriuje pateikta medžiaga yra skirta literatūros apžvalgai [73–88], nagrinėjančiai paminėtų procesų įtaką bitumuotų atliekų savybėms ilgalaikėje perspektyvoje. Ypač išsami literatūros apžvalga yra pateikta SKB studijoje [73].

7.1.1.4.1 Radiolizė

Ataskaitoje [73] konstatuojama, kad dėl radiolizės susidariusių dujų kiekis priklauso nuo bitumo tipo, dozės galios ir sugertosios dozės. Esant dideliame bitumuotų atliekų aktyvumui, jose dėl radiolizės vyksta dujų išsiskyrimas, kurių 95 % sudaro vandenilis. Eksperimentiniu būdu nustatyta, kad:

- esant sugertosios dozės vertei mažesnei, nei $0,1\text{ MGy}$, radiolizės efektas dujų susidarymui, išbrinkimui, kietėjimui, įšilimui ir atsparumo išplovimui pokyčiams – nežymus.
- esant sugertosios dozės vertei $0,1\text{--}2\text{ MGy}$ intervale, dujų išsiskyrimas turi būti įvertintas bitumuotų atliekų pakavimo metu, pavyzdžiui, užtikrinama galimybė dujoms laisvai išeiti iš pakuotės ir paliekama pakankamai papildomos erdvės dėl atliekų išbrinkimo. Bitumuotų atliekų pakuotės mechaninės savybės ar atsparumas išplovimui kinta nežymiai.
- kai sugertosios dozės vertės dar didesnės ($2\text{--}10\text{ MGy}$ intervale), atliekų išbrinkimas bus pakankamai didelis.

Ataskaitoje [80] nurodyta, kad sugertoji dozė, atitinkanti 158 statinyje esančių atliekų nuklidinę sudėtį, yra žymiai mažesnė už aukščiau apibrėžtą ribinę 2 MGy dozę, todėl galėtų būti padaryta išvada, kad išbrinkimas nevyksta.

Bitumuotų RA sugertoji dozė dėl jose esančių radionuklidų radioaktyviojo skilimo, per tam tikrą laiką tarpą t , gali būti įvertinta pagal išraišką [73]:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{k_1 \times k_2 \times C_{0i} \times (1 - e^{-\lambda_i \times t})}{\lambda_i} \times (E_{\alpha_i} \times k_{\alpha} + E_{\beta_i} \times k_{\beta} + E_{\gamma_i} \times k_{\gamma}),$$

kur:

D – sugertoji dozė, Gy;

k_1 – koeficientas perskaičiuojant metus į sekundes, s/metai;

k_2 – koeficientas perskaičiuojant elektronvoltus į džaulius, J/eV;

C_{0i} – radionuklido i pradinis savitasis aktyvumas, Bq/kg

λ_i – radionuklido i radioaktyviojo pusėjimo konstanta, 1/metai;

t – laikas, metai;

E_{α_i} – alfa dalelės, atsirandančios radionuklido i radioaktyviojo skilimo metu, energija, eV/skilimui;

E_{β_i} – beta dalelės, atsirandančios radionuklido i radioaktyviojo skilimo metu, energija, eV/skilimui;

E_{γ_i} – alfa dalelės, atsirandančios radionuklido i radioaktyviojo skilimo metu, energija, eV/skilimui;

k_{α} – koeficientas parodantis kuri dalis alfa skilimo energijos sugerama bitumuotose RA, -;

k_{β} – koeficientas parodantis kuri dalis beta skilimo energijos sugerama bitumuotose RA, -;

k_{γ} – koeficientas parodantis kuri dalis gama skilimo energijos sugerama bitumuotose RA, -;

n – radionuklidų skaičius bitumuotose RA.

Sugertoji dozė įvertinta priėmus konservatyvias: begalinį laiką ir tariant, kad visa radioaktyviojo skilimo metu atsiradusių dalelių energija yra sugerama pačiose atliekose, t. y. neatsižvelgiant į galimą radionuklidų sklaidą iš atliekyno į aplinką. Tuo atveju, kai i -tasis radionuklidas skyla ne į stabilų nuklidą, o į radioaktyvųjį, vertinama visų jo skilimo grandinėleje esančių dukterinių radionuklidų skilimo energija, t. y. dukterinių radionuklidų skilimo energija pridedama prie motininio radionuklido skilimo energijos, atsižvelgiant į kiekvieno iš jų skilimo kanalo tikimybę (angl. *branching ratio*). Sugertosios dozės vertinimo suvestinė, atsižvelgus į bitumuotose RA esančius radionuklidus ir jų maksimalius savituosius aktyvumus, yra pateikta 7.3 lent.

7.3 lent. 158 statinio bitumuotose RA esančių radionuklidų sąlygota sugertoji dozė

Radionuklidas	Maks. savitasis aktyvumas *, Bq/kg	Skilimo energija, MeV/skilimui	Sugertoji dozė, MGy	Sugertoji dozė, %
^{14}C	7,87E+05	0,0495	1,62E-03	1,71E+00

Radionuklidai	Maks. savitasis aktyvumas *, Bq/kg	Skilimo energija, MeV/skilimui	Sugertoji dozė, MGy	Sugertoji dozė, %
³⁶ Cl **	2,80E+02	0,2733	1,68E-04	1,78E-01
⁵⁵ Fe	7,73E+04	0,0058	8,95E-09	9,48E-06
⁶⁰ Co	2,16E+06	2,6007	2,16E-04	2,29E-01
⁵⁹ Ni	6,04E+02	0,0069	3,07E-06	3,25E-03
⁶³ Ni	1,03E+06	0,0174	1,31E-05	1,39E-02
⁹⁰ Sr ***	2,05E+04	1,1288	4,87E-06	5,15E-03
⁹⁴ Nb	4,23E+03	1,7265	1,08E-03	1,14E+00
⁹⁹ Tc	1,91E+04	0,1013	2,98E-03	3,15E+00
¹²⁹ I	3,12E+01	0,0902	3,22E-04	3,41E-01
¹³⁴ Cs	1,11E+07	1,7190	2,87E-04	3,04E-01
¹³⁷ Cs ***	4,76E+07	0,813041	8,51E-03	9,00E+00
²³⁴ U ***	1,72E-01	42,57717	1,31E-05	1,39E-02
²³⁵ U ***	4,15E-03	38,62569	8,23E-04	8,71E-01
²³⁸ U ***	5,02E-02	47,75547	7,82E-02	8,27E+01
²³⁷ Np ***	6,76E-03	44,50139	4,70E-06	4,98E-03
²³⁸ Pu ***	2,65E+010	48,17017	8,18E-07	8,65E-04
²³⁹ Pu ***	2,42E+010	43,86989	1,87E-04	1,98E-01
²⁴⁰ Pu ***	3,05E+010	50,17439	7,32E-05	7,75E-02
²⁴¹ Pu ***	1,85E+03	50,14456	9,73E-06	1,03E-02
²⁴¹ Am ***	5,82E+01	50,13929	9,20E-06	9,74E-03
Iš viso:			0,094	100
* – maksimalus savitasis aktyvumas 2019-09-01 datai (žr. 7.5 lent.) padaugintas iš 10; maksimalus savitasis aktyvumas radionuklidams Co-60 ir Cs-134 yra kanjone Nr. 11, o visiems likusiems – kanjone Nr. 6.				
** – papildomas radionuklidai Cl-36 su savituoju aktyvumu 2,80E+02 Bq/kg (7.5 lent. nepateiktas).				
*** – pateikta skilimo energija apima ir visų skilimo grandinės dukterinių radionuklidų skilimo energijas.				

Iš 7.3 lent. pateiktų duomenų matyti, kad konservatyviai įvertinta suminė sugertoji dozė bitumuotose RA neviršija 0,0945 MGy ir yra mažesnė už 0,1 MGy ribą, iki kurios dujų susidarymui, brinkimui, kaitimui bei išplovimo atsparumui įtakos praktiškai nėra [73].

Priėmus konservatyvias prielaidas, dokumente [81] buvo įvertinta, kad saugyklos kanjonuose esančiose bitumuotose atliekose vandenilio susidarymas dėl radiolizės – nežymus. Remiantis apskaičiavimų rezultatais nustatyta, kad sukelti sproginimą vandenilio koncentracija kanjonuose nesudarys.

Remiantis saugyklos projekto rekomendacijomis, periodiškai kartą per ketvirtį atliekami vandenilio koncentracijos matavimai 158 statinio kanjonuose. Pagal matavimų rezultatus yra rengiami protokolai. Per visą matavimų laikotarpį nuo 2001 metų, iki šių dienų, saugyklos kanjonuose vandenilio nebuvo aptikta. Iš saugyklos kanjonų paimto oro mėginiuose vandenilio koncentracija sudarė 0% (tūrinė), kuomet ribinė vertė yra 0,4% (tūrinė). Oro mėginiuose vandeniliui matuoti

naudojamas dujų analizatorius Multiwarn (DEKRA), kurio paklaida yra 0,1% išmatuotos vertės [82, 83, 84]. .

Tačiau priimant, kad dujų susidarymo galimybė bitumuotose atliekose išlieka, planuojamo atliekyno koncepcijoje yra numatytas dujų ventiliavimo sluoksnis (žr. 7.8 lent.).

7.1.1.4.2 *Biologinis irimas*

Ataskaitos [73] duomenimis, bitumo biologinis irimas yra lėtas procesas anaerobinėmis sąlygomis, bet žymiai greitesnis aerobinėmis sąlygomis. Nustatyta, kad anaerobinėmis sąlygomis irimo greitis buvo dvejomis dydžio eilėmis mažesnis. Numatoma, kad po atliekyno uždarymo per jo priežiūros laikotarpį atliekyne vyraus anaerobinės sąlygos, . todėl tikėtina, kad biologinio irimo įtaka radionuklidų išsiskyrimo iš bitumo matricos greičiui bus nedidelė. Tą patvirtina ir gamtinio bitumo bei gamtinio bitumo analogų ilgalaikio stabilumo tyrimai, nurodantys, kad bitumas išlieka stabilus ilgiau nei 10^4 – 10^7 metų [73]. Eksperimentai, atlikti su „švaraus“ bitumo ir bitumo/natrio nitrato mišinio neradioaktyviais ėminiais, parodė, kad optimaliomis mikrobu dauginimosi sąlygomis irimo procesas po vienerių metų laikotarpio apims 3 μm storio sluoksnį. Kitų tyrimų skelbiami rezultatai, kad buvo pažeista 25 μm „švaraus“ bitumo ėminio sluoksnio, praėjus trijų metų laikotarpiui. Reziumuojant padarytą literatūros apžvalgą ataskaitoje [73], padaryta išvada, kad mikroorganizmų poveikis ilgalaikėms bitumuotų atliekų savybėms gali būti nežymus.

7.1.1.4.3 *Senėjimas*

Šiluminis poveikis, nusėdimas. Dauguma bitumo rūšių yra klampi medžiaga kambario ar aukštesnėje temperatūroje. Ataskaitos [74] duomenimis dėl skirtingų bitumo ir į juos patalpintų dalelių (išgarintų druskų ar jonų mainų dervų) tankių teoriškai galimas dalelių nusėdimas, kai atliekos stovi ilgą laikotarpį. Nusėdimo proceso poveikis visų pirma būtų toks, kad atliekų dalelės pasišalintų iš viršutinio sluoksnio ir pradėtų kauptis apatiniame atliekų matricos sluoksnyje. Toks kaupimasis padarytų atliekų matricą labiau pralaidžią vandeniui ir padidintų vandens sugėrimą. Tačiau kambario ar žemesnėje temperatūroje nusėdimas yra per lėtas ir nereikšmingas procesas kelių šimtų metų laikotarpyje.

Fizinis senėjimas. Pagrindinis senėjimo poveikis pasireiškia tuo, kad bitumas tampa kietesnis ir trapesnis, o tai gali sąlygoti trūkinėjimą [73]. Numatoma, kad svarbiausias senėjimo procesas trumpalaikėje perspektyvoje yra oksidacija. Tačiau atliekyno sąlygos tam nėra palankios (tamsa ir anaerobinė aplinka). Deguonis gali prasiskverbti tik į ploną netoli matricos paviršiaus esantį sluoksnį. Bitumo matricos tūris, kurį veikia oksidacija, yra mažas palyginus su tūriu, kurį veikia vandens sugėrimas. Priešingai nei oksidacija, bitumo kietėjimas, kurį sukelia molekulių perskirstymas ar

angliavandenilių garavimas, vyksta visame bitumo tūryje. Iš pradžių vandens sugėrimo greičiui kietėjimo procesas neturi įtakos, tačiau bitumui kietėjant ir atliekoms brinkstant gali sumažėti gebėjimas deformuotis. Medžiagoje gali atsirasti mažų įtrūkimų. Tai savo ruožtu padidina vandens sugėrimo, brinkimo ir radionuklidų išsiskyrimo greitį. Ataskaitoje [74] aprašomas tyrimas, kai „švaraus“ bitumo, bitumuotų atliekų ėminių klampumo kitimas prie 20 °C buvo stebimas vienerių metų laikotarpyje. Daugeliu atvejų klampumas padidėdavo 1,5–2 kartus, ir tai yra žymiai mažiau, palyginus su klampumo padidėjimu nuo penkių iki dešimties kartų tuo atveju, kai į „švarų“ bitumą buvo įmaišyta radioaktyviųjų atliekų.

Cheminis senėjimas. Studijoje [74] pabrėžiama, kad yra daugybė galimų cheminių sąveikų tarp bitumuotų atliekų ir juos supančių inžinerinių barjerų. Tačiau daroma išvada, kad nepanašu, jog barjerai galėtų sudegraduoti dėl cheminių sąveikų su bitumuotomis atliekomis.

Ataskaitoje [74] paminėtas atskiras cheminio senėjimo atvejis, prisidedantis prie matricos trapumo padidėjimo – tai lakių organinių komponentų išgaravimas iš jos. Tačiau šis procesas yra nereikšmingas, nes dauguma atvejų yra naudojamas bitumas, kuris įprastoje atliekų saugojimo temperatūroje pasižymi kaip stabilios masės medžiaga. Iš bitumo panaudojimo kitiems (nei RA bitumavimas) tikslams tyrimų nustatyta, kad ši medžiaga reaguoja su atmosferos deguonimi. Šis procesas yra lėtas tamsiomis sąlygomis ir santykinai greitas saulės šviesoje. Šio proceso pasėkoje susiformuoja kietas ir trapus paviršinis sluoksnis. Tačiau šis procesas bitumuotų atliekų atveju yra nesvarbus, nes jos parastai saugomos ar šalinamos tokioje aplinkoje, kurioje saulės šviesos nebūna.

7.1.1.4.4 Vandens sugėrimas

Nepaisant to, kad bitumas yra hidrofobinė medžiaga, vanduo gali būti transportuojamas į bitumo matricą [73]. Šis procesas paprastai apibūdinamas kaip vandens garų difuzija. Vandens sugėrimas vyksta ne tik vandens prisotintose sistemose, bet ir drėgname ore. Gryname bitume vandens sugėrimas yra nereikšmingas. Tačiau, kadangi bitumuojamos atliekos dažnai yra higroskopiškos (pvz., druskos), egzistuoja varomoji jėga vandens garams patekti į bitumo matricą. Atliekos vienalytėje bitumo fazėje pasklinda dalelių forma. Vandens garai į atliekų daleles gali pasklisti per jas supantį bitumo sluoksnį. Kai atliekų dalelės absorbuoja vandenį, jos pradeda brinkti.

Galimas brinkimas bus glaudžiai susijęs su naudojamu atliekų apdorojimo procesu. Dokumente [75] bitumuotoms atliekoms yra nustatytas galimas ne didesnis kaip 3% (pagal tūrį) brinkimas, po 90 dienų laikotarpio bandinio išlaikymo vandenyje. Dokumente [73] nurodyta, kad bitumuotose atliekose, turinčiose natrio druskų (NaNO_3) dalelių (kaip ir IAE atliekų atveju) tūris įsotinimo vandeniui atveju gali padidėti 3,5%.

Dalelių brinkimas gali turėti keletą pasekmių [73]:

- matricoje susidarys vidiniai įtempiai;
- gali išaugti bitumo matricos dydis;
- atstumas tarp dalelių ir tuo pačiu bitumo sluoksnio storis tarp jų gali sumažėti.

Ignalinos AE bitumuotų atliekų, padėtų į kanjonus, atveju dėl brinkimo tikėtinas santykinai nedidelis atliekų tūrio padidėjimas.

Kai susigers pakankamas vandens kiekis, susidarys atviras susisiekiantis poringumas. Tai gali įvykti dviem būdais [73]:

- vidinės įtampos sąlygoja įtrūkių ir plyšių susidarymą;
- atliekų dalelės gali didėti tol, kol ims liestis viena su kita.

Vandens sugėrimo procesas priklauso daugiausia nuo atliekų kiekio matricoje, atliekų sudėties ir bitumo tipo. Kiti veiksniai, darantys įtaką vandens sugėrimui, yra atliekyno sąlygos, pvz., temperatūra, medžiagos, supančios matricą, ir tūris, kuris gali išbrinkti. Įtrūkimai ir atviros poros lemia didesnę vandens pernašą į matricą [73]. Buvo nustatyta, kad bitumuotose atliekose sugerto vandens kiekis yra proporcingas laiko kvadratinei šakniai. Ataskaitoje [73] išanalizuoti duomenys rodo, kad vandens sugėrimas turėtų būti labai lėtas procesas, todėl turėtų praeiti daug laiko (nuo kelių šimtų iki tūkstančio metų), kol prasiskverbęs vanduo ženkliai paveiktų atliekas matricoje.

Išsamūs vandens sugėrimo bitumuotose atliekose, turinčiose tirpių druskų, tyrimai buvo atlikti Riso nacionalinėje laboratorijoje, Danijoje. Buvo ištirti įvairūs druskų ir bitumo mišiniai, ir „sintetiniai“, pagaminti laboratorijose, ir tikrų atliekų, pagamintų bitumavimo įrenginyje. Tyrimų metu įvertintas vandens sugėrimo greitis buvo 0,1–2 mm/metai^{1/2} intervale. Buvo pastebėta, kad vandens sugėrimas realiose atliekose yra didesnis nei susintetintose [80]. Atsižvelgus į IAE bitumuotų atliekų savybes, radionuklidų sklaidos analizėje priimtas vandens sugėrimo greitis lygus 1 mm/metai^{1/2} [80].

Planuojamo atliekyno saugos pagrindimo vertinimuose yra priimta konservatyvi prielaida, kad visa atliekų šalinimo sistema yra įsotinimo vandeniui būsenoje iš karto po atliekyno uždarymo, įskaitant ir tai, kad tuoj po atliekyno uždarymo dėl į bitumo matricą susigėrusio pakankamo vandens kiekio joje jau yra susiformavusios poros ir vyksta radionuklidų išplovimas.

7.1.1.4.5 Išplovimas

Sąvoka „išplovimas“ daugiausia vartojama nurodant bitumo matricoje imobilizuotų radioaktyviųjų komponentų išsiskyrimą [73]. Ataskaitoje [73] nurodoma, kad išsiskyre radionuklidai gali būti ištirpę arba jie gali sorbuoti, nusėsti ar sudaryti kompleksus. Radionuklidų geba difunduoti

nepažeistame bitume yra nežymi. Todėl porų arba įtrūkimų tinklas matricoje yra būtinas, kad išsiskirtų nuklidai. Kaip aptarta ankstesniuose skyriuose, yra keli tokio atviro poringumo susidarymo mechanizmai. Kai susiformuoja susisiekiantis poringumas, radionuklidai ištirpsta ir difuzijos būdu išsiskiria iš bitumo matricos. Galima laikyti, kad didelio tirpumo radionuklidai garintuvo koncentrate išsiskiria tuo pačiu greičiu, kaip didelio tirpumo druskos. Mažai tirpūs radionuklidai ir nuklidai mažai tirpiose druskose gali likti porų sistemoje ilgą laiką. Supaprastintame modelyje galima nustatyti du skirtingus atvejus [73]:

- didelio tirpumo radionuklidų išsiskyrimą lemia atvirų porų susidarymo greitis.
- mažai tirpių radionuklidų ir nuklidų mažai tirpiose druskose išsiskyrimą lemia radionuklidų tirpimo greitis.

Pagal ataskaitos [73] duomenis išsiskyrimo greitis priklauso nuo bitumo rūšies, atliekų rūšies, atliekų įkrovimo, nuklidų tūrinio aktyvumo tirpale ir visų veiksnių, įtakančių radionuklidų gebą difunduoti (pvz., temperatūros). Kompleksų susidarymas gali padidinti išsiskyrimo greitį. Priešingai, radionuklidų sorbcija bitume arba netirpiose druskose ją sumažins. Radionuklido gebą būti išplautam charakterizuoja jo išplovimo greitis. Kuo mažesnis išplovimo greitis, tuo sunkiau nuklidas išsiskiria iš matricos. Išplovimo greitis paprastai būna didesnis iš kieto bitumo sudarytoms bitumo matricoms, nei sudarytosioms iš minkšto bitumo. Išplovimo greitis didėja, augant mineralizacijos laipsniui. Taip gali būti dėl plonesnio druskos kristalus supančio bitumo sluoksnio, didėjant druskos kiekiui. Remiantis eksperimentų duomenimis įvertinta, kad iš 200 litrų statinės su bitumuotu koncentratu Na^+ ir NO_3^- bus išplauti atitinkamai mažiau nei per 13 000 ir 20 000 metų. Mažo tirpumo nuklidams išplovimo greitis bus netgi mažesnis. Įvertinus tai, kad radionuklidų sulaikymui bitumo matricoje gali turėti įtakos ilgalaikiai procesai (bitumo senėjimas, radiolizė), bitumo kompaundui, kaip efektyviai funkcionuojančiam barjerui, labiau būtų pagrįstas laikotarpis, trunkantis nuo kelių šimtų iki tūkstančio metų [73].

7.1.1.4.6 Dujų susidarymas

Pagal bendrą susitarimą priimta, kad vertinant saugą būtina atsižvelgti į tris galimus žymaus dujų išsiskyrimo atliekynuose šaltinius [85]. Tai:

- a) metalų (plieno) korozija;
- b) organinių medžiagų mikrobinis irimas; ir
- c) radiolizė.

Aplinkoje, kurioje nėra ištirpusio deguonies, gali vykti vandenilį išskirianti korozija, kurios metu reaguojant geležiai su vandeniu susidaro magnetitas ir vandenilio dujos (bendroji reakcija: 3Fe

+ 4H₂O → Fe₃O₄ + 4H₂(d)). Ši reakcija prasidės tik tada, kai aerobinė korozija arba kita tokia deguonį naudojanti reakcija, kaip mikrobinis irimas, sunaudos deguonį, kuris bus atliekyne po jo uždarymo. Pradžioje plieno anaerobinė korozija vyksta gana greitai, bet, paviršiui pasidengus plonu magnetito sluoksniu, sparčiai lėtėja. Po keleto tūkstančio valandų, netgi agresyviausiame vandenyje anaerobinės plieno korozijos sparta siekia apie 0,1 μm/metus [86]. Esant didžiausiai išmatuotajai ilgalaikės korozijos spartai, vandenilio dujų išsiskyrimo greitis siekia apie 0,5 dm³/(m²·metus) [86]. Griežtai anaerobinės sąlygos kanjone yra mažai tikėtinos, kadangi į atliekyną įsifiltravusiam vandenyje bus ištirpusio deguonies. Be to, betono armatūrą nuo korozijos saugo cemento ir plieno kontaktiniame paviršiuje vykstančios cheminės reakcijos ir jų metu plieno paviršiuje susidarantis apsauginis sluoksnis bei didelio šarmingumo (didelės pH reikšmės) sąlygojamas pasyvumas, o taip pat betono danga, skirianti nuo aplinkos. Taigi, galimybė, kad vyks anaerobinė korozija ir išsiskirs vandenilio dujos, yra labai maža.

Vandenilis yra puikus energijos šaltinis daugeliui mikroorganizmų [87] ir jiems dalyvaujant gali reaguoti su įvairiais junginiais (pvz., sulfidais, azotu, nitritais, metanu, acetatais ir įvairiais kitais organiniais junginiais). Be to, organinių junginių sintezės metu daugeliui vandenilio naudotojų anglies dioksidas yra anglies šaltinis. Bendrai galima tikėtis išsiskiriant tam tikro dujų kiekio (vandenilio ar anglies dioksido), tačiau, kaip pastebėta literatūroje [88], mikrobiologinis bitumo irimas bus lėtas ir nereikšmingas procesas.

Dujų išsiskyrimas dėl bitumuočių atliekų radiolizės aptartas ankstesniame, 7.1.1.4.1 skyrelyje.

7.1.1.5 Kiekiai

Atliekų kiekiai kanjonuose atitinkamais jų užpildymo laikotarpiais pateikti 7.4 lentelėje.

7.4 lent. Kanjonų užpildymo eiga ir atliekų kiekiai [37]

Kanjono Nr.	Užpildymo laikotarpis	Tūris, m ³	Masė, kg
1 (UF44B01)	1987–1989	1 963	2,34E+06
2 (UF44B02)	1989–1990	2 054	2,47E+06
12 (UF59B01)	1991	844	1,01E+06
3 (UF44B03)	1992–1994	1 964	2,36E+06
4 (UF44B04)	1994–1996	1 745	2,09E+06
5 (UF45B01)	1996–2001	2 002	2,40E+06
6 (UF45B02)	2001–2006	1 862	2,25E+06
10 (UF59B03)	2007–2014	1 950	2,34E+06

Kanjono Nr.	Užpildymo laikotarpis	Tūris, m ³	Masė, kg
11 (UF59B02)	2015	38	3,96E+04

Iš viso: ~14 422 ¹⁾ 1,73E+07

¹⁾ Įtraukta viršutinio ir apatinio apsauginių sluoksnių bitumo tūris.

1989–2015 m. laikotarpiu saugykloje sukaupta apie 14 422 m³ bitumuotų RA.

7.1.1.6 Aktyvumai

Duomenys apie bitumuotų radioaktyviųjų atliekų nuklidinę sudėtį bei jų aktyvumą, pagal dokumentų [37–39] informaciją, pateikti 7.5 lentelėje. Radionuklidų aktyvumai įvertinti 2019 m. rugsėjo 1 dienai.

Iš 7.5 lentelės matyti, kad bendrąjį atliekų aktyvumą daugiausiai lemia ¹³⁷Cs radionuklido aktyvumas, lygus 2,85E+13 Bq.

7.5 lent. Deklaruojamų radionuklidų aktyvumai užpildytuose 158 statinio kanjonuose, įvertinti 2019 m. rugsėjo 1 d.

Radio-nuklidas	Bendrasis aktyvumas (Bq) kanjonuose									
	1	2	12	3	4	5	6	10	11	Suma
¹⁴ C	2,05E+10	6,89E+08	1,15E+10	1,97E+10	5,22E+10	1,09E+11	1,77E+11	2,72E+10	2,69E+08	4,18E+11
⁵⁵ Fe	2,90E+09	2,90E+09 ¹⁾	5,25E+08	7,12E+08	1,31E+09	5,54E+09	1,74E+10	1,57E+10	2,62E+08	4,72E+10
⁶⁰ Co ²⁾	1,60E+08	6,12E+09	1,56E+08	3,99E+08	2,18E+09	1,33E+10	3,08E+10	1,40E+11	8,57E+09	2,02E+11
⁵⁹ Ni	2,26E+07	1,70E+07	4,09E+06	5,56E+06	1,02E+07	4,32E+07	1,36E+08	1,22E+08	2,04E+06	3,63E+08
⁶³ Ni	3,86E+10	1,81E+09	6,99E+09	9,48E+09	1,74E+10	7,38E+10	2,32E+11	2,09E+11	3,49E+09	5,93E+11
⁹⁰ Sr	7,70E+08	5,61E+08	1,39E+08	1,89E+08	3,47E+08	1,47E+09	4,62E+09	4,15E+09	6,95E+07	1,23E+10
⁹⁴ Nb	1,59E+08	1,20E+08	2,86E+07	3,89E+07	7,15E+07	3,03E+08	9,52E+08	8,56E+08	1,43E+07	2,54E+09
⁹⁹ Tc	7,17E+08	5,20E+08	1,29E+08	1,76E+08	3,23E+08	1,37E+09	4,30E+09	3,87E+09	6,46E+07	1,15E+10
¹²⁹ I	1,17E+06	8,50E+05	2,11E+05	2,87E+05	5,27E+05	2,23E+06	7,02E+06	6,31E+06	1,05E+05	1,87E+07
¹³⁴ Cs ³⁾	5,32E+06	1,55E+07	1,30E+07	7,22E+07	1,74E+08	1,14E+09	1,46E+10	3,31E+11	4,39E+10	3,91E+11
¹³⁷ Cs	1,78E+12	1,30E+12	3,22E+11	4,37E+11	8,03E+11	3,40E+12	1,07E+13	9,61E+12	1,61E+11	2,85E+13
²³⁴ U	6,45E+03	4,70E+03	1,16E+03	1,58E+03	2,91E+03	1,23E+04	3,87E+04	3,48E+04	5,82E+02	1,03E+05
²³⁵ U	1,56E+02	1,10E+02	2,81E+01	3,82E+01	7,01E+01	2,97E+02	9,34E+02	8,39E+02	1,40E+01	2,49E+03
²³⁸ U	1,89E+03	1,40E+03	3,41E+02	4,64E+02	8,52E+02	3,60E+03	1,13E+04	1,02E+04	1,70E+02	3,02E+04
²³⁷ Np	2,53E+02	1,90E+02	4,57E+01	6,21E+01	1,14E+02	4,83E+02	1,52E+03	1,37E+03	2,28E+01	4,06E+03
²³⁸ Pu	9,95E+05	7,24E+05	1,80E+05	2,44E+05	4,48E+05	1,90E+06	5,97E+06	5,36E+06	8,97E+04	1,59E+07
²³⁹ Pu	9,08E+05	6,60E+05	1,64E+05	2,23E+05	4,09E+05	1,73E+06	5,45E+06	4,89E+06	8,18E+04	1,45E+07

Radio-nuklidai	Bendrasis aktyvumas (Bq) kanjonuose									
	1	2	12	3	4	5	6	10	11	Suma
²⁴⁰ Pu	1,14E+06	8,39E+05	2,06E+05	2,80E+05	5,15E+05	2,18E+06	6,86E+06	6,16E+06	1,03E+05	1,83E+07
²⁴¹ Pu	6,95E+07	5,02E+07	1,25E+07	1,71E+07	3,13E+07	1,33E+08	4,17E+08	3,75E+08	6,27E+06	1,11E+09
²⁴¹ Am	2,18E+06	1,56E+06	3,92E+05	5,34E+05	9,80E+05	4,15E+06	1,31E+07	1,17E+07	1,96E+05	3,48E+07

Iš viso: **1,84E+12 1,31E+12 3,41E+11 4,68E+11 8,77E+11 3,61E+12 1,12E+13 1,03E+13 2,18E+11 3,02E+13**

¹⁾ Kadangi 2 kanjonas buvo pildomas panašiu laiku, priimta vertė, tokia pati kaip ir 1-ajame kanjone.

²⁾ Priimtoms vertėms, pateiktoms dokumente [38], perskaičiuotos 2019 m. rugsėjo 1 d.

³⁾ Priimtoms vertėms, pateiktoms dokumente [37], perskaičiuotos 2019 m. rugsėjo 1 d.

Šiame etape bitumuotų atliekų Cl-36/Co-60 santykis buvo priimtas kaip 1 grupės ir 2 grupės kietųjų radioaktyviųjų atliekų ($2,40E-03$). Tuomet bendra Cl-36 aktyvumo vertė 2019-09-01 yra $4,848E+08$ Bq. Ateityje bus atliekami Cl-36 matavimai bituminėse atliekose ir šie atnaujinti duomenys bus naudojami rengiant PSAA Techninio projektavimo etape.

Nuklidinio vektoriaus nustatymo metu [40] radionuklidai Ag-108m, Am-243, Cs-135, Se-79 ir Cm-244 buvo atmesti pagal radionuklidų radiotoksiškumo santykio su atraminio radionuklido C-60 radiotoksiškumu kriterijų. Šis kriterijus pagrįstas TATENA saugos vadove [41], radiacinės saugos standartais [42] ir TRST rekomendacijomis [43]. Rekomenduojama 10^{-3} kriterijaus ribinė vertė, tačiau konservatyvesnė 10^{-5} vertė buvo naudojama [40] atliekant radionuklidų, nustatytų modeliuojant panaudoto branduolinio kuro rinkinį RBMK-1500, atranką.

Pastaba: atsižvelgiant į radionuklidų vektoriaus neapibrėžtis, taip pat į neapibrėžtis dėl netolygaus radionuklidų aktyvumo pasiskirstymo kanjonuose, saugos analizei spinduliuotės šaltinio aktyvumo reikšmės (žr. 10.1 lent.) konservatyviai apibrėžiamos viena dydžio eile didesnės, negu pateikta 7.5 lentelėje.

7.1.2 Smėlio-žvyro RA

7.1.2.1 Atliekų kilmė ir kiekis

Reaktoriaus šachta, kurios skerspjūvis yra $21,6 \times 21,6$ m tarp didžiojo ir mažojo vandens bakų (išorinis skersmuo 19,0 m) ir šachtos sienų (11,6 m aukščio) užpildyta smėlio-žvyro mišiniu [33].

Pagal pateiktus duomenis smėlio-žvyro mišinio tūris per abu blokus yra apie 5 000 m³. Įvertinus projekcinį 1 300 kg/m³ smėlio tankį tai sudarytų apie 6 500 tonų [33].

7.1.2.2 Atliekų fizinės savybės

Realiai bandymais nustatytas smėlio-žvyro tankis, yra didesnis (dėl didesnio drėgnumo, dėl stambesnių smėlio-žvyro frakcijų) todėl tikėtina jo masė būtų apie 8 300 tonų. Tokiu atveju realus išmatuotas smėlio-žvyro tankis yra apie 1 650 kg/m³ [33].

7.1.2.3 Atliekų radiologiniai duomenys

1-ojo bloko atliekų (betono, smėlio, serpentinito) radiologiniai tyrimai atlikti dar 2012 metais.

Pagal IAE pateiktus duomenis smėlio-žvyro bandinių radiologiniai matavimai [33] parodė, kad:

- yra smėlio užpildymo netolygumas pagal aukštį 0,4–1,5 m ir radiologinių parametru padidėjimas paviršiniame 0,5 m sluoksnyje;
- bendrai gama spinduliuotės ekvivalentinė dozės galia (EDG) neviršija 0,16 $\mu\text{Sv/h}$, lokaliai maksimalios vertės siekia 2,8 $\mu\text{Sv/h}$ ir 0,24 $\mu\text{Sv/h}$;
- smėlio bandiniuose identifikuoti gamtiniai (natūralūs) radionuklidai su šiomis vidutinėmis savitųjų aktyvumų vertėmis: K-40 – 706,13 Bq/kg, Ra-226 – 15,74 Bq/kg, Th-232 – 19,35 Bq/kg;
- pagrindiniai technogeniniai radionuklidai aptikti atliekose yra Cs-137 ir Co-60;
- smėlio bandiniuose nustatytos pagrindinių technogeninių radionuklidų maksimalios savitųjų aktyvumai aktyvumų vertės yra šios: Co-60 – 12,71 Bq/kg ir Cs-137 – 32,03 Bq/kg;
- paviršiniame 0,5 m smėlio sluoksnyje Co-60 savitojo aktyvumo maksimalios vertės siekia 28 060 Bq/kg ir Cs-137 – 1 043 Bq/kg.

2-ojo bloko atliekų (betono, smėlio, serpentinito) radiologiniai tyrimai atlikti 2018 metų pabaigoje. Pagal IAE ataskaitoje pateiktus duomenis smėlio-žvyro bandinių radiologiniai matavimai [33] parodė, kad:

- gama spinduliuotės ekvivalentinė dozės galia neviršija 0,16 $\mu\text{Sv/h}$;
- smėlio bandiniuose (74 vnt.) aptikti gamtiniai (natūralūs) radionuklidai su šiomis vidutinėmis savitųjų aktyvumų vertėmis: K-40 – 540,04 Bq/kg, Ra-226 – 29,4 Bq/kg, Th-232 – 24,56 Bq/kg;
- pagrindiniai technogeniniai radionuklidai yra Cs-137 ir Co-60;
- prie didesnių EDG pagrindinių technogeninių radionuklidų nustatytos šios vidutinės savitųjų aktyvumų vertės: Co-60 – 12,25 Bq/kg (iš 47 bandinių) ir Cs-137 – 10,68 Bq/kg (iš 46 bandinių).

7.1.2.4 Atliekų klasės

Pagal atliktus 1-ojo ir 2-ojo bloko radiologinius matavimus IAE smėlio-žvyro RA pagal naująją atliekų klasifikavimo sistemą klasifikuojamos [33]:

- 1-ajame bloke, kaip sąlyginai neradioaktyvios atliekos (90%), kas atitiktų 0 klasę, o likę 10% priskiriamos A klasei;
- 2-ajame bloke visos smėlio-žvyro atliekos priskiriamos 0 klasei.

Nebekontroliuojamos atliekos (0 klasės) tvarkomos ir šalinamos vadovaujantis reikalavimų nuostatomis [36].

Labai mažai radioaktyvios atliekos (A klasės) šalinamos paviršiniame atliekyne (LMAA).

7.1.2.5 Atliekų nuklidinis vektorius

Iš radiologinio A1 bloko konstrukcijų ir sistemų įvertinimo buvo nustatytas nuklidinis vektorius smėlio atliekoms: neaktyvuoto smėlio konstrukcijos charakterizuojamos šiuo nuklidų sąrašu: ^{14}C , ^{36}Cl , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{93m}Nb , ^{94}Nb , ^{93}Zr , ^{99}Tc , ^{110m}Ag , ^{129}I , ^{134}Cs , ^{135}Cs , ^{137}Cs , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm ; neaktyvuoto smėlio konstrukcijose nedeklaruojami ^3H , ^{91}Nb , ^{92}Nb , ^{93}Mo , ^{108m}Ag , ^{133}Ba , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{158}Tb , ^{166m}Ho , ^{232}U , ^{233}U , ^{236}U , ^{242m}Am , ^{243}Am , ^{246}Cm radionuklidai [33].

2018-01-01 datai nustatytas nuklidinis vektorius ir proporcingumo koeficientai A1 bloko smėlio užpildui pateikti 7.6 lentelėje.

7.6 lent. 2018-01-01 datai nustatytas nuklidinis vektorius A1 bloko smėlio užpildui [33]

Radionuklidas	Proporcingumo koeficientas
^{14}C	9,80E-03
^{36}Cl	1,00E-03
^{54}Mn	3,50E-02
^{55}Fe	7,20E+00
^{59}Ni	1,10E-01
^{60}Co	1,00E+00
^{63}Ni	1,20E+01
^{65}Zn	5,70E-09
^{90}Sr	3,50E-02
^{93m}Nb	2,80E-01
^{94}Nb	1,10E-02
^{93}Zr	1,10E-02
^{99}Tc	1,60E-04
^{110m}Ag	2,20E-08
^{129}I	2,40E-06

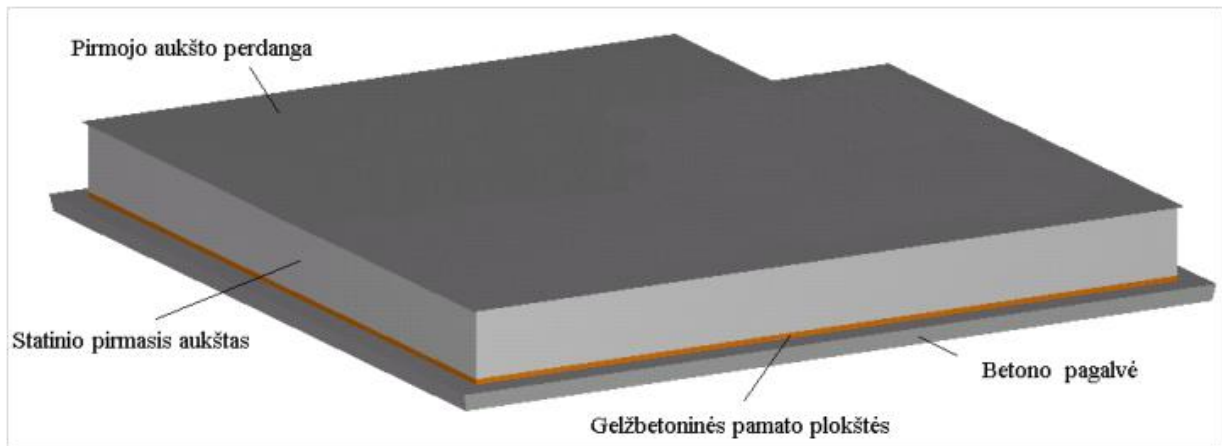
Radionuklidas	Proporcingumo koeficientas
^{134}Cs	1,70E-03
^{135}Cs	3,80E-06
^{137}Cs	8,60E-01
^{234}U	5,10E-07
^{235}U	1,30E-08
^{238}U	1,50E-07
^{237}Np	2,30E-08
^{238}Pu	1,20E-04
^{239}Pu	6,50E-05
^{240}Pu	8,40E-05
^{241}Pu	7,60E-03
^{241}Am	4,90E-04
^{244}Cm	2,80E-04

7.2 Atliekyno aprašymas

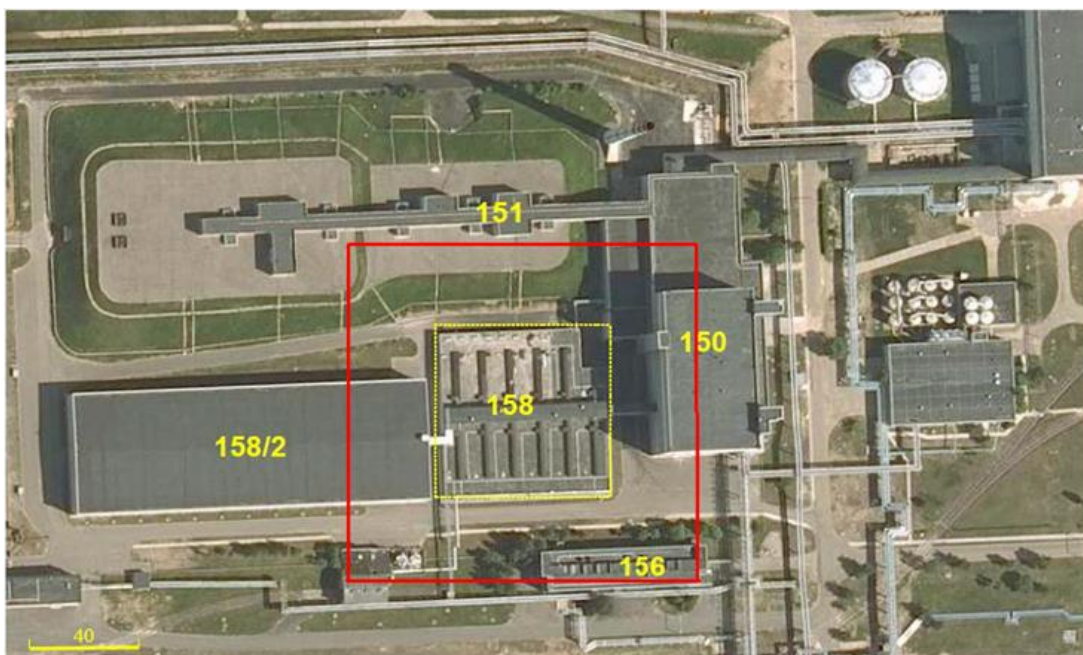
7.2.1 Saugyklos (158 statinio) rekonstravimas ir pervarkymas į atliekiną

IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) pervarkymas į atliekiną apims šias veiklas [33]:

1. Saugyklos remonto darbai ir tinkamos techninės būklės palaikymas (preliminariai 2020–2040 m.).
2. Saugyklos pamatinių plokščių apkrovimo išlyginimas (preliminariai 2025–2026 m.).
3. Saugyklos visų kanjonų užpildymas (preliminariai 2026–2027 m.).
4. Saugyklos II aukšto demontavimas (preliminariai 2026–2027 m.) (7.1 pav.).
5. Saugyklos visos perdangos ir visų išorinių sienų padengimas hidroizoliacine danga (preliminariai 2026–2027 m.).
6. Saugyklos konservavimas ir jos priežiūra (preliminariai 2027–2039 m.).
7. Šalia esamų 150, 151, 156 ir 158/2 pastatų demontavimas (preliminariai 2035–2039 m.).
8. Būsimo atliekyno inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupo) atramų ant statinio 158 perdangos įrengimas (preliminariai 2039–2040 m.).
9. Atliekyno inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupo) įrengimas (preliminariai 2039–2040 m.) (7.2 pav.).



7.1 pav. Statinio 158 – bitumuotų RA saugyklos pertvarkymas į atliekyną. Statinio 158 bendras vaizdas demontavus 2-ojo aukšto patalpas (supaprastinta schema) [33]



7.2 pav. Bitumuotų RA saugyklos (158 statinio) pertvarkymas į atliekyną. Raudona linija pažymėta 36 m pločio zona aplink statinį, kurią užims inžinierinis barjeras šlaito nuolydžiui esant 3:1 [33]

Išsamus IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos pertvarkymo į atliekyną pagrindinių veiklų aprašymas yra pateiktas ataskaitoje [33].

7.2.2 Inžinieriniai ir techniniai sprendimai bei priemonių pasiūlymai dėl Saugyklos 7-9 ir 11 kanjonų užpildymo ne bitumuotomis RA

Kuo tolygiau užpildyti statinio 158 (bitumuotų RA saugyklos) kanjonai, tuo tolygiau apkraunamos jos statybinės konstrukcijos, todėl tiek pertvarkant saugyklą į atliekyną, tiek ją užkonservuojant rekomenduotina likusius tuščius kanjonus (7-9 ir 11) užpildyti medžiagomis [33]. Kokias medžiagas (atliekas) būtų galima panaudoti saugyklos užpildymui lemia tokie pagrindiniai faktoriai: esamos saugyklos konstrukcijų mechaninis atsparumas, techninės atliekų patalpinimo galimybės ir galimas RA radiologinis bei toksinis poveikis. Dar viena svarbi saugyklos kanjonų užpildo savybė – kuo mažesnis higroskopiskumas, t. y. gebėjimas absorbcijos arba adsorbcijos būdu iš aplinkos pritraukti vandens molekules, nes Saugyklą aklinau užsandarinus dėl jos viduje esančios drėgmės gali suintensyvėti statybinių konstrukcijų senėjimo, armatūros korozijos ir pan. procesai [33].

Iš IAE esamų medžiagų, kuriomis būtų galima užpildyti likusius saugyklos kanjonus, techninėje specifikacijoje [37] nurodyti smėlis, betono atliekos ir serpentinitas.

Smėlis, kaip reaktorių zonos konstrukcinė medžiaga, yra RA su paviršiniu užterštumu. Pagal IAE atliktus ^{60}Co matavimus smėlio RA savitasis aktyvumas yra mažesnis, nei bitumuotų atliekų. Preliminariais skaičiavimais iš abiejų reaktorių jo kiekis sudarytų apie 5000 m³, taigi, juo būtų galima užpildyti šiek tiek daugiau nei 2 tuščius kanjonus iš esamų trijų, nevertinant dalinai užpildyto kanjono Nr. 11. Smėlio RA patalpinimas į kanjonus per Saugyklos perdangoje esančias angas techniškai neturėtų būti labai sudėtingas, problemų galėtų kilti nebent tik baigiamajame etape, kai pro santykinai nedidelę angą pilamą smėlį reikia paskleisti plonu sluoksniu po visą kanjono plotą [33].

Betono atliekos, kaip reaktorių zonos konstrukcinė medžiaga, taip pat priklauso atliekoms su paviršiniu užterštumu, kurių savitasis aktyvumas mažesnis nei bitumuotų atliekų. Šių atliekų kiekiai ir galimi betono nuolaužų dydžiai nėra žinomi. Betono atliekų patalpinimas į kanjonus gali būti problemiškas dėl betono nuolaužų dydžio (jos turi tilpti pro santykinai nedidelę, 0,7×0,7 m ploto angą, be to, bus sunku tokias nuolaužas tolygiai paskirstyti kanjone, ir kuo stambesnės bus nuolaužos, tuo didesni liks oro (gali būti ir drėgno) tarpai tarp jų. Angos padidėjimas gali kelti papildomų problemų kanjonų konstrukciniam stiprumui, todėl šiuo atveju tegalima siūlyti betono atliekas kuo labiau susmulkinti [33].

Serpentinito RA patalpinimas į bitumuotų RA atliekyną būtų sudėtingiausias atvejis, nes pirma, dalis jų yra aktyvuotos RA, ir antra – serpentinitas yra toksinė medžiaga, turinti asbesto. Serpentinito atliekų patalpinimas į kanjonus keltų papildomų problemų dėl padidinto dulkelėjimo ir

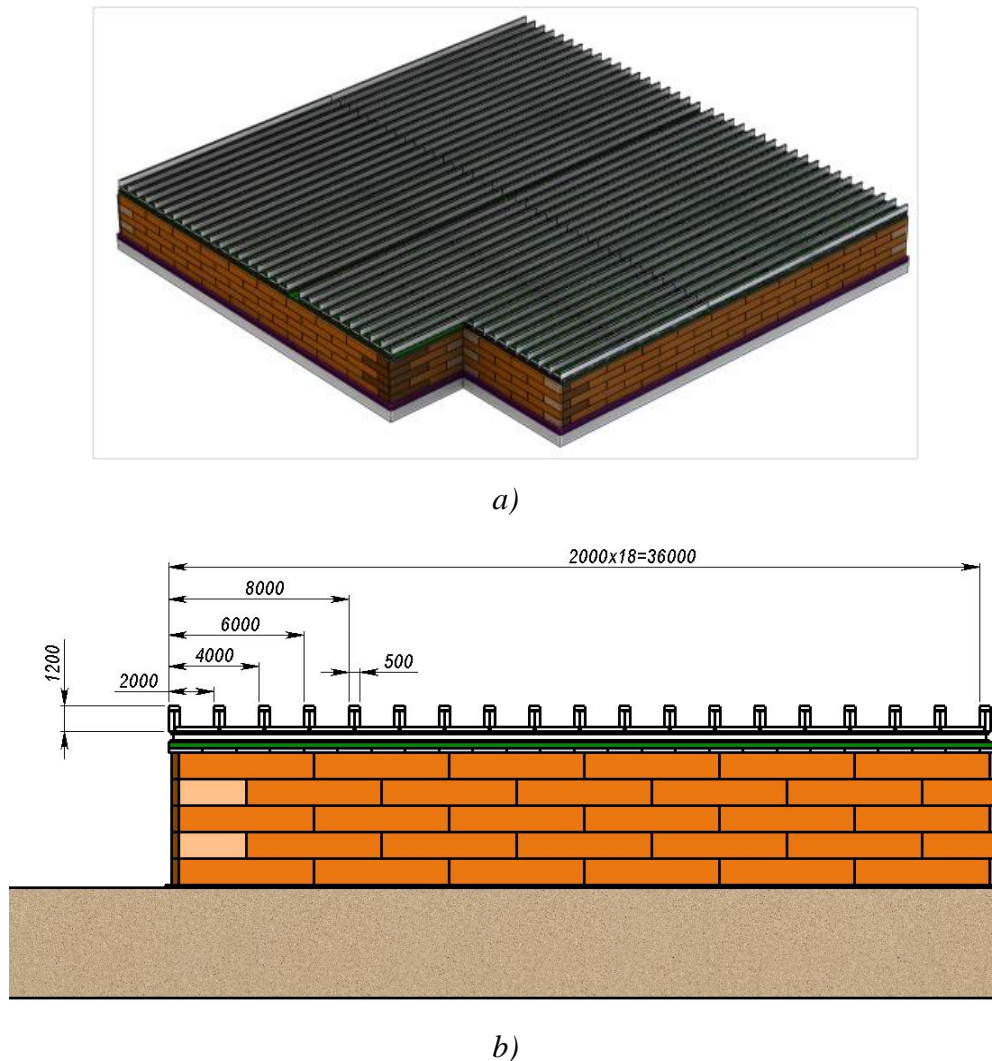
asbesto plaušelių sklaidos ore, kuris atliekų krovimo į atliekyną metu sukeltų padidintą radiologinį bei toksinį pavojų aplinkai ir žmonėms. Be to, tikėtinas dalinis serpentinito dalelių suirimas, kas sąlygotų papildomą asbesto dalelių susidarymą. Preliminariais duomenimis serpentinito atliekų kiekis galėtų užimti maždaug apie vieną tuščią kanjoną [33].

Šioje ataskaitoje atliekyno sauga yra išanalizuota atvejui, kai į tuščius kanjonus yra sudėtos smėlio-žvyro radioaktyviosios atliekos iš reaktoriaus zonos.

7.2.3 Planuojamo atliekyno aprašymas

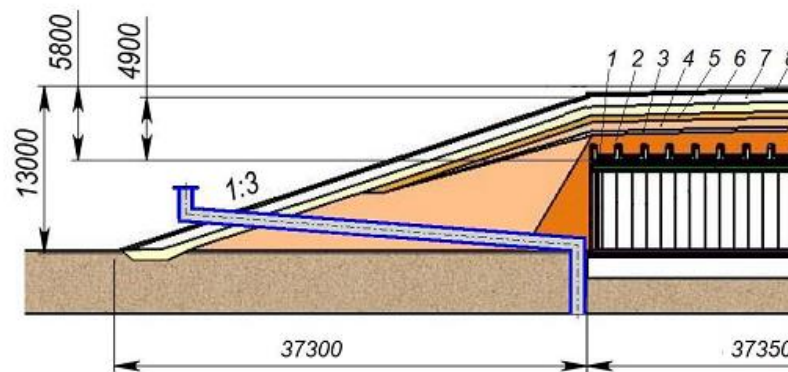
Bitumuotų radioaktyviųjų atliekų Saugyklą pertvarkant į atliekyną ant gelžbetoninės statinio 158 viršutinės perdangos būtų įrengiamos plieno-gelžbetonio konstrukcijos (bendras vaizdas parodytas 7.3 pav. a)), kurios laikytų virš statinio įrengtą 5,8 m storio inžinerinį barjerą (daugiasluoksnį kaupą) [33]. Laikantysis rėmas, besiremiantis į visas 158 statinio sienas (įskaitant pertvaras tarp kanjonų) pagamintas iš stambesnio profilio dvitėjinių sijų (HD310×310×500), o standumą užtikrinančios sijos - dvitėjiniai profiliai (HE1000B profiliai) Metalinės konstrukcijos bus ne tiesiogiai užpiltos inžinerinio barjerą sudarančiu gruntu (kelių sluoksnių kaupą), bet prieš tai juos apibetonavus išilgai sijų 500×986 mm skerspjūviu (7.3 pav. b)). Betonavimas šiuo atveju tiek padidina sijų laikančiąją gebą (neleidžia suklypti), tiek apsaugo plienines sijas nuo korozijos.

Vykdamas Saugyklos rekonstravimą ir pertvarkymą į Atliekyną bus atliktas 158 statinio hidroizoliavimas. Būsimo Atliekyno metalo konstrukcijos turi būti padengtos atitinkama antikorozine danga, plieniniai elementai (pagrindinės laikančiosios dvitėjinės sijos) turi būti apibetonuojami šalčio ciklams atspariu betonu (pvz., F1000 klasės). 5,8 m storio inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupą) įrengimas užtikrina konstrukcijos apsaugą nuo aplinkos (atmosferos) poveikių (temperatūros, drėgmės, mechaninio ir kt.). Aukščiau išvardintos apsaugos priemonės užtikrina visų 158 statinio konstrukcijų savybių pastovumą ir jų nepakeitimą nemažiau 100 metų laikotarpiu [33].



7.3 pav. Saugyklos (statinys 158) rekonstrukcija į atliekyną: 5,8 m storio inžinerinį barjerą laikiančiosios metalinės konstrukcijos a) – bendras vaizdas, b) – skerspjūvis [33]

Ant minėtų laikiančiųjų konstrukcijų sluoksnis po sluoksnio supilant skirtingos paskirties ir savybių grunto sluoksnius ir juos reikiamai sutankinant suformuojamas inžinerinis barjeras (daugiasluoksnio kaupo sandara parodyta 7.4 pav.), kuris iš viršaus padengiamas viršutiniu augaliniu sluoksniu, suformuotu apželdinant atliekyną slepiančią ir saugantį nuo išorinių poveikių pylimą regionui būdinga augalija [33].



7.4 pav. Saugyklos (statinys 158) pertvarkytos į atliekyną, 5,8 m storio inžinerinio barjero sandara (pjūviai): 1 – drenažo sluoksnis (0,2 m smėlio); 2 – izoliacinis molio sluoksnis (1,5–2,4 m); 3 – drenažo sluoksnis (0,3 m žvyringo smėlio); 4 – apsauginis molio sluoksnis (0,7 m); 5–7 – drenažo sluoksniai (0,6 m smėlio, 0,6 m žvyro ir 0,8 m skaldos); 8 – 0,2 m storio augalinis sluoksnis [33]

Išsamus inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupo) įrengimo ir jį sudarančių medžiagų savybių aprašymas yra pateiktas ataskaitoje [33].

Be to ataskaitoje [33] pasirinktai atliekyno koncepcijai atlikta preliminarai paties inžinerinio barjero funkcionalumo (gebėjimo atlaikyti eksploatacines apkrovas (savojo svorio bei sniego dangos) ir saugyklos konstrukcinių elementų, ant kurių bus įrengiamas inžinerinis barjeras, gebėjimo atlaikyti savo, bitumuočių bei smėlio-žvyro RA ir papildomas inžinerinio barjero svorio apkrovas) skaičiuojamoji analizė, kuri parodė, kad saugyklos rekonstravimas ir pertvarkymas į Atliekyną su inžineriniu 5,8 m barjeru ir papildoma laikančiąja konstrukcija, besiremiančia ties visomis statinio sienomis (įskaitant pertvaras tarp kanjonų), atlikus Saugyklos pamatinių plokščių apkrovimo išlyginimą užpildant visus kanjonus iki pat lubų inertine medžiaga techniškai gali būti realizuojamas.

7.2.4 158 statinio pamato pagrindas („pagalvė“)

Prieš 158 statinio statybas atliktų tyrimų metu buvo nustatyta, kad viršutinio sluoksnio grunto sudėtis neatitiko projekto reikalavimų ir nebuvo tinkama pamatų pagrindo įrengimui, todėl buvo nuspręsta pakeisti esamus silpnus natūralius dirvožemius.

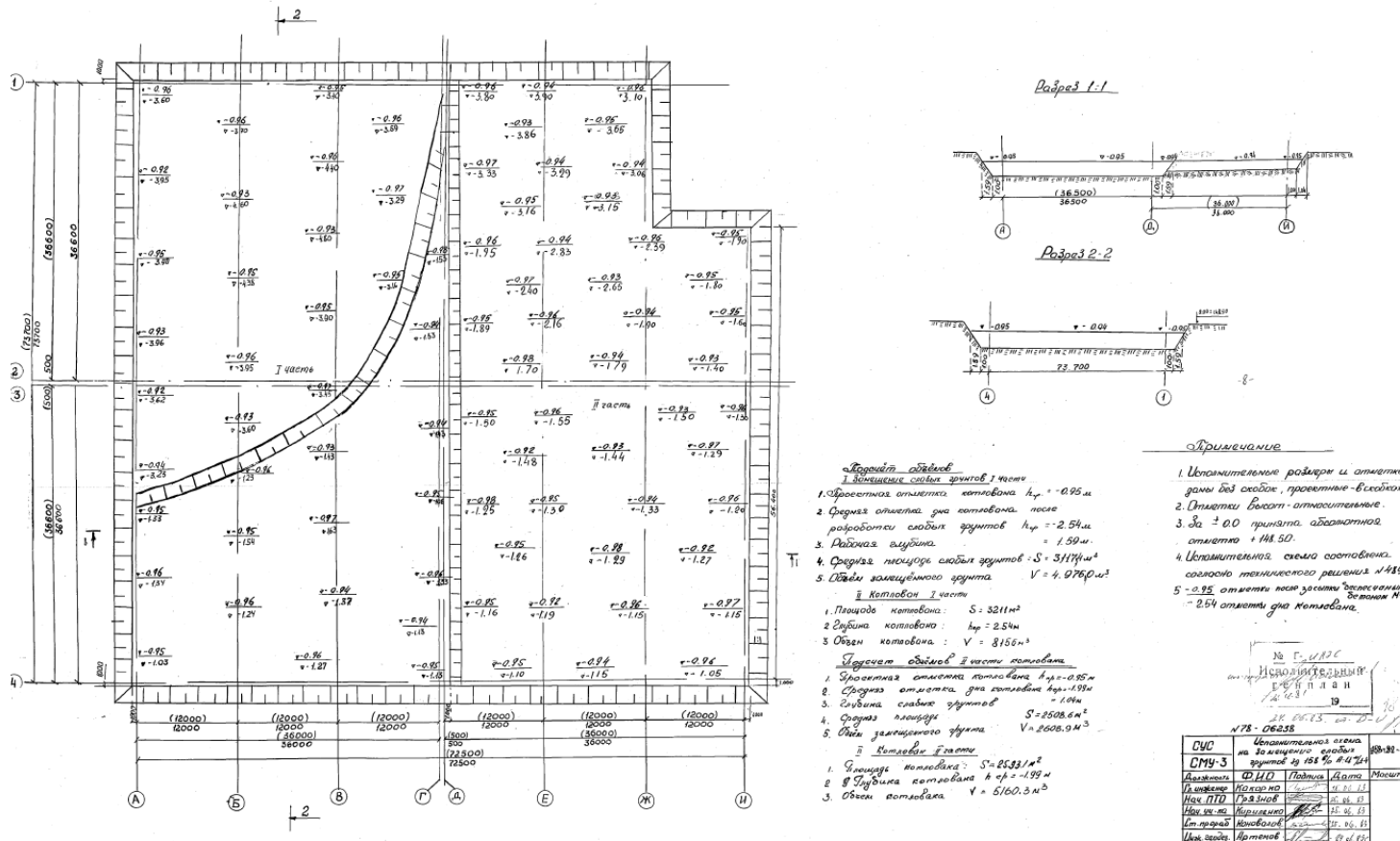
Taigi, 1972–1982 metais atliktų IGG darbų (Ataskaitos Nr. ArchPD-1145-6, Nr. ArchPD-1145-615, Nr. ArchPD-1145-1096) metu nustatyta, kad vyraujantis gruntas po piltiniu gruntu yra rudas mažo plastiškumo priemolis su gargždo ir žvirgždo iki 10-15% intarpais, vietomis su smulkaus vandeningo smėlio tarp sluoksniais. Ataskaitose padaryta išvada, kad toks gruntas yra tinkamas pagrindas statiniui.

Silpnieji gruntai buvo pašalinti, formuojant iškasą iki tankių gruntų.

Netinkamo grunto iškasimo, darbai, tolimesnis pakrovimas ir pervežimas buvo atliekami pagal vertikalaus planavimo atlikimo schemą, pastatų 150, 151/154, 158, 156, 161 rajone.

Kadangi aikštelėje nebuvo aptikta tinkamų savybių grunto, statinio pamatų stipruminių savybių pagerinimui buvo įrengtas papildomas inžinerinis barjeras. Nuspręsta pamatų duobę iki projekcinio lygio parengti, pakeičiant netinkamą gruntą betoniniu pagrindu iš M50 markės besmėlio ir M100 markės betonu.

Planuojamo pastato teritorijoje buvo atliktas netinkamo grunto pašalinimo darbai, bei tolimesnis jų pakrovimas ir pervežimas pagal 158 statinio silpnų gruntų pakeitimo besmėliu betonu M50 vykdomąją schemą. Vykdamas silpnų gruntų pakeitimo darbus neatitinkami silpni gruntai buvo pašalinti vadovaujantis „Statinio 158 silpnų gruntų pakeitimo besmėliu betonu M50“ vykdomąja schema (7.5 pav.) ir jų vietoje buvo paruošta iškasa su vidutine dugno altitute po silpnų gruntų iškasimo $h_{vid} = -2,54$ m. Giliausias iškasos dugno žymė – apie -4,80 m.



7.5 pav. 158 statinio silpnų gruntų pakeitimo nesmėliniu betonu M-50 vykdomoji schema

1981 metų gruodžio 22 dienos paslėptų darbų aktu „Dėl silpnų gruntų 158 statinio pamate pakeitimo nesmėliniu betonu M50“ patvirtina, kad gruntai nuo altitudės -4,80 iki altitudės -0,95 buvo pakeisti nesmėliniu betonu M50. Išsamesnė informacija yra pateikta ataskaitoje [33].

7.2.5 158 statinio nusėdimų matavimai

Ant 158 statinio statybinių konstrukcijų yra įrengtos (2000 m.) 24 geodezinės žymos pamatų nusėdimų ir kitų statinio elemento deformacijų matavimams.

158 statinio pamatų nusėdimų stebėjimai prasidėjo 2001 metų liepos mėnesį ir buvo atliekami kiekvieną ketvirtį iki 2007 m., išskyrus kelius žiemos ciklus, kai aukšto tikslumo matavimai buvo apsunkinti dėl oro sąlygų.

Vėliau nuo 2008 metų pamatų nusėdimų stebėjimai daromi 1 kartą per metus.

2003 metais buvo išleistas naujas suvestinis dokumentas „Pastatų 120/1, 120/2, 155, 155/1, 157, 157/1 ir 158 geodezinių matavimų nusėdimų rezultatų už periodą nuo 2001 iki 2003 metų ataskaita“, № ТАСПД1045-71119, 2004-06-22, kur pateikiami duomenys dėl pirmų 158 statinio nusėdimų stebėjimo ciklą.

Vėliau ataskaitos apie 158 statinio nusėdimų matavimų rezultatus buvo skelbiamos kasmet.

Didžiausias nusėdimų dydis per visą stebėjimo laikotarpį nuo 2001 m. liepos mėn. iki 2020 m. birželio mėn. buvo 12,50 mm (žyma M2). Didžiausia leistina šio tipo konstrukcijų bendra nusėdimų vertė yra 80 mm.

Kadangi nusėdimų stebėjimas nebuvo atliekamas iki 2001 m., tikslinga taikyti konservatyvų suslūgimų analizės metodą ir priimti 50% nuo maksimalios nusėdimų vertės, kas sudaro 40 mm.

Tuo pačiu metu maksimali suminė nusėdimų vertė 12,50 mm (žyma M2) neviršija ataskaitoje nustatytos maksimalios leidžiamos 40 mm nusėdimų vertės.

Maksimalus santykinis nusėdimų skirtumas išilgine kryptimi buvo 0,00030 (tarp žymų M4 ir M5), skersine kryptimi – 0,00049 (tarp žymų M24 ir M1), kas neviršija ribinės vertės 0,001 santykinio nusėdimų skirtumo.

Maksimalus išlinkimas išilgine kryptimi tarp žymų M4–M5–M6 sudaro 0,00016, esant leidžiamai vertei 0,0007.

Visos pamatuotos statinio nusėdimų vertės neviršija leidžiamų ribinių verčių. Tolesni 158 statinio pamatų nusėdimų matavimai bus daromi tuo pačiu periodiškumu, vieną kartą per metus. Išsamesnė informacija yra pateikta ataskaitoje [33].

7.2.6 158 statinio betoninių konstrukcijų tyrimų rezultatai

Iš 158 statinio betoninių konstrukcijų (pamatų plokštės, „pagalvės“ ir išorinių, vidinių bei vidurinių sienų) paimtų kernų laboratorinių tyrimų metu nustatyti parametrai pateikti 7.7 lentelėje.

7.7 lent. 158 statinio laboratorinių betono konstrukcijų tyrimų rezultatai [35]

Konstrukcija	Betono klasė	Vidutinis tankis, kg/m ³	Betono efektyvus poringumas, %	Vidutinis vandens įsiskverbimo gylis, mm	Betono hidraulinis laidumas cm/s	Betono efektyvusis difuzijos koeficientas, $\times 10^{-12}$ m ² /s	Prognozuojamas atsparumas šalčiui
Vidinė siena	C40/50	2269	20,2	130,6	6E-10 – 2E-09	10,71	F180
Vidurinė siena	C40/50	2264	13,4	131,4	6E-10 – 2E-09	6,22	F200
Išorinė siena	C20/25	2382	19,6	46,9	1E-10 – 6E-10	93,66	F110
Pamato plokštė (dugnas)	C40/50	2317	14,7	22,3	5E-11 – 1E-10	6,06	F200
„Pagalvė“	C25/30	2297	14,4	21,9	5E-11 – 1E-10	16,46	F200

158 statinio Techninės būklės įvertinimo akte padarytos šios išvados:

- Atlikus laboratorinius konstrukcijų betono tyrimus, nustatyta, kad betono savybės yra geresnės nei numatytos projekte. Tai rodo, kad betonas ne degraduoja, bet stiprėja, kaip ir turi būti esant tinkamoms eksploatacijos sąlygoms. Įrengus daugiasluksnį kaupą virš saugyklos, betono sąlygos bus iš esmės labai pagerintos, nebus užšalimo atšilimo ciklų, jo stiprumas tikrai augs.
- Pašalinus 158 statinio ekspertizės metu nustatytus defektus bus užtikrinamas 300 metų atliekyno eksploatacijos laikotarpis.

Išsamesnė informacija yra pateikta ataskaitose [33, 35].

Statinio betono konstrukcijų (pagalvės) papildomų tyrimų šio Projekto apimtyje ataskaita pateikta šios ataskaitos 1 priede. Ištirtas organinių medžiagų buvimas ir kiekis bei betono stiprumo charakteristikos veikiant betono mėginius agresyviomis XA1 ir XA2 terpėmis.

7.2.7 Atliekų šalinimo sistemos barjerai ir jų saugos funkcijos

Paviršinis atliekynas turi užtikrinti atitinkamo laipsnio sulaikymą ir izoliaciją, kad radionuklidų sklaida iš atliekyno į biosferą būtų sumažinta iki priimtina mažo lygio ir kad žmogaus įsibrovimo tikimybė ir visos galimos įsibrovimo pasekmės būtų atitinkamai sumažintos. Šiam tikslui pasiekti turi

būti naudojamos pasyvios priemonės ir daugialypiai saugos barjerai bei priežiūros ir kontrolės priemonės [44].

Saugos funkcija – tai atliekyno (daugiabarjerės sistemos) komponento vaidmuo, kuriuo jis prisideda prie atliekyno saugos. Svarbiausios barjerų saugos funkcijos yra atliekų izoliacija ir radionuklidų sulaikymas. Radioaktyviųjų atliekų sulaikymas reiškia, kad atliekyno vieta ir projektas turėtų užtikrinti radionuklidų sklaidos sulaikymą. Sulaikymą galima užtikrinti fizinėmis arba cheminėmis priemonėmis. Fizinis sulaikymas reiškia radionuklidų sklaidos sustabdymą naudojant mažai vandeniui pralaidžius fizinius barjerus. Cheminis sulaikymas pirmiausiai taikomas išmetimų į vandenį sklaidai sulaikyti ir reiškia radionuklidų sklaidos sulaikymą mažinant jų tirpumą ir (arba) sorbciją ant nejudančių substratų. Cheminiam sulaikymui dažniausiai naudojamas cementinių atliekų forma ir įvairūs atliekyno elementai. Vandens patekimo į atliekyną sustabdymas ir ribojimas bei cheminis sulaikymas yra pagrindiniai paviršinio atliekyno saugą lemiantys veiksniai. Bendras sulaikymas atliekyno sistemoje turėtų būti užtikrintas naudojant kartu inžinerinius ir natūralius barjerus [44].

Paviršinio atliekyno kontekste izoliacija reiškia atliekų sulaikymą ir su jomis susijusio pavojaus atskyrimą nuo patekimo į biosferą tinkamoje vietoje įrengtame ir tinkamai suprojektuotame atliekyste, su tinkama kontrole laikotarpiu po atliekyno uždarymo, siekiant užkirsti kelią sistemos sutrikdymui (pvz., netyčinio žmogaus kontakto su atliekomis sustabdymui). Renkant vietą atliekynui ir jį projektuojant reikia atsižvelgti ir į galimus išorinius poveikius. Pagrindinės prie atliekų izoliacijos prisidedančios pasyviosios priemonės yra patvarūs fiziniai barjerai aplink atliekas, kurie apsunkina netyčinį įsibrovimą (pvz., įsibrovimui reikėtų kasimo įrangos). Prie atliekų izoliacijos prisidedančios aktyviosios priemonės yra kontrolės priemonės, pavyzdžiui, atliekyno ir aikštelės monitoringas ir priežiūra, kurios padeda užtikrinti, kad žmogaus veikla nesutrikdys atliekyno veiklos [44].

Atliekyno atliekų sulaikymas ir izoliacija priklauso nuo trijų nepriklausomų atliekyno elementų:

- atliekų formos (pakuotės),
- atliekyno struktūros (įskaitant viršutinius kaupimo sluoksnius ir atliekyno rūsius),
- geologinės sistemos.

Atliekų pakuotę sudaro apdorotos atliekos atliekų matricoje ir konteineris. Šio projekto atveju bitumuotos radioaktyviosios atliekos jau yra galutinai apdorotos ir patalpintos į betoninius kanjonus, todėl pirminis radionuklidų sklaidą sulaikantis barjeras yra tik pati atliekų matrica (bitumo

kompaundas). Pasaulinėje praktikoje daugumoje atvejų bitumuotos atliekos yra talpinamos į metalines statines, kurios konservatyviuose saugos vertinimuose nėra priimanamos kaip inžinerinis barjeras, atliekantis sulaikymo funkciją.

Smėlio-žvyro RA iš reaktoriaus zonos yra numatytos šalinti likusiuose trijuose tuščiuose kanjonuose.

Atliekyno struktūrą sudaro skirtingi elementai, kuriems priskiriamos skirtingos funkcijos ir veikimas priklausomai nuo atliekyno raidos etapo:

- rekonstrukcijos ir pertvarkymo metu šie elementai yra atliekyno betoninės konstrukcijos ir, jei bus nustatyta būtinybė, įrengtos ir naudojamos papildomos apsauginės techninės-inžinerinės priemonės;
- institucinės kontrolės metu po atliekyno uždarymo šie elementai yra atliekyno kanjonai ir kaupo sistema.

Geologinė sistema apima technogeninius ir natūralius geologinius sluoksnius atliekyno aikštelėje ir jos aplinkoje.

Atliekyno daugiabarjerinės sistemos skirtingų elementų saugos funkcijos ir jų veikimas, susijęs su sulaikymu ir izoliacija pateikti 7.8 lentelėje.

Daugialypės saugos funkcijos turi užtikrinti, kad atliekyno sauga nepriklausys tik nuo vienos saugos funkcijos ir kad jeigu viena saugos funkcija sutrinka, kitos saugos funkcijos tai kompensuoja. Pavyzdžiui, jeigu atliekų pakuotei yra priskirta saugos funkcija ir ta atliekų pakuotė suyra greičiau nei buvo numatyta, aplink esančios atliekyno struktūros gali vykdyti fizinį sulaikymą ir sustabdyti radionuklidų sklaidą adsorbcijos būdu; arba geologinė atliekyno aplinka leidžia radionuklidams sklaidytis. Įvertinime nustatytos saugos funkcijos, jų veikimo trukmė ir kaip suirus vienam barjerui jo funkcijas perims kitas atliekyno sistemos mechanizmas ar elementai. Įvairių saugos funkcijų adekvatumas pademonstruotas vertinant skirtingus atliekyno sistemos evoliucijos scenarijus.

Atliekyno elementų atliekamos įvairios saugos funkcijos detalai analizuojamos susiejant šias atliekyno sistemos saugos funkcijas su išmatuojamais arba įvertinamais dydžiais. Pavyzdžiui, jeigu atitinkamas barjeras atlieka vandens tekėjimo apribojimo funkciją, šio barjero filtracijos koeficientą galima naudoti kaip dydį nustatyti, koku lygiu saugos funkcija yra įgyvendinama. Tokiu atveju barjero filtracijos koeficientas laikomas tos saugos funkcijos „saugos rodikliu“.

Taigi, saugos funkcijos rodiklis yra išmatuojamas arba apskaičiuojamas dydis, per kurį kiekybiškai galima įvertinti saugos funkciją. Siekiant įvertinti, ar saugos funkcijos įvykdymas tęsis,

nustatomi kiekybiniai kriterijai su kuriais lyginamas saugos funkcijos rodiklis saugos įvertinime analizuojamu laikotarpiu.

Kriterijai, pagal kuriuos nustatomas saugos funkcijų rodiklių tenkinimas, padeda nustatyti, ar bus užtikrinta sauga. Saugos funkcijų, saugos funkcijų rodiklių ir kriterijų yra daug, todėl konkrečios saugos funkcijos kriterijaus neatitikimas dar nereiškia, kad atliekyno sistema neatitinka reguliavimo ribų. Pagal pakopinės apsaugos principą, tinkamas saugos funkcijų įgyvendinimas yra paremtas kelių atliekyno sistemos procesų ir elementų kombinacija.

7.8 lent. Atliekų šalinimo sistemos inžineriniai barjerai ir jiems priskirtos saugos funkcijos [34]

Inžinerinis barjeras	Paskirtis	Saugos funkcija			Medžiaga	Storis, m
		Pavadinimas	Rodiklis	Kriterijus (projektavimo vertė)		
PLANUOJAMI ĮRENGTI INŽINERINIAI BARJERAI						
Augalijos sluoksnis	Apsauga nuo klimato veiksnių: (užšalimo, atitirpimo, erozijos).	Izoliavimas	-	-	Dirvožemis augalai	0,2
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas				
Drenažo sluoksniai	Apsauga nuo žmonių ir (arba) gyvūnų įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Skalda 0,8 m Smėlingas žvyras 0,6 m Dulkingas smėlis 0,6 m	2
	Vandens pašalinimas, kad nepatektų į atliekyną.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5,0E-05 m/s		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	Sulaikymas	-	-		
Apsauginis sluoksnis nuo išorinių veiksnių	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Moreninis molis	0,7
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	1,0E-06 m/s		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės .	-	-	-		
Drenažo sluoksnis	Vandens pašalinimas, taip ribojant vandens pratekėjimą per izoliacinį sluoksnį.	-	-	-	Žvyringas smėlis	0,3
Izoliacinis sluoksnis	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Molis	1,5 – 2,4
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	1,0E-09 m/s		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		
Dujų pašalinimo sluoksnis	Atliekyne susidariusių dujų pašalinimas, taip užtikrinant komplekso vientisumą.	-	-	-	Smėlis	0,2

Inžinerinis barjeras	Paskirtis	Saugos funkcija			Medžiaga	Storis, m
		Pavadinimas	Rodiklis	Kriterijus (projektavimo vertė)		
Gelžbetoninis sluoksnis	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Betonas	0,2
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	1,0E-09 m/s		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		
Atraminės metalinės konstrukcijos (dvitėjinės sijos)	Aukščiau esančių sluoksnių svorio tolygus paskirstymas kanjonų sienoms. Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-	Plienas	1,435 (aukštis)
Hidroizoliacinis sluoksnis	Apsauga nuo drėgmės.	Sulaikymas	-	-	Didelio tankio, vandeniui nepralaidi medžiaga	-
Šoniniai šlaitai	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Vietinis gruntas	0,01 - 11
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	-	-		
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		
ESAMI INŽINERINIAI BARJERAI						
Viršutinė perdanga	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Betonas (M200)	0,6
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5E-09 – 1E-08 m/s (kaip ir dugno monolitinei plokštei, žr. 7.7 lent.).		
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		

Inžinerinis barjeras	Paskirtis	Saugos funkcija			Medžiaga	Storis, m
		Pavadinimas	Rodiklis	Kriterijus (projektavimo vertė)		
Užpildas (tik bitumuotų RA atveju)	Tuščios ertmės užpildymas.	Sulaikymas	-	-	Inertinė medžiaga	0,9
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		
Sluoksnis neužteršto bitumo (tik bitumuotų RA atveju) *)	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Bitumas	0,1
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	-	-		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		
Bitumuotos RA	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Vandens sugėrimo greitis	1 mm/metai ^{1/2}	Bitumo kompaun-das	5
	Atliekų imobilizavimas.	Sulaikymas	-	-		
Smėlio-žvyro RA (<i>bus patikslinta</i>)	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės smėliui	Smėlis-žvyras	6
Kanjonų šoninės sienos (betono blokai, bioapsauga kanjono išorėje)	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Betonas	0,3
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	1E-08 – 6E-08 m/s (žr. 7.7 lent.)		
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	9,4E-11 m ² /s (žr. 7.7 lent.)		
Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-			
Kanjonų šoninės sienos (betono sluoksniu užpildytas tarpas tarp betoninių bioapsaugos	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Betonas (M300)	0,2
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	6E-08 – 2E-07 m/s (žr. 7.7 lent.)		

Inžinerinis barjeras	Paskirtis	Saugos funkcija			Medžiaga	Storis, m
		Pavadinimas	Rodiklis	Kriterijus (projektavimo vertė)		
blokų ir betoninių plokščių)	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	6,2E-12 m ² /s (žr. 7.7 lent.)		
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.	-	-	-		
Kanjonų šoninės sienos (gelžbetoninė plokštė kanjono vidinėje pusėje)	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	Izoliavimas	-	-	Betonas (M200)	0,3
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	6E-08 – 2E-07 m/s (žr. 7.7 lent.)		
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	1,1E-11 m ² /s (žr. 7.7 lent.)		
Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.		-	-			
Metalinės plokštės ant kanjonų šoninių sienų vidinės pusės *)	Apsauga nuo žmogaus įsibrovimo.	-	-	-	Plienas (12X10H10T, BCT3KII2) arba cemento-silikato mišinys	0,003-0,004
	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	-				
	Radionuklidų sklaidos retardacija.					
	Apsauga nuo tiesioginės spinduliuotės.					
Dugno sluoksnis	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5E-09 – 1E-08 m/s (žr. 7.7 lent)	Betonas (M200)	0,05
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		

Inžinerinis barjeras	Paskirtis	Saugos funkcija			Medžiaga	Storis, m
		Pavadinimas	Rodiklis	Kriterijus (projektavimo vertė)		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	6,1E-12 m ² /s (žr. 7.7 lent)		
Hidroizoliacinis sluoksnis	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	-	-	-	Ruberoidas	0,008
Dugno sluoksnis	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5E-09 – 1E-08 m/s (žr. 7.7 lent)	Betonas (M200)	0,02
	Komplekso vientisumo palaikymas	Sulaikymas	-	-		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	6,1E-12 m ² /s (žr. 7.7 lent)		
Dugno monolitinė plokštė	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5E-09 – 1E-08 m/s (žr. 7.7 lent)	Betonas (M200)	0,47
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	6,1E-12 m ² /s (žr. 7.7 lent)		
Išlyginamasis sluoksnis	Apsauga nuo vandens infiltracijos.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5E-09 – 1E-08 m/s (kaip ir dugno monolitinei plokštei, žr. 7.7 lent.).	Betonas (M100)	0,10
	Komplekso vientisumo palaikymas.	Sulaikymas	-	-		
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	6,1E-12 m ² /s		

Inžinerinis barjeras	Paskirtis	Saugos funkcija			Medžiaga	Storis, m
		Pavadinimas	Rodiklis	Kriterijus (projektavimo vertė)		
				(kaip ir dugno monolitinei plokštei, žr. 7.7 lent.).		
158 statinio pagrindas („pagalvė“)	Komplekso vientisumo palaikymas	Sulaikymas	-	-	Besmėlis betonas (M50)	~0,1–3,90 (vidurkis 1,6)
	Radionuklidų sklaidos retardacija.	Sulaikymas	Hidraulinis laidumas	5E-09 – 1E-08 m/s (žr. 7.7 lent)		
			Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės betonui		
			Difuzijos koeficientas	1,6E-11 m ² /s (žr. 7.7 lent)		
			Sorbcijos koeficientas	Sorbcijos koeficiento vertės smėliui		

*) –Ilgalaikės saugos šis sluoksnis negali užtikrinti, todėl jokia saugos funkcija nėra priskirta ir į ją neatsižvelgiama atliekant saugos vertinimą.

8. IŠORINIŲ GAMTINIŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS

Pagal TATENA rekomendacijas, pateiktas [51, 52] dokumentuose, bei remiantis atliktos analizės [69] duomenimis, į analizę buvo įtraukti šie galimi išoriniai gamtiniai įvykiai, dėl kurių galima tikėtis atliekyno pažeidimų bei radionuklidų pasklidimo:

- žemės drebėjimas/grunto sėdimas;
- atmosferos kritulių kiekio padidėjimas (ekstremalūs krituliai).

8.1 Žemės drebėjimas

6 balų intensyvumo (MKS skalėje) seisminis pavojingumas parodo, kad tokio žemės drebėjimo tikimybė yra 10^{-2} per vienus metus (pasikartojamumo periodas 100 m.), o neprojektinis – 7 balų intensyvumo (MSK skalėje) seisminis pavojingumas parodo, kad tokio žemės drebėjimo tikimybė yra 10^{-4} per vienerius metus (pasikartojamumo periodas 10 000 m.). Dėl žemės drebėjimo Atliekyno inžineriniuose barjeruose gali atsirasti plyšiai. Daroma prielaida, kad dėl žemės drebėjimo visiškai sugrius atliekyno šoninės sienos bei viršutiniai (kaupas bei kanjonų viršutiniai betoniniai sluoksniai) ir apatiniai (kanjonų dugno sluoksniai, išlyginamasis sluoksnis ir pagrindas) inžineriniai barjerai, ir vandens sugėrimas galės vykti visame RA bitumo matricos paviršiuje. Nagrinėjamas atvejis, kai žemės drebėjimas įvyksta iš karto po atliekyno uždarymo, ir, atsidengus atliekoms, dėl vandens sugėrimo radionuklidai migruoja iš bitumo matricos tiesiai įgeologinius sluoksnius. Viršutiniai barjerai gali būti remontuojami arba rekonstruojami aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu, todėl priimama, kad kaupas, įvykus žemės drebėjimui bus suremontuotas, tačiau joks betoninis barjeras nebeatliks RA sulaikymo funkcijos.

Identiškos pasekmės, t.y., atliekyno inžinerinių barjerų pažeidimas, gali atsirasti ir dėl po statinio pamatais galimo intensyvesnio gamtinių gruntų judėjimo, nei rodo dabartiniai matavimai. Tačiau priimama, kad žemės drebėjimas – konservatyvus atvejis, t.y., staigus ir didesnius sugriovimus sąlygojantis įvykis.

Radionuklidų pernešimo per aikštelėje nustatytus geosferos sluoksnius sąlygos yra tokios pat kaip ir bazinio scenarijaus atveju. Įvertinama referentinės gyventojų grupės nario apšvita, susidariusi dėl užteršto vandens iš šulinio vartojimo kasdienėms reikmėms. Prielaidos, į kurias atsižvelgta dėl incidento, yra tokios pačios kaip ir hipotetinio 2 atvejo scenarijaus atveju, kai apatinė plokštė,

išlyginamoji sluoksnio dalis, pamatas („pagalvė“), sienos ir viršutinė plokštė yra su įtrūkimais iškart po atliekyno uždarymo, bet kaupas bus suremontuotas. Didžiausios referentinės gyventojų grupės nario gautos dozės dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo pateiktos 10.18 lentelėje.

8.2 Ekstremalūs krituliai

Šiuo atveju vertinant galimą radionuklidų sklaidą priimama, kad vandens, pratekančio per technogeninio grunto sluoksnį (IGS1), srauto suintensyvėjimas dėl atmosferinių kritulių kiekio padidėjimo tuoj po atliekyno uždarymo padidėja nuo $1,27E-09$ m/s (arba 0,04 m/metai) iki maksimalios hidraulinio laidumo vertės – $2,12E-04$ m/s (žr. 3.3 lent.).

Visos vertinimo sąlygos ir įvesties parametrų vertės yra pateiktos ataskaitoje [34].

Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas, vartodamas gręžinio vandenį, vertės ekstremalių kritulių atveju, pateiktas 8.1 lentelėje.

8.1 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas vartodamas gręžinio vandenį, vertės vandens infiltracijos per technogeninio grunto sluoksnį suintensyvėjimo (maksimalių kritulių) atveju

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	4,147E-03	1 290
^{36}Cl	3,407E-05	327
^{99}Tc	5,138E-05	6 300
^{129}I	1,100E-04	453
Suma:	4,342E-03	

Iš 8.1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios dozės padidėjimas nagrinėjamu atveju yra maždaug 30% didesnis, palyginti su baziniu (natūralios atliekyno raidos) scenarijumi (žr. 10.9 lentelę), o dozė lieka dviem dydžio eilėmis mažesnė už projektavimo kriterijų, 0,1 mSv per metus...

Taip pat galima tikėtis, kad stiprūs krituliai turės įtakos atliekyno paviršinės dangos erozijai. Dėl to kaupas gali greičiau suirti. Betarpiško gaubto suirimo atvejis iškart po aktyvios institucinės priežiūros laikotarpio analizuojamas ataskaitos 10 skyriuje.

9. ŽMOGAUS VEIKLOS SUKELTŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS

Pagal TATENA rekomendacijas, pateiktas [53, 54] dokumentuose, bei remiantis atliktos analizės [69] duomenimis, į tolesnį nagrinėjimą buvo įtraukti šie galimi žmogaus veiklos sąlygoti įvykiai, dėl kurių galima tikėtis atliekyno pažeidimų bei radionuklidų pasklidimo:

- lėktuvo sudužimas atliekyno aikštelėje;
- gaisras;
- drenažo sistemos gedimas.

9.1 Lėktuvo sudužimas

Nukritus lėktuvui ant atliekyno būtų sugriauti jo inžineriniai barjerai. Lėktuvo nukritimo tikimybė priklauso nuo tokių parametru, kaip skrydžių intensyvumas regione, pataikymo plotas ir kt. Lėktuvo kritimo ir jo pataikymo į atliekyną tikimybės įvertinimas yra pateiktas ataskaitoje [34].

Apskaičiuotų lėktuvo kritimo ant bitumuotų RA atliekyno tikimybių rezultatai pateikti 9.1 lentelėje. Apskaičiavimuose konservatyviai priimta, kad atliekyno aikštelės spindulys – 100 m, o atliekyno (kanjonų) plotas - 6 400 m² (80 m × 80 m).

9.1 lent. Lėktuvo kritimo ant planuojamo atliekyno tikimybės

Tikimybės tipas	Vertė
Lėktuvo nukritimo tikimybė, susijusi su oro uostais, esančiais toliau nei už 8 km	5,65E-10
Lėktuvo kritimo tikimybė, kai oro eismo koridorius praeina atstumu $s=10$ km nuo objekto	8,88E-10
Lėktuvo kritimo tikimybė, kai lėktuvai praskrenda pro 50 km zoną tiesia linija, liesdami 10 km zoną aplink IAE	3,01E-08

Lėktuvo kritimo tikimybių skaičiavimai parodė, kad visais atvejais tikimybė yra mažesnė už tikimybinę atrankos ribą (branduolinės energetikos objektams jos reikšmė lygi 1.0E-07 per metus), todėl galimas šio įvykio poveikis toliau neanalizuojamas (nepriklausomai nuo jų pasekmių) [57]. Nepaisant to, radiologiniai padariniai dėl civilinio lėktuvo sudužimo ant 158 stainio buvo įvertinti ir pateikti ataskaitoje [58]. Toliau pateikiama ataskaitos santrauka.

Atliekant analizę, buvo daromos branduolinės saugos reikalavimais [59] nustatytos prielaidos:

- lėktuvo maksimali kilimo masė yra 200 tonų;
- lėktuve esančio aviacinio kuro kiekis yra 91 000 litrų;

- lėktuvo greitis atsitrenkimo į BEO metu ne mažesnis nei 150 m/s;
- sudužus lėktuvui, išsilieja ir užsiliepsnoja aviacinis kuras.

Kitos civilinio lėktuvo sudužimo analizei taikytos prielaidos ir parametrai (lėktuvo sudužimo vieta, kritimo kampas, aviacinio kuro charakteristikos, atskirų lėktuvo komponentų poveikis 158 statinio konstrukcijai) pasirinkti konservatyvūs arba nustatyti konstrukcijų pažeidimo analizės, gaisro modeliavimo ir radionuklidų išmetimo į aplinką vertinimo metu.

158 statinyje esančių radioaktyviųjų atliekų (RA) kiekis ir charakteristikos atitiko 2019 m. gegužės 1 d. būseną.

Konstrukcijų pažeidimo analizė parodė, kad civilinio lėktuvo (Boeing 747-400), sveriančio 200 tonų ir krentančio 150 m/s greičiu, smūgio į 158 statinio perdangą metu, esant nepalankiausiai lėktuvo kritimo kryptčiai ir kampui (konservatyviu atveju), gali būti sulaužyta visa 158 statinio perdanga (stogas). 158 statinio perdangos konstrukcinio elemento (rygelio) leistina apkrova viršijama apie 1,9 karto. Todėl rygelis bus sulaužytas, o perdangos plokštės įgrius į 158 statinio vidų.

Išsiliejusio aviacinio kuro ir RA gaisrui vertinti naudota programa Pyrosim [60] ir buvo sudarytas kompiuterinis 158 statinio modelis. Konservatyviai priimtas degimo paviršiaus plotas, lygus bitumuotų RA paviršiaus plotui – t.y. apie 3000 m². Degimas vyksta atvirame ore, degimui reikalingo oro pritekėjimo sąlygos yra geros. Gaisro analizė parodė, kad, jei nebus gesinamas, gaisras gali tęstis iki 25 valandų. Tačiau, tinkamai organizavus gaisro gesinimo darbus, bendra gaisro trukmė sudarys apie 7 valandas. Gaisro metu gali sudegti apie 28% 158 statinyje saugomų bitumuotų RA masės.

Radiacinių laukų modeliavimas gaisro gesinimo galimybių įvertinimui atliktas naudojant VISIPLAN 3D ALARA PLANNING TOOL [61] ir MicroSkyshine [62] kompiuterines programas, atsižvelgiant į radiologines ir fizines bitumuotų RA savybes bei 158 statinio konstrukciją. Atlikta analizė parodė, kad, radiacinės saugos požiūriu, 158 statinio gaisro gesinimas yra pilnai įmanomas. Ugniagesys gelbėtojas, dirbdamas 8 h per parą, tokį gaisrą galėtų gesinti 12,5 parų, neviršijant 100 mSv efektinės dozės atskaitos lygio.

Vertinant radionuklidų išmetimą į aplinkos orą buvo atsižvelgiama į RA degimo greitį bei radionuklidų mobilumą esant padidintai temperatūrai. Vertinamos avarijos atveju radionuklidų išmetimo į aplinkos orą greitis yra 4,6E+12 Bq/h. Užgesinus gaisrą per 7 valandas, į aplinkos orą būtų išmesta apie 3,2E+13 Bq. Tai sudaro apie 14 % viso saugykloje saugomo aktyvumo. Didžiausią išmesto į aplinkos orą aktyvumo dalį sudaro Cs-137. Šio radionuklido aktyvumo dalis į aplinką

išmestame aktyvume sudaro apie 99,8 %. Kiti radionuklidai, kurių aktyvumo dalys sudaro apie 0,1 % nuo viso į aplinką išmesto aktyvumo yra C-14 ir Cs-134.

Į aplinkos orą išmestų radionuklidų sklaidos ir nusėdimo ant žemės paviršiaus vertinimas atliktas naudojant AERMOD modeliavimo sistemą [63], bei Lakes Environmental Consultants Inc. sukurtą AERMOD View vartotojo sąsają [64]. Skaičiavimui naudoti mezomasto meteorologiniu modeliu MM5 [65] sugeneruoti 2014-2018 metų Ignalinos AE aplinkos meteorologiniai duomenys (viso 43824 valandinių meteorologinių parametru rinkiniai).

Efektinės dozės pasirinktiems reprezentantams apskaičiuotos vertinant visus vidinės ir išorinės apšvitos kelius:

- išorinę apšvitą būnant radioaktyviajame debesyje;
- vidinę apšvitą įkvepiant radioaktyviajame debesyje esančius radionuklidus;
- išorinę apšvitą nuo ant žemės paviršiaus nusėdusių radionuklidų;
- vidinę apšvitą, patiriamą vartojant radionuklidais užterštus maisto produktus.

Dozės daugikliai ilgalaikiai apšvitai nuo užteršto žemės paviršiaus ir vidinei apšvitai dėl maisto produktų vartojimo apskaičiuoti naudojant JAV Argonne nacionalinėje laboratorijoje sukurtą kompiuterinę programą RESRAD-ONSITE [66].

Vertinant radionuklidų sklaidą aplinkos ore nagrinėti du scenarijai [59]:

- konservatyvus, kuriuo įvertinta didžiausiai galima gyventojų apšvita ir
- realistinis, kuriuo įvertinta tikėtina gyventojų apšvita įvykus avarijai.

Vertinimai parodė, kad civilinio lėktuvo sudužimo ant bitumuotų RA saugyklos (158 statinio) avarijos lemtas radiologinis poveikis gyventojams dėl radionuklidų išmetimo į aplinkos orą yra nereikšmingas. Jonizuojančioji spinduliuotė nulemtųjų reiškinių nesukels.

Pagal konservatyvų radionuklidų sklaidos aplinkoje scenarijų gyventojų 24 valandų apšvitos efektinė dozė sudaro apie 0,001–0,003 mSv. Gyventojų apšvitos metinė efektinė dozė sudaro apie 0,06 mSv.

Pagal realistinį radionuklidų sklaidos aplinkoje scenarijų gyventojų 24 valandų apšvitos efektinė dozė yra mažesnė už 0,001 mSv. Gyventojų apšvitos metinė efektinė dozė sudaro apie 0,005 mSv.

Didžiausios dozės stebimos greta IAE aikštelės ir nuo 2 iki 5 km atstumu nuo išmetimo šaltinio (158 statinio).

9.2 Gaisras

Pagal eskiziniame projekte pateiktus pasiūlymus į likusius tuščius kanjonus bus dedamos smėlio-žvyro atliekos [33], kurios nėra degios. Deguonies patekimą prie atliekų ribos statinio konstrukcija bei įrengti paviršiniai inžineriniai barjerai. Kaip parodyta ataskaitoje [33], bitumo savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra lygi 400 °C. Tyrinėjimai parodė, kad bitumuotose atliekose, kuriose yra iki 45% išgarinto koncentrato, užsidegimo galimybę galima atmesti [56]. Atsižvelgiant į aukščiau nurodytus faktorius, gaisras dėl užsidegimo toliau neanalizuojamas.

9.3 Drenažo sistemos gedimas (patvinimas)

Aikštelės patvinimas nėra tikėtinas net ir prie konservatyvių prielaidų, būtent IAE aikštelėje nėra statinių ir dirbtinai dengtų plotų, nėra aktyvaus pagrindinių statinių zonos drenažo ir Drūkšių ežero vandens lygis per 100 metų pasiekia maksimalų 144,0 m aukštį (žr. [6]). Pagal IAE pramoninės aikštelės drenažo aprašą (žr. 3.3 skyrių), IAE aikštelėje techninėmis priemonėmis eksploatuojamos dvi vandens režimą ir vandens lygį aikštelėje reguliuojančios sistemos – gamybinė lietaus nuotekų sistema (GLK) ir pagrindinių pastatų drenažo sistema. Numatyta, kad pastatai ir pagrindinių pastatų drenažo sistema bus išmontuota IAE eksploatavimo nutraukimo metu, o GLK greičiausiai išliks ir bus palaikoma aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu. Tačiau GLK priežiūra nebus įmanoma pasibaigus aktyviam institucinės kontrolės laikotarpiui; todėl vertinamas drenažo sistemos gedimas iškart po aktyvios institucinės priežiūros laikotarpio (100 metų). Taigi, hipotetiškai priimama, kad sugedus drenažo sistemai iš atliekyno išsiskyrusių radionuklidų srautas bus perneštas paviršiniu vandeniu į Drūkšių ežerą, aplenkiant geologinius sluoksnius.

Visos vertinimo sąlygos ir įvesties parametrų vertės yra pateiktos ataskaitoje [34].

Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas vartodamas ežero vandenį, vertės potvynio atveju pateiktos 9.2 lentelėje.

9.2 lent. Apšvitos dozės, kurias gautų reprezentantas vartodamas ežero vandenį, vertės potvynio atveju

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	1,938E-05	1 260
^{99}Tc	1,488E-06	956

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{129}I	3,232E-08	452
^{137}Cs	1,246E-04	184
Suma:	1,455E-04	

Iš aukščiau pateiktos lentelės duomenų matyti, kad įvykus potvyniui bendroji apšvitos dozė yra viena dydžio eile didesnė palyginti su baziniu scenarijumi, bet išlieka trimis dydžio eilėmis mažesnė nei projektavimo kriterijus 0,1 mSv per metus. Nagrinėjamu atveju bendrosios apšvitos dozės vertę daugiausia sąlygoja ^{137}Cs radionuklidas, o kitų radionuklidų įnašas būtų nežymus.

10. POVEIKIO GYVENTOJAMS VERTINIMAS

10.1 Išmetamų radionuklidų sudėtis ir aktyvumai

10.1.1 Bitumuotų RA spinduliuotės šaltinis

Bendrieji deklaruojamų radionuklidų bitumuotose RA aktyvumai, įvertinti pagal Ignalinos AE duomenis, yra pateikti 10.1 lentelėje [34]. taip pat aktyvumas buvo įvertintas 2025 metų sausio mėn. 1 d., t.y. kai planuojama pradėti saugyklos rekonstravimo darbus.

158 statinio devyniuose kanjonuose sukaupta apie 14 422 m³ bitumuotų RA [34].

10.1 lent. Bitumuotų atliekų aktyvumai planuojamame atliekyne [34]

Radionuklidas	Bendras aktyvumas, Bq	
	Įvertintas 2019-09-01 ^{*)}	Įvertintas 2025-01-01 (rekonstrukcijos pradžia)
^{14}C	4,18E+12	4,18E+12
^{36}Cl	4,85E+09	4,85E+09
^{55}Fe	4,72E+11	1,20E+11
^{60}Co	2,02E+12	1,00E+12
^{59}Ni	3,63E+09	3,63E+09
^{63}Ni	5,93E+12	5,70E+12
^{90}Sr	1,23E+11	1,08E+11
^{94}Nb	2,54E+10	2,54E+10

Radionuklidas	Bendrasis aktyvumas, Bq	
	Įvertintas 2019-09-01 ^{*)}	Įvertintas 2025-01-01 (rekonstrukcijos pradžia)
⁹⁹ Tc	1,15E+11	1,15E+11
¹²⁹ I	1,87E+08	1,87E+08
¹³⁴ Cs	3,91E+12	6,50E+11
¹³⁷ Cs	2,85E+14	2,52E+14
²³⁴ U	1,03E+06	1,03E+06
²³⁵ U	2,49E+04	2,49E+04
²³⁸ U	3,02E+05	3,02E+05
²³⁷ Np	4,06E+04	4,06E+04
²³⁸ Pu	1,59E+08	1,53E+08
²³⁹ Pu	1,45E+08	1,45E+08
²⁴⁰ Pu	1,83E+08	1,83E+08
²⁴¹ Pu	1,11E+10	8,60E+09
²⁴¹ Am	3,48E+08	3,45E+08
Suma:	3,02E+14	2,64E+14

^{*)} Atsižvelgiant į radionuklidų vektoriaus neapibrėžtis, taip pat į neapibrėžtis dėl netolygaus radionuklidų aktyvumo pasiskirstymo kanjonuose, saugos analizei spinduliuotė šaltinio aktyvumo reikšmės vertintos konservatyviai, vienu dydžiu didesnės nei pateiktos 7.5 lentelėje.

Laikotarpiui po atliekyno uždarymo konservatyviai priimti tokie patys bitumuotose RA deklaruojamų radionuklidų aktyvumai, kaip ir rekonstrukcijos laikotarpio pradžioje, neatsižvelgiant į radioaktyvųjų skilimą, kuris labiau reikšmingas būtų kai kuriems trumpaamžiams radionuklidams.

Bitumuotų RA tankis yra $-1\ 200\ \text{kg/m}^3$, o poringumas – 0,4 [34].

10.1.2 Smėlio-žvyro RA spinduliuotės šaltinis

Bendrieji deklaruojamų radionuklidų smėlio-žvyro RA aktyvumai, įvertinti 2025-01-01 datai yra pateikti 10.2 lentelėje.

10.2 lent. Smėlio-žvyro atliekų aktyvumai priimti radionuklidų sklaidos iš planuojamo atliekyno analizei [34]

Radionuklidas	Bendrasis aktyvumas, įvertintas 2025-01-01 (rekonstrukcijos pradžia), Bq
¹⁴ C	2,15E+07
³⁶ Cl	2,19E+06
⁵⁴ Mn	2,62E+05

Radionuklidas	Bendrasis aktyvumas, įvertintas 2025-01-01 (rekonstrukcijos pradžia), Bq
^{55}Fe	2,61E+09
^{60}Co *)	8,72E+08
^{59}Ni	2,41E+08
^{63}Ni	2,50E+10
^{65}Zn	8,75E-03
^{90}Sr	6,49E+07
$^{93\text{m}}\text{Nb}$	4,29E+08
^{94}Nb	2,41E+07
^{93}Zr	2,41E+07
^{99}Tc	3,51E+05
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	4,02E-02
^{129}I	5,26E+03
^{134}Cs	3,53E+05
^{135}Cs	8,32E+03
^{137}Cs	1,60E+09
^{234}U	1,12E+03
^{235}U	2,85E+01
^{238}U	3,29E+02
^{237}Np	5,04E+01
^{238}Pu	2,49E+05
^{239}Pu	1,42E+05
^{240}Pu	1,84E+05
^{241}Pu	1,19E+07
^{241}Am	1,06E+06
^{244}Cm	4,69E+05
Suma:	3,09E+10

*) ^{60}Co aktyvumas yra išvestas priėmus šias prielaidas:

- 1-ojo bloko smėlio-žvyro RA paviršiniame 0,5 m sluoksnyje Co-60 savitojo aktyvumo maksimalios vertės siekia 28 060 Bq/kg (žr. 7.1.2.3 poskyrį);
- kituose 1-ojo bloko smėlio-žvyro RA bandiniuose nustatyta maksimali Co-60 savitojo aktyvumo vertė yra 12,71 Bq/kg (žr. 7.1.2.3 poskyrį);
- 2-ojo bloko smėlio-žvyro RA bandiniuose nustatyta vidutinė Co-60 savitojo aktyvumo vertė yra 12,25 Bq/kg (žr. 7.1.2.3 poskyrį);
- bendroji (1+2 blokų) smėlio-žvyro RA masė yra lygi 8 300 tonų;
- labiau aktyvios (priskirtos A klasei) smėlio-žvyro RA iš 1-ojo bloko sudaro ne daugiau 4% bendrosios nagrinėjamų smėlio-žvyro RA masės.

Smėlio-žvyro RA tankis yra lygus 1 650 kg/m³, poringumas – 0,4 [34].

10.2 Radionuklidų sklaidos įvertinimas

Radionuklidų sklaidos įvertinimas atliktas pagal TATENA parengtą ir rekomenduojamą paviršinių radioaktyviųjų atliekų atliekynų saugos vertinimo ISAM metodologiją [22]. Jos pagrindiniai etapai išsamiau aprašyti ataskaitoje [34] – tai 1) *Uždavinio formulavimas*; 2) *Atliekų šalinimo sistemos apibūdinimas*; 3) *Radionuklidų sklaidos scenarijų ir konceptualių modelių sudarymas*; 4) *Matematinį modelių sudarymas ir skaičiavimai*; ir 5) *Rezultatų analizė*.

10.2.1 Uždavinio formulavimas

Šioje ataskaitoje pateiktos analizės tikslas – įvertinti galimą radiologinį poveikį aplinkai ir gyventojams, kurį gali sąlygoti radionuklidų sklaida iš numatomo bitumuotų atliekų atliekyno, įrengto pagal eskiziniame projekte priimtus inžinerinius-techninius sprendinius ir pasiūlytas priemones, ilgalaikės saugos požiūriu.

Analizė atlikta atsižvelgiant į radioaktyviųjų atliekų, esamų bitumuotų ir numatomų šalinti smėlio-žvyro, fizines ir chemines savybes bei eskizinį atliekyno projektą ir atliekyno aikštelės ypatybes.

Atliekyno saugos analizėje įvertintos maksimalios reprezentanto dozių vertės lyginamos su projektavimo kriterijumi, kuris planuojamam atliekynui yra nustatytas 0,1 mSv per metus (išsamiau žr. dokumentą [34]), t.y. mažesnis nei gyventojų apribotosios metinės efektinės dozės vertė, 0,2 mSv, kuri yra nustatyta Lietuvos higienos normoje HN 73:2018 eksploatuojant ir nutraukiant branduolinės energetikos objektų eksploatavimą higienos normos reikalavimuose [46].

Netyčinio įsibrovimo į atliekyną scenarijų analizei 10 mSv ribinė metinė dozė yra nurodyta VATESI dokumente [1].

Pagal Lietuvos higienos normos [46] reikalavimus, vertinant poveikį turi būti įvertinti ir tie greta atliekyno aikštelės esantys ir planuojami branduolinės energetikos įrenginiai, kurie galėtų sąlygoti reprezentanto gaunamą metinę efektinę dozę (išsamiau žr. dokumentą [34]).

Analizuojamas laikotarpis apima atliekyno institucinės priežiūros (aktyvios – 100 m. ir pasyvios – 200 m.) laikotarpį bei laiko tarpą po institucinės priežiūros, kol galimas didžiausias poveikis reprezentantui.

Tam, kad būtų galima parodyti, kaip atskiros atliekų šalinimo sistemos komponentės (inžineriniai barjerai, aeracijos zona ir vandeningasis sluoksnis) atlieka RA sulaikymo ir saugos funkcijas, galima radionuklidų sklaida analizuojama šiuose būdinguose stebėjimo taškuose:

- kanjonų gelžbetoninių sienų ir dugno išorinėje pusėje, jų ribojimosi su gruntu vietoje;

- aktyvumų iškrovos vandeningajame sluoksnyje vietose: gręžinyje, įrengtame 50 m atstumu nuo atliekyno (galima aikštelės SAZ riba) bei Drūkšių ežere, esančiame 600 m atstumu nuo atliekyno.

10.2.2 Atliekų šalinimo sistemos apibūdinimas

Spinduliuotės šaltinio, panaudoto analizėje, aprašymas yra pateiktas 10.1 skyriuje. Žemiau, 10.3 lentelėje pateikti fiziniai ir cheminiai nagrinėjamų saugos analizėje radionuklidų parametrai. Konservatyviai priimta, kad sorbcija bitumo matricoje nedaro jokios įtakos, todėl sorbcijos koeficientų K_d vertės bitume visiems radionuklidams lygios 0.

10.3 lent. Vertintų radionuklidų fiziniai ir cheminiai parametrai (išsamiau žr. [34])

Radio-nuklidai	Pusėjimo trukmė, metai ¹⁾	Sorbcijos koeficientai (K_d) medžiagoje arba sluoksnyje, m ³ /kg						
		Bitumuotos RA ²⁾	Smėlio-žvyro RA ³⁾	Betonas (statinio sienos, dugno sluoksniai, „pagalvė“)		Smėlis (sluoksniai IGS1, IGS2, IGS3) ⁶⁾	Dirvožemis (biosfera) ⁷⁾	Skendos dalelės (ežeras) ⁷⁾
				Nedegradavęs ⁴⁾	Po cheminės degradacijos ⁵⁾			
¹⁴ C	5,73E+03	0	0,0005	0,2	0,02	0*	0,1	0,1
³⁶ Cl	3,01E+05	0	0	0,001	0,0001*	0*	0,001*	1*
⁵⁴ Mn	8,54E-01	0	0,049*	0,1*	0,01*	0,049	0,18	1
⁵⁵ Fe	2,70E+00	0	0,018**	0,1*	0,01**	0,005	0,16	5
⁶⁰ Co	5,27E+00	0	0,01	0,04	0,004	0,015	0,54	5
⁵⁹ Ni	7,50E+04	0	0,01	0,04	0,004	0,335*	0,67	10
⁶³ Ni	9,60E+01	0	0,01	0,04	0,004	0,335*	0,67	10
⁶⁵ Zn	6.68E-01	0	0,016**	0,001*	0,0001**	0,34**	2,4	0,5
⁹⁰ Sr	2,91E+01	0	0,0001	0,001	0,001	0,015	0,11	1
^{93m} Nb	1.36E+01	0	0,5	0,5	0,05	6,9*	0,9	10
⁹⁴ Nb	2,03E+04	0	0,5	0,5	0,05	6,9*	0,9	10
⁹³ Zr	1,53E+06	0	0,5	0,5	0,1*	0,005	3,3	1
⁹⁹ Tc	2,13E+05	0	0,3	0,5	0	0,217*	0,0012	0,005
^{110m} Ag	6,84E-01	0	0,01	0,001	0,001	0**	0,18	2
¹²⁹ I	1,57E+07	0	0	0,003	0,0003	0*	0,18	0,01
¹³⁴ Cs	2,06E+00	0	0,01	0,001	0,001	0,3	1,8	1
¹³⁵ Cs	2,30E+06	0	0,01	0,001	0,001	0,3	1,8	1
¹³⁷ Cs	3,00E+01	0	0,01	0,001	0,001	0,3	1,8	1

Radio-nuklidai	Pusėjimo trukmė, metai ¹⁾	Sorbcijos koeficientai (K_d) medžiagoje arba sluoksnyje, m ³ /kg						
		Bitumuotos RA ²⁾	Smėlio-žvyro RA ³⁾	Betonas (statinio sienos, dugno sluoksniai, „pagalvė“)		Smėlis (sluoksniai IGS1, IGS2, IGS3) ⁶⁾	Dirvožemis (biosfera) ⁷⁾	Skendos dalelės (ežeras) ⁷⁾
				Nedegradavęs ⁴⁾	Po cheminės degradacijos ⁵⁾			
²³⁴ U	2,44E+05	0	1	5	0,1	0,56	1,5	0,05
²³⁵ U	7,04E+08	0	1	5	0,1	0,56	1,5	0,05
²³⁸ U	4,47E+09	0	1	5	0,1	0,56	1,5	0,05
²³⁷ Np	2,14E+06	0	1	5	0,1	0,34	0,055	0,01
²³⁸ Pu	8,77E+01	0	1	5	1	0,34	4,9	100
²³⁹ Pu	2,41E+04	0	1	5	1	0,34	4,9	100
²⁴⁰ Pu	6,54E+03	0	1	5	1	0,34	4,9	100
²⁴¹ Pu	1,44E+01	0	1	5	1	0,34	4,9	100
²⁴¹ Am	4,32E+02	0	1	1	0,2	0,34	8,1	5
²⁴⁴ Cm	1,81E+01	0	1	1	0,2	1****	10*	5*

¹⁾ Vertės iš dokumento [38].

²⁾ Konservatyvios vertės.

³⁾ Vertės iš dokumento [47]. Vertės, pažymėtos „*“, priimtos tokios, kaip smėliui, o dviejų žvaigždučių simboliu „**“ pažymėtos vertės paimtos iš [48].

⁴⁾ Vertės iš dokumento [47].

⁵⁾ Vertės iš dokumento [22].

⁶⁾ Vertės iš dokumento [99]. Vertės pažymėtos „*“ – nustatytos IAE regionui [49]. Vertės pažymėtos „**“ – iš dokumento [48]. Vertės pažymėtos „***“ – iš dokumento [47]. Vertės pažymėtos „****“ priimtos kaip smėliui-žvyriui.

⁷⁾ Vertės iš dokumento [99]. Simboliu „*“ pažymėtos vertės paimtos iš [50].

Atliekyno inžinerinių barjerų, į kuriuos atsižvelgiama saugos analizėje, parametrų suvestinė pateikiama 10.4 lentelėje.

10.4 lent. Planuojamo atliekyno sluoksnių parametrai, vertinti radionuklidų sklaidos analizėje [34]

Pavadinimas	Medžiaga	Storis, m	Sausos medžiagos tankis, kg/m ³	Efektyvusis poringumas, vnt. dalis		Hidraulinis laidumas, m/s			Efektyvusis difuzijos koeficientas, m ² /s		
				Nesudeg ra- davusio barjero	Sudegra- davusio barjero	Nesudegr a-davusio barjero	Sudegradavusio barjero		Nesudegra- davusio barjero	Sudegradavusio barjero	
							1 etapas	2 etapas		1 etapas	2 etapas
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Drenažo sluoksnis	Smėlis	0,6	-	-	-	5,0E-05 ^{a)}			-		
Apsauginis sluoksnis nuo išorinių veiksnių	Moreninis molis	0,7	2 250 ^{b)}	0,35 ^{b)}		1,0E-06 ^{c)}			-		
Drenažo sluoksnis	Žvyringas smėlis	0,3	2 000	0,55		1,7E-04			-		
Izoliacinis sluoksnis	Molis	1,9 ^{d)}	1 920 ^{b)}	0,7 ^{b)}		1,0E-09 ^{b)}	1,0E-08		-		
Dujų pašalinimo sluoksnis	Smėlis	0,20	1 800	0,6		1,2E-04			-		
Gelžbetoninis sluoksnis	Betonas	0,20	2 295 ^{e)}	0,15 ^{f)}	0,25 ^{g)}	1,0E-09	1,0E-08 ^{b)}	5,0E-05 ^{a)}	3,0E-11 ^{e)}	1,0E-10 ^{h)}	5,0E-10 ⁱ⁾
Viršutinė perdanga	Betonas	0,60	2 317 ^{e)}	0,147 ^{k)}	0,25 ^{g)}	1,0E-12 ^{k)}	1,0E-08 ^{b)}	5,0E-05 ^{a)}	6,1E-12 ^{k)}	1,0E-10 ^{h)}	5,0E-10 ⁱ⁾
Radioaktyviosios atliekos	Bitumo kompaunda s	5,0	1 200 ^{e)}	-		-			-		
	Smėlis- žvyras	6,0	1 650 ^{m)}	0,40 ^{a)}		5,0E-05 ^{a)}			6,0E-10 ⁿ⁾		
Kanjonų šoninės sienos	Betonas	0,8 ^{e)}	2 264 ^{e)}	0,202 ^{j)}	0,25 ^{g)}	2E-11 ^{j)}	1,0E-08 ^{a)}	5,0E-05 ^{a)}	9,4E-11 ^{j)}	1,0E-10 ^{h)}	5,0E-10 ⁱ⁾
Dugno sluoksniai	Betonas	0,54 ^{e)}	2 317 ^{e)}	0,147 ^{k)}	0,25 ^{g)}	1E-12 ^{k)}	1,0E-08 ^{a)}	5,0E-05 ^{a)}	6,1E-12 ^{k)}	1,0E-10 ^{h)}	5,0E-10 ⁱ⁾
Išlyginamasis sluoksnis	Betonas	0,10	2 317 ^{e)}	0,147 ^{k)}	0,25 ^{g)}	1E-12 ^{k)}	1,0E-08 ^{a)}	5,0E-05 ^{a)}	6,1E-12 ^{k)}	1,0E-10 ^{h)}	5,0E-10 ⁱ⁾

158 statinio pagrindas („pagalvė“)	Betonas	1,60	2 297 ^{o)}	0,144 ^{l)}	0,25 ^{g)}	1E-12 ^{l)}	1,0E-08 ^{a)}	5,0E-05 ^{a)}	1,6E-11 ^{l)}	1,0E-10 ^{h)}	5,0E-10 ⁱ⁾
---	---------	------	---------------------	---------------------	--------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Pastabos:

- ^{*}) Visi šoninių sienų sluoksniai (žr. 7.8 lent.) susumuoti, priimant bendrą 0,8 m storį.
- ^{**}) Visi dugno sluoksniai (žr. 7.8 lent.) susumuoti, priimant bendrą 0,54 m storį, išskyrus hidroizoliacinį ruberoido sluoksnį, kuris laikomas trumpaamžiu ir radionuklidų sklaidos analizėje nevertinamas kaip saugos funkciją atliekantis barjeras (konservatyvi prielaida).
- a) Pagal duomenis iš [22].
- b) Pagal duomenis iš [30].
- c) Konservatyvi prielaida.
- d) Vidutinė vertė iš intervalo 1,5–2,4 m.
- e) Pagal duomenis iš [80].
- f) Pagal duomenis apie statybinį betoną dokumentuose [22, 25, 26].
- g) Sudegradavusiam betonui poringumo vertė taikoma remiantis [27].
- h) Atitinka 1,3E-10 m²/s vertę (sudegradavusiam betonui), nurodytą [27].
- i) Atitinka 5,0E-10 m²/s vertę (sudegradavusiam betonui), nurodytą [22, 25].
- j) Konservatyvi vertė (maksimali hidrauliniams laidumui, efektyviajam difuzijos koeficientui ir efektyviajam poringumui, ir minimali tūriniam tankiui) pasirenkama iš nustatytų verčių visiems sienų sluoksniams, žr. 7.7 lent.
- k) Parinkta vertė kaip ir dugno monolitinei plokštei, žr. 7.7 lent.
- l) Parinkta nustatyta vertė „pagalvei“, žr. 7.7 lent.
- m) Pagal dokumentą [29].
- n) Pagal duomenis iš [26].
- o) Vertė kaip smėliui (konservatyvi prielaida).

Kitos parametų vertės paimtos tokios pat kaip dokumente [32].

Tamsia fono spalva pažymėti barjerai ir sluoksniai, kuriuos planuojama įrengti pertvarkant saugyklą į atliekiną.

10.5 lentelėje duotos biosferos parametrų vertės, atsižvelgiant į vietinės aplinkos sąlygas. Užteršto vandens iš gręžinio (įrengto į vandeningą sluoksnį (IGS3)) ar ežero vartojimo atveju (radionuklidų sklaidos požeminiu vandeniu scenarijai) atsižvelgiama ir į vidinės, ir į išorinės apšvitos trasas. Išorinės apšvitos trasa – daržo dirvožemis, po daržovių palaistymo radionuklidais užterštu vandeniu. Atsižvelgta į šias reprezentanto vidinės apšvitos trasas:

- oro, užteršto iš dirvos pakilusiomis dulkėmis darbų darže metu, įkvėpimas;
- užteršto vandens nurijimas geriant;
- daržovių, laistytų užterštu vandeniu, vartojimas;
- mėsos ir pieno, gautų iš užterštu vandeniu girdytų gyvulių, vartojimas;
- žuvies, pagautos iš užteršto ežero, vartojimas;
- atsitiktinis dirvožemio (pvz., žemės dalelių, likusių ant daržovių) prarijimas.

10.5 lent. Pagrindiniai biosferos parametrai [34]

Parametro pavadinimas, matavimo vienetai	Vertė
Drūkšių ežero plotas, m ²	4,9E+09
Drūkšių ežero tūris, m ³	3,69E+08
Drūkšių ežero pratakumas, metai	3,5
Lapinių daržovių derlius, kg/m ²	0,7
Šakniavaisių derlius, kg/m ²	1
Mėsos ir mėsos produktų vartojimas, kg/metai	70
Pieno ir pieno produktų vartojimas, l/metai	300
Žuvies vartojimas, kg/metai	20
Lapinių daržovių vartojimas, kg/metai	36,5
Šakniavaisių vartojimas, kg/metai	130
Vandens vartojimas, l/metai	600

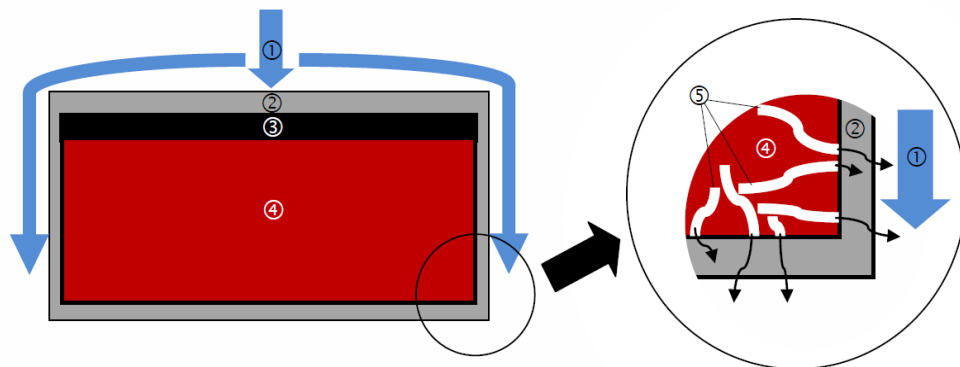
Netyčinio įsibrovimo į atliekiną, pasibaigus institucinės priežiūros laikotarpiui, atveju reprezentantu būtų gyventojas, įsikūręs atliekyno teritorijoje (įsikūrimo scenarijus), vartojantis darže užaugintas daržove, arba darbininkas, tiesiantis kelią (kelio tiesimo scenarijus), kurio apšvitą sąlygotų atidengtos RA.

10.2.3 Radionuklidų sklaidos keliai ir scenarijai

10.2.3.1 Vandens kelio scenarijai

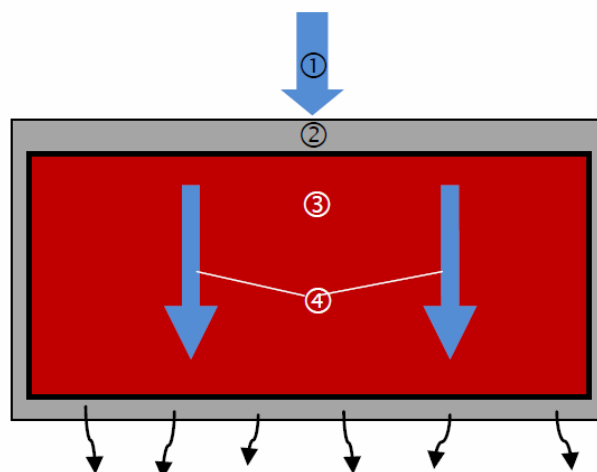
Vandens kelio scenarijai (natūralios atliekyno raidos ir barjerų degradavimo) buvo sudaryti pagal ISAM metodiką, kuri išsamiai aprašyta ataskaitoje [34]. Radionuklidų sklaidos iš atliekų zonos (iš pačių bitumo ir smėlio-žvyro atliekų per atliekyno inžinerinius barjerus) į geosferą konceptualūs modeliai yra pateikti

10.1 pav. ir 10.2 pav. atitinkamai bitumuočių ir smėlio-žvyro radioaktyviųjų atliekų atvejams.



10.1 pav. Radionuklidų pernašos (difundavimo) iš bitumo kompaundo per 158 statinio išorines gelžbetonines konstrukcijas (sienas ir dugno plokštę) konceptualus modelis:

1 – vandens srautas; 2 – 158 statinio gelžbetoninės konstrukcijos; 3 – inertinės medžiagos sluoksnis; 4 – bitumuotos RA (bitumo matrica); 5 – susiformavusios poros



10.2 pav. Radionuklidų pernašos (išplovimo) iš smėlio-žvyro radioaktyviųjų atliekų per 158 statinio dugno plokštę konceptualus modelis: 1 – vandens srautas; 2 – 158 statinio gelžbetoninės konstrukcijos; 3 – smėlio-žvyro radioaktyviosios atliekos;

4 – difuzinis-advekcinis srautas

Daugiasluoksnė atliekyno danga ir betoninės konstrukcijos po kurio laiko, esant nepalankioms sąlygoms, gali pradėti degraduoti. *Natūralios raidos scenarijuje* numatomas laipsniškas viršutinių molingų sluoksnių degradavimas, atitinkantis laipsnišką hidraulinio laidumo didėjimą, taip pat laipsniškas betoninių konstrukcijų degradavimas.

Nors Natūralios raidos scenarijus atspindi tai, kas laikoma labiausiai tikėtiniu raidos modeliu, jis jokių būdu nėra realus. Siekiant atsižvelgti į neapibrėžtumus, atsirandančius dėl atliekyno vykstančių vidinių procesų (lėtesnis ar greitesnis barjerų degradavimas) arba galimus išorinius veiksnius (geologinius procesus (tektonika), klimato pokyčius ir kt.), degradacijos laiko ir pobūdžio neapibrėžtumus, yra sudaromi kiti, *Alternatyvūs scenarijai*. Todėl Alternatyvūs scenarijai galėtų apimti ekstremalesnius klimato kaitos modelius arba mažai tikėtinus nepalankius įvykius, kuriuos atspindi ankstyvesnis ar staigesnis nagrinėjamų inžinerinių barjerų degradavimas.

Pagal TATENA dokumentą [44], tam, kad pademonstruoti vieno ar kelių barjerų vaidmenį atliekų šalinimo sistemoje, barjerams priskiriamos tokios parametrų vertės ar kitos savybės, kurios atspindėtų pervertintą, ne realistinę, barjero daromą įtaką, pavyzdžiui, priimama, kad nėra tam tikro barjero arba visiškai neveikia saugos funkcija. Priėmus ekstremalias sąlygas, galima aiškiau pademonstruoti atliekų šalinimo sistemos tvirtumą ir patvarumą ir tuo pačiu parodyti, kad atliekyno sauga nepriklauso tik nuo vieno barjero ar tik vienos saugos funkcijos. Šio tipo scenarijai dažnai vadinami *hipotetiniais („kas, jei“) scenarijais* ir taip yra atskiriami nuo realistinių scenarijų.

Atliekyno koncepcijos saugos pagrindimo ataskaitoje [34] (žr. 4 skyrių, 4.8 – 4.12 lenteles) yra nustatytos, pagrįstos ir pateiktos skirtingiems atliekyno sistemos barjerams priskirtos saugos funkcijos, laikotarpiu, kada šie barjerai veiks ir kaip jie sudegruos, saugos rodikliai ir kiekvienam analizuojamam scenarijui svarbūs saugos rodiklių kriterijai, bei išsamūs radionuklidų sklaidos vandens keliu konceptualių ir matematinių modelių aprašymai.

TATENA dokumente [44] teigiama, kad vienais atvejais, naudojant jautrumo ir/arba neapibrėžčių analizę galima pademonstruoti, kad tam tikras neapibrėžtumas yra nereikšmingas atliekų šalinimo sistemos saugai. Pavyzdžiui, jautrumo analizė gali parodyti, kad modelis nejautrus kai kuriems parametrų, net jeigu jie varijuojami per visą galimų reikšmių intervalą. Kitais atvejais, kaip pažymima dokumente [44], yra naudojamas bendrai priimtas neapibrėžčių nagrinėjimo būdas – konservatyvių (atsargių) prielaidų taikymas. Pavyzdžiui, konservatyvios prielaidos priimamos modelių supaprastinimui, arba kitas pavyzdys – konservatyvių verčių priskyrimas modelių parametrų. Šis būdas turi pranašumą, ypač norint pademonstruoti atitikimą saugos kriterijams. Tačiau, kai kuriais atvejais konservatyvios prielaidos gali nuvesti prie įvertinimų, kurie atitinka visiškai nerealias ar neįmanomas situacijas, kurias sunku interpretuoti ir suprasti. Be to, kai

konservatyvios vertės yra priskiriamos keliems parametrams, gautas analizės rezultatas gali būti per daug konservatyvus ir netinkamas sprendimo priėmimui. Taip pat reikia suprasti, kad prielaida, kuri yra konservatyvi vienam scenarijui ar vienam radionuklidui, gali būti nekonservatyvi kitam scenarijui, pavyzdžiui prielaida, dėl kurios yra pervertinama radionuklidų sklaida iš atliekyno gali tapti nepakankamo rizikos įvertinto priežastimi įsibrovimo atveju. Prielaidų konservatyvumas yra pagrindžiamas galutiniais įvertinimų rezultatais.

Analizuotiems radionuklidų sklaidos vandens keliu scenarijams priimtos konservatyvios prielaidos yra pateiktos 10.6 lentelėje.

10.6 lent. Konservatyvios prielaidos, priimtos analizuotiems radionuklidų sklaidos vandens keliu scenarijams

Eil. Nr.	Konservatyvi prielaida	Pastaba
1.	Atliekų šalinimo sistema, apimanti patį atliekyną bei technogeninio grunto ir natūralių barjerų sluoksnius, yra visiškai prisotinta vandeniu iš karto po atliekyno uždarymo	TATENA dokumente [22] pažymėta, kad aikštelėse kuriose gruntinio vandens lygis yra nepastovus ir aptinkamas arti atliekyno dugno, konceptualiame modelyje konservatyviai į radionuklidų sklaidą neįsotinta zona galima neatsižvelgti. Ilgalaikiuose vertinimuose dažniausiai pakanka priimti stacionarias sąlygas, t. y. vienmatį advekcinių srautą neįsotintoje zonoje ir vienmatį advekcinių srautą bei vienmatę ar dvimatę dispersiją įsotintoje zonoje. Atlikti radionuklidų sklaidos tyrimai neįsotintoje zonoje [23] atskleidė, kad radionuklidų koncentracija maksimalias vertes neįsotintos zonos drėgmėje pasiektų po 100 metų trumpaamžio silpnai sorbuojamo ³ H radionuklido atveju, po maždaug 8 000 metų ilgaamžio silpnai sorbuojamo ¹⁴ C radionuklido atžvilgiu ir daugiau nei po 100 000 metų ilgaamžių stipriai sorbuojamų radionuklidų (⁵⁹ Ni, ⁹⁴ Nb) atveju
2.	Nevertinamas radionuklidų sorbcijos procesas bitumo matricijoje	Sorbcijos procesas yra reikšmingas procesas, atliekantis radionuklidų sulaikymo funkciją visuose inžineriniuose ir natūraliuose atliekų šalinimo sistemos barjeruose. Sorbcijos koeficientų vertės bitumuotoms atliekoms nėra nustatytos, todėl priimama mažiausia vertė lygi 0
3.	Plieno lakštai, kuriais išklotas kanjonų vidus, būklė yra nežinoma, todėl nevertinami kaip inžineriniai barjerai	Priešingu atveju jie galėtų būti vertinami kaip inžineriniai barjerai, atliekantys radionuklidų sulaikymo funkciją, nes metalo korozija yra lėtas procesas (apie 0,05–0,1 μm per metus aerobinėmis sąlygomis ir 0,01–0,05 μm per metus anaerobinėmis sąlygomis [24]) ir gali trukti kelis šimtus metų

Eil. Nr.	Konservatyvi prielaida	Pastaba
4.	Nevertinamas hidroizoliacinis kaupo sluoksnis (didelio tankio, vandeniui nepralaidi medžiaga) kaip inžinerinis barjeras, atliekantis saugos funkciją	Kadangi nėra garantuojamas efektyvus veikimas ilgalaikėje perspektyvoje, šis sluoksnis nėra įtrauktas į ilgalaikės saugos analizę
5.	Nevertinamas hidroizoliacinis dugno sluoksnis (ruberoidas) kaip inžinerinis barjeras, atliekantis saugos funkciją	Šio sluoksnio būseną nėra nustatyta, todėl šis sluoksnis nėra įtrauktas į ilgalaikės saugos analizę
6.	Radionuklidų aktyvumas atliekyno uždarymo metu priimtas toks pats kaip ir 158 statinio rekonstrukcijos ir pertvarkymo pradžioje (2025 m.)	Tai konservatyvu trumpaamžių radionuklidų atžvilgiu, ilgaamžių radionuklidų atveju įtaka yra nežymi
7.	Įsifiltravusio vandens srautas skirstosi į gruntinį ir požeminį, tačiau dėl nustatyto gero hidraulinio ryšio tarp ištirtų laidžių sluoksnių, konservatyviai priimama, kad visas srautas kartu su išplautais radionuklidais patenka tik į vandeningą sluoksnį (IGS3), į kurį vietinis gyventojas galėtų įsirengti geriamo vandens gręžinį	Modeliuojant gaunama padidinta radionuklidų koncentracija vandeningame sluoksnyje, į kurį vietinis gyventojas galėtų įsirengti geriamo vandens gręžinį
8.	Hipotetinių scenarijų 4 atveju, kai su degradavę visi betoniniai barjerai ir neatlieka radionuklidų sulaikymo funkcijos nuo 158 st, rekonstrukcijos pradžios, priimta, kad visas srautas kartu su išplautais radionuklidais patenka tik į technogeninį gruntą (IGS1) ir juo radionuklidai migruoja į ežerą	Atsižvelgta į tai, kad per IGG tyrimus nustatyta, jog sniego tirpsmo metu ir po ilgalaikių liūčių piltiniame grunte laikinai kaupsis podirvio vanduo, kurio maksimalus lygis laikinai bus arti žemės paviršiaus. Modeliuojant gaunamas greitesnis radionuklidų patekimas į ežerą ir dėl to padidinta radionuklidų koncentracija ežere
9.	Kadangi technogeninis gruntas prie 158 statinio kai kur aptinkamas iki moreninių darinių nuogulų sluoksnio (IGS2), o kai kur iki vandeningo sluoksnio (IGS3), priimta, kad šalia 158 statinio, aplink visą jo perimetrą, technogeninis gruntas slūgso iki pat vandeningojo sluoksnio, t. y. moreninių darinių nuogulų sluoksnis (IGS2) šalia 158 statinio aplink jo visą perimetrą analizėje nėra vertinamas kaip barjeras, priimant, kad galima radionuklidų sklaida per kanjonų šonines sienas vyksta per technogeninį gruntą tiesiai į vandeningą sluoksnį (IGS3)	Ši prielaida priimta visiems radionuklidų sklaidos vandens keliu scenarijų atvejams, išskyrus hipotetinių scenarijų 4 atvejį (žr. 8 prielaidą)

Eil. Nr.	Konservatyvi prielaida	Pastaba
10.	Analizėje priimta, kad radionuklidų sklaida per kanjonų šonines sienas vyksta tiesiai į technogeninį gruntą (IGS1), nevertinant molio ir kitų atliekyno kaupo sluoksnių, įrengtų šalia sienų prieš jo uždarymą	Modeliuojant neatsižvelgta į kaupo sluoksnių, įrengtų šalia sienų, atliekamas saugos funkcijas
11.	Moreninių darinių nuogulų sluoksniu (IGS2), slūgsančio po 158 statiniu, parametrų vertės yra priimtos tokios pat, kaip ir vandeningo sluoksniu (IGS3)	Šiuo atveju priimtos mažesnės sausojo grunto tankio vertės bei didesnės efektyviojo poringumo vertės, palyginus su moreninių darinių nuogulų sluoksniui nustatytais, mažina vėlinimo koeficiento vertę, bei didesnio hidraulinio laidumo vertės, modeliuojant lemia žymiai greitesnę radionuklidų sklaidą iki vandeningo sluoksniu bei padidintą radionuklidų koncentraciją jame (ypač trumpaamžių radionuklidų atveju)
12.	Geriamojo vandens gręžinys yra įrengtas mažiausiu atstumu nuo atliekyno, t.y. ant numatomos atliekyno aikštelės ribos – 50 m nuo atliekyno	Kuo didesnis atstumas nuo sklaidos šaltinio, tuo radionuklidų aktyvumas yra mažesnis dėl veikiančių radioaktyviojo skilimo bei mechaninės dispersijos procesų
13.	Visas reprezentanto vartojamas maistas ir vanduo gaunamas iš užterštos zonos šalia atliekyno, t.y., priimama, kad 100 % vartojamo maisto ir vandens yra vietiniai	Jei būtų priimta prielaida, kad gali būti vartojami produktai ir iš neužterštos zonos, tuomet užterštų produktų vartojimo dalis atitinkamai sumažėtų, ir reprezentanto gaunamos dozių vertės būtų taip pat mažesnės

10.2.3.2 Netyčinio įsibrovimo scenarijai

Numatoma, kad pasibaigus institucinės priežiūros laikotarpiui, kai bus atšaukti veiklos ir žemės panaudos apribojimai atliekyno teritorijoje, gali įvykti netyčinis įsibrovimas į atliekiną, kuris paprastai reprezentuojamas dviem scenarijais, t.y. žmogaus įsikūrimo atliekyno teritorijoje scenarijumi ir kelio tiesimo per atliekyno teritoriją scenarijum. Tai tipiniai scenarijai, rekomenduojami TATENA dokumentuose [22, 99]. Kiti scenarijai, kaip pvz. gręžinių gręžimas ar didelio masto kasinėjimai yra labai mažai tikėtini. Vandens gręžinio įrengimas ant suformuoto inžinerinių barjerų kaupo (kalvos) yra labai mažai tikėtinas, o kasyba ar kita požeminė veikla nenumatoma, nes naudingų iškasenų vietovėje neaptikta. Tačiau gręžimas archeologiniams tyrinėjimams tolimoje ateityje (pavyzdžiui, norint sužinoti, kas yra pilkapio viduje) nėra toks mažai tikėtinas. Todėl šis atvejis taip pat išnagrinėtas.

Analizuotiems įsibrovimo scenarijams priimtos konservatyvios prielaidos yra pateiktos 10.7 lentelėje.

10.7 lent. Konservatyvios prielaidos, priimtos analizuotiems netyčinio įsibrovimo scenarijams

Eil. Nr.	Konservatyvi prielaida	Pastaba
1.	Nevertinama radionuklidų sklaida prieš įsibrovimą	Šiuo atveju įsibrovimo scenarijų vertinimuose priimamas padidintas atliekų aktyvumas; 300 metų laikotarpyje prieš įsibrovimą, atliekyne vyksta procesai, kurie sąlygoja radionuklidų sklaidą ir yra išanalizuoti natūralios atliekyno raidos scenarijuje. Nekonservatyviu atveju įsibrovimo scenarijų analizėje iš bendro atliekyno aktyvumo, reikėtų atimti radionuklidų, išmestų iš atliekyno iki įsibrovimo, aktyvumą
2.	Iškastų užterštų medžiagų sluoksnio storis lygus radioaktyviųjų atliekų zonos storiui, kitaip tariant, į scenarijų analizę yra įtrauktas visas atliekyne esantis radioaktyviųjų atliekų aktyvumas	Mažiau konservatyvi situacija būtų, kai įsibrovimo metu yra pažeidžiamas ne visas atliekynas, tuomet iškasama ir paskleidžiama tik tam tikra dalis radioaktyviųjų atliekų
3.	Visas reprezentanto vartojamas maistas ir vanduo gaunamas iš užterštos zonos šalia atliekyno, t.y., priimama, kad 100 % vartojamo maisto ir vandens yra vietiniai	Jei būtų priimta prielaida, kad gali būti vartojami produktai ir iš neužterštos zonos, tuomet užterštų produktų vartojimo dalis atitinkamai sumažėtų, ir reprezentanto gaunamos dozių vertės būtų taip pat mažesnės

Kelio tiesimo scenarijus

Kelio tiesimo scenarijuje priimama, kad kelias bus tiesiamas išilgai Atliekyno. Įvertinus atliekyno matmenis (apie $120 \times 120 \text{ m}^2$), priimama, kad per atliekiną tiesiamo kelio atkarpa bus 120 m ilgio. Iškastos radioaktyviosios atliekos susimaišys su atliekyno viršutinių inžinerinių barjerų ir statybinėmis medžiagomis. Kelią tiesiantys darbininkai gaus dozes dėl išorinės apšvitos nuo atidengtų, iškastų ir sumaišytų su dirvožemiu bei statybinėmis medžiagomis radioaktyviųjų atliekų, o taip ir dėl vidinės apšvitos nuo įkvėptų dulkių ir netyčia prarytų žemių dalelių.

Išsamūs radionuklidų sklaidos konceptualių ir matematinių modelių aprašymai įsibrovimo scenarijų atveju yra pateikti ataskaitoje [34].

Radionuklidų sklaidos atliekų zonoje, geosferoje bei biosferoje modeliavimas atliktas naudojant kompiuterinę programą *AMBER* [55].

Isikūrimo atliekyno teritorijoje scenarijus

Pasiūlytuose Atliekyno įrengimo sprendimuose viršutinių inžinerinių barjerų storis yra disesnis nei 5 m. Pagal TATENA dokumentus[22, 99], norint įrengti namui pamatą reikia iškasti apie 2,5–3 m gylis duobę. Taigi, statant namą įsibrovimo gylis yra nepakankamas, kad būtų pasiektos atliekos, todėl šio scenarijaus pasekmių vertinti nereikia. Tokia nuostata atitinka anksčiau minėtame

TATENA dokumente [99] išdėstytas nuostatas. Šis scenarijus gali būti nagrinėjamas kaip hipotetinis („kas, jei“), analizuojant dviejų įsibrovimo į atliekyną įvykių kombinaciją: kelio tiesimas, kurio metu atliekyno kalva bus išlyginta ir po kurio galėtų sekti apsigyvenimas atliekyno teritorijoje, priimant, kad namas bus pastatytas aikštelėje, kuri jau bus užteršta dėl kelio tiesimo.

Kai kurios namo statybai ir jo aplinkos formavimui skirtos neužterštos medžiagos bus atvežtos ne iš atliekyno teritorijos. Aplink namą esanti užteršta žemė gali būti naudojama žemdirbystei, t.y., netoli namo gali būti paruoštas daržas auginti daržovėms, derlingą žemės sluoksnį suformavus iš žemių, atvežtų iš už atliekyno ribų.

Šio scenarijaus atveju reprezentantui atstovauja gyventojai, gyvenantys name, pastatytame ant užterštos žemės ir vartojantys daržoves iš šalia namo esančio daržo. Kadangi vaikų ir suaugusiųjų elgesys skiriasi, apšvita skaičiuojama skirtingoms amžiaus grupėms, šiuo atveju analizuojamos trys amžiaus grupės: suaugusieji, vaikai (dešimties metų) ir kūdikiai (vienerių metų), kaip rekomenduojama TATENA saugos vadove [44].

Grėžimo scenarijus

Svarstoma galimybė gręžti archeologinių tyrinėjimų metu tolimoje ateityje (pavyzdžiui, norint sužinoti, kas yra pilkapio viduje). Įsibrovimas įvyksta iškart pasibaigus institucinės priežiūros laikotarpiui (300 metų po atliekyno uždarymo) ir apima grėžinio grėžimą per paviršinio atliekyno sluoksnius, būtent per kanjoną su bitumuotomis atliekomis (konservatyvi prielaida, nes bitumuotų atliekų aktyvumas yra daug didesnis palyginus su smėlio-žvyro atliekomis), taip pat tolesnius tyrimus laboratorijoje. Radioaktyviosios kerno atraižos ir/arba pats kernas (5 m ilgio, per RA aukštį kanjone ir 0,2 m skersmens) iškeliami į paviršių, atliekant grėžimo darbus lauke. Kerno dalis (1 m ilgio gabalas) vežama į laboratoriją tolesniam tyrimui. Tikėtina, kad pagrindinis apšvitos gavėjas bus grėžinių grėžėjas. Kiti recipientai yra darbuotojai, tiriantys grėžimo kerno atraižas laboratorijoje. Laboratorijos aplinkoje išskiriami du reprezentatyvūs recipientai: pirmasis, Nr. 1, atstovauja tyrėją, dirbantį su grėžimo kerno atraiža (20 cm ilgio) artimu atstumu (20 cm ir daugiau) nuo jos, o antrasis, Nr. 2, atstovauja darbuotojus, esančius šalia (1 m atstumu ar daugiau) iš lauko atvežto ir tam tikroje laboratorijos vietoje laikomo grėžimo kerno dalies (1 m ilgio gabalo). Pagrindinis sklaidos kelias yra tiesioginė apšvita nuo kerno atraižų ar paties kerno. Vertinamas tiesioginis poveikis visiems numatomiems recipientams, lauko darbuotojams ir laboratorijos darbuotojams. Kiti poveikio būdai yra dulkių įkvėpimas, taip pat netyčinis nurijimas užterštų kerno ar jo atraižų dalelių. Dozė, gauta įkvėpus ir nurijus, vertinama lauko darbuotojui ir reprezentantui Nr. 1 laboratorijoje. Be to, laboratorijoje reprezentantui Nr. 1 vertinamas poveikis akies lęšiukui. Tikėtina, kad apšvita nurodytiems recipientams bus palyginti trumpalaikė (valandų trukmės).

10.2.3.3 Analizuojamų scenarijų apibendrinimas

10.8 lentelėje pateikta vertintų scenarijų suvestinė.

10.8 lent. Analizuojamų scenarijų sąrašas

Nr.	Pavadinimas	Aprašymas
VANDENS KELIO SCENARIJAI		
Bazinis scenarijus		
1.	Natūralios raidos scenarijus (Bazinis scenarijus)	Natūralios atliekų šalinimo sistemos raidos vertinimas, atsižvelgiant į numatytas inžinerinių barjerų projektines funkcijas ir savybes, ir priėmus: <ul style="list-style-type: none"> • Laipsniškas molio sluoksnio degradavimas, taip pat naujai sumontuoto gelžbetonio sluoksnio viršuje, pasibaigus aktyviam institucinės priežiūros laikotarpiui (100 metų po atliekyno uždarymo); • Laipsniškas esamų gelžbetoninių konstrukcijų (viršutinės plokštės, šoninių sienų, apatinių sluoksnių ir pagrindo) degradavimas, pradedant 50 metų po atliekyno uždarymo.
Alternatyvūs scenarijai		
2.	Alternatyvus scenarijus Nr. 1	Visos barjerų projektinės funkcijos ir savybės išlieka tokios pačios kaip ir baziniame scenarijuje, bet visų esamų gelžbetoninių barjerų degradacija prasideda anksčiau, t.y. tuoj po atliekyno uždarymo.
3.	Alternatyvus scenarijus Nr. 2	Staigus inžinerinių barjerų degradavimas darant prielaidą, kad: <ul style="list-style-type: none"> • izoliacinio molio viršutinis sluoksnis degraduoja iš karto (staigus hidraulinio laidumo padidėjimas) baigus aktyvią institucinę priežiūrą (100 metų po atliekyno uždarymo); • gelžbetoninės konstrukcijos degraduoja iš karto (staigus hidraulinio laidumo ir efektyvaus difuzijos koeficiento padidėjimas) tuoj po atliekyno uždarymo.
4.	Alternatyvus scenarijus Nr. 3	Visos inžinerinių barjerų projektinės funkcijos ir savybės išlieka tos pačios, kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau bituminės matricos vandens sugėrimo greitis yra net du kartus didesnis, pradedant tuoj po atliekyno uždarymo.
Hipotetiniai („Kas, jei“) scenarijai		
5.	Hipotetinis scenarijus, 1-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų projektinės funkcijos ir savybės išlieka tokios pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau atliekyno kaupimas staigiai pereina į degraduotą būklę tuoj po atliekyno uždarymo.

Nr.	Pavadinimas	Aprašymas
6.	Hipotetinis scenarijus, 2-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų projektinės funkcijos ir savybės išlieka tokios pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau atliekyno apatinė plokštė, išlyginamasis sluoksnis, pagrindas („pagalvė“), sienos ir viršutinė perdanga staigiai pereina į būklę su plyšiais tuoj po atliekyno uždarymo , t.y. neatliekamos jokios saugos funkcijos. Kaupas yra taip pat degradavęs tuoj po atliekyno uždarymo.
7.	Hipotetinis scenarijus, 3-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų projektinės funkcijos ir savybės išlieka tokios pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau atsižvelgiant į IAE bituminės matricos savybių neapibrėžtumą, daroma prielaida, kad bituminės matricos vandens sugėrimo greitis yra žymiai didesnis, palyginti su baziniu scenarijumi.
8.	Hipotetinis scenarijus, 4-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų projektinės funkcijos ir savybės išlieka tokios pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau radionuklidai iš bitumo kompaundo išsiskiria tiesiai į technogeninį dirvožemio sluoksnį (IGS1), esantį šalia kanjonų, ir šiuo sluoksniu toliau transportuojami į ežerą. Natūralių sluoksnių (IGS1 ir IGS2) įtaka radionuklidų migracijai eliminuojama.
9.	Hipotetinis scenarijus, 5-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų ir natūralių sluoksnių projektinės funkcijos ir savybės išlieka tos pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau nuo analizės pradžios technogeninio grunto sluoksniui (IGS1) priimamos $K_d = 0$ vertės. Siekiant apimti technogeninio sluoksnio savybių neapibrėžtumus aikštelėje, eliminuojama galima technogeninio grunto sulaikymo savybių įtaka.
10.	Hipotetinis scenarijus, 6-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų ir natūralių sluoksnių projektinės funkcijos ir savybės išlieka tos pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau bitumo matrica neveikia tuoj po atliekyno uždarymo ir daroma prielaida, kad radionuklidai išsiskiria iš karto.
11.	Hipotetinis scenarijus, 7-asis atvejis	Visos inžinerinių barjerų ir natūralių sluoksnių projektinės funkcijos ir savybės išlieka tos pačios kaip ir Hipotetiniame scenarijuje, 3-asis atvejis, tačiau radionuklidų sklaidoje per dugno inžinerinius barjerus į aeracijos zoną yra atsižvelgiama ir į advekcijos procesą.
NETYČINIO ĮSIBROVIMO SCENARIJAI		
12.	Kelio tiesimo scenarijus	Analizuojamas žmogaus įsibrovimas į atliekyno teritoriją kelio tiesimo per visą aikštelę atveju pasibaigus pasyviai institucinei priežiūrai (praėjus 300 metų po atliekyno uždarymo).

Nr.	Pavadinimas	Aprašymas
13.	Gyventojų įsikūrimo atliekyno teritorijoje scenarijus	Analizuojamas žmogaus įsibrovimas statant namą atliekyno aikštelėje (po kelio tiesimo) pasibaigus pasyviai institucinei priežiūrai (praėjus 300 metų po atliekyno uždarymo) ir apšvita dėl radioaktyviųjų dujų patekimo į gyvenamąjį namą.
14.	Gręžimo scenarijus	Svarstoma galimybė gręžti archeologinius tyrinėjimus tolimoje ateityje (pvz., norint sužinoti, kas yra pilkapio viduje). Įsibrovimo įvykis įvyksta iškart pasibaigus institucinės priežiūros laikotarpiui (praėjus 300 metų po atliekyno uždarymo) ir apima gręžinio gręžimą per paviršinį atliekyną bei tolesnius tyrimus laboratorijoje. Analizuojama apšvita nuo pjūvių arba gręžimo šerdies.

10.3 Radiologinio poveikio gyventojams įvertinimas

10.3.1 Vandens kelio scenarijai

Maksimalios dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš gręžinio arba ežero naudojimo kasdienėms reikmėms, vertės natūralios atliekyno raidos scenarijaus atveju pateiktos 10.9 lentelėje.

10.9 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens vartojimo natūralios atliekyno raidos scenarijaus atveju, vertės

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo		Dėl vandens iš ežero vartojimo	
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	2,776E-03	1 540	1,194E-05	1 550
^{36}Cl	3,044E-05	367	3,762E-09	378
^{99}Tc	1,165E-05	25 200	9,502E-10	40 300
^{129}I	1,073E-04	962	2,439E-08	971
Suma:	2,925E-03		1,197E-05	

Iš 10.9 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertė yra dvejomis dydžių eilėmis mažesnė negu projektavimo kriterijus 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C , o jos pasirodymo tikimasi ne anksčiau kaip

po 1 540 metų po atliekyno uždarymo. Bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto ežero vandens vartojimo, vertė yra dvejomis dydžio eilėmis mažesnė, palyginus su bendrąja maksimalia doze, gaunama dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo.

Įvairių apšvitos kelių indėlis į maksimalią ^{14}C dozę vartojant užterštą vandenį iš gręžinio, o taip pat vartojant užterštą vandenį iš ežero pateiktas 10.10 lentelėje.

10.10 lent. Įvairių apšvitos kelių indėlis į maksimalią ^{14}C dozę vartojant užterštą vandenį iš gręžinio arba vartojant užterštą vandenį iš ežero

Apšvitos kelias	Indėlis į maksimalią dozę, %	
	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo	Dėl vandens iš ežero vartojimo
Išorinė apšvita	0,00	0,00
Užteršto dirvožemio įkvėpimas	0,00	0,00
Mėsos nurijimas	13,99	6,69
Pieno nurijimas	8,07	2,46
Šakniavaisių nurijimas	45,22	0,85
Lapinių daržovių nurijimas	8,28	0,16
Vandens nurijimas	24,31	0,46
Netyčinis dirvožemio nurijimas	0,13	0,00
Žuvies nurijimas	-	89,38

Didžiausias indėlis dėl mėsos, šakniavaisių ir vandens suvartojimo pastebimas vartojant užterštą vandenį iš gręžinio, o dėl žuvies ir mėsos – suvartojant užterštą ežero vandenį.

Maksimalios dozių vertės Alternatyvaus scenarijaus Nr. 1 atveju pateiktos 10.11 lentelėje.

10.11 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens vartojimo Alternatyvaus scenarijaus Nr. 1 atveju, vertės

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo		Dėl vandens iš ežero vartojimo	
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	2,773E-03	1 540	1,193E-05	1 5502 400
^{36}Cl	2,859E-05	328	3,533E-09	339
^{99}Tc	1,165E-05	25 200	9,502E-10	40 300
^{129}I	1,058E-04	962	2,408E-08	971
Suma:	2,919E-03		1,196E-05	

Iš 10.11 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad suminė maksimalios dozės vertė, gauta vartojant užterštą gręžinio vandenį, yra dvejomis dydžio eilėmis mažesnė nei projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C ir turėtų pasirodyti ne anksčiau kaip po 1 540 metų po atliekyno uždarymo. Bendra maksimali dozė, gauta vartojant užterštą ežero vandenį, yra dvejomis dydžio eilėmis mažesnė, palyginti su maksimalia dozės verte, gauta vartojant užterštą gręžinio vandenį. Gautas nežymus skirtumas, lyginant su maksimaliomis dozėmis, gautomis pagal bazinį scenarijų. Taip yra todėl, kad radionuklidų pernešimą iš atliekyno į aplinką daugiausia lemia difuzija iš bitumuotų RA, o ne ankstesnė atliekyno betoninių konstrukcijų degradacija.

Maksimalios dozių vertės Alternatyvaus scenarijaus Nr. 2 atveju pateiktos 10.12 lentelėje.

10.12 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens vartojimo Alternatyvaus scenarijaus Nr. 2 atveju, vertės

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo		Dėl vandens iš ežero vartojimo	
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	2,762E-03	1 540	1,188E-05	1 540
^{36}Cl	2,489E-05	114	3,053E-09	130
^{99}Tc	1,165E-05	25 200	9,502E-10	40 300
^{129}I	1,022E-04	963	2,328E-08	972
Suma:	2,901E-03		1,191E-05	

Iš 10.12 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad apskaičiuotos suminės dozės dėl užteršto vandens iš gręžinio ir iš ežero vartojimo yra labai artimos natūralios raidos scenarijaus sąlygoms ir išlieka bent dvejomis dydžio eilėmis mažesnės už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus. Taip yra todėl, kad radionuklidų pernešimą iš atliekyno į aplinką daugiausia lemia radionuklidų difuzija iš bitumuotų RA ir nedaug priklauso nuo staigaus atliekyno inžinerinių barjerų degradavimo.

Maksimalios dozių vertės Alternatyvaus scenarijaus Nr. 3 atveju pateiktos 10.13 lentelėje.

10.13 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens vartojimo Alternatyvaus scenarijaus Nr. 3 atveju, vertės

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo		Dėl vandens iš ežero vartojimo	
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	5,548E-03	1 540	2,387E-05	1 550
^{36}Cl	6,077E-05	367	7,510E-09	379
^{99}Tc	2,328E-05	25 200	1,898E-09	40 300
^{129}I	2,143E-04	962	4,872E-08	971
Suma:	5,846E-03		2,392E-05	

Iš 10.13 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad suminė maksimali dozės vertė, gauta vartojant užterštą gręžinio vandenį, yra dviem dydžio eilėmis mažesnė, palyginti su projektavimo kriterijumi – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C ir turėtų pasirodyti ne anksčiau kaip po 1 540 metų po atliekyno uždarymo. Bendra maksimali dozė, gauta vartojant užterštą ežero vandenį, yra dvejomis dydžio eilėmis mažesnė, palyginti su maksimalia dozės verte, gauta vartojant užterštą gręžinio vandenį. Skirtumas sudaro apytiksliai 2 kartus, lyginant su maksimaliomis dozėmis, gautomis pagal bazinį scenarijų. Pagrindinė priežastis – dvigubai didesnis vandens sugėrimo greitis ir dėl to radionuklidų pernešimas iš atliekyno į aplinką yra apie 2 kartus didesnis, palyginti su bazinio scenarijaus atveju.

Maksimalios dozės vertės referentinės gyventojų grupės nariui dėl užteršto gręžinio vandens vartojimo kasdieniams poreikiams Hipotetinio scenarijaus atveju, kai atliekyno kaupas pereina į degradavusia būseną iškart po atliekyno uždarymo (1-asis atvejis), pateiktos 10.14 lentelėje.

10.14 lent. Maksimalios apšvitos dozių vertės referentinės gyventojų grupės nariui dėl užteršto gręžinio vandens suvartojimo kasdieniams poreikiams hipotetinio scenarijaus atveju, kai atliekyno kaupas pereina į degradavusia būseną iškart po atliekyno

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	2,776E-03	1 540
^{36}Cl	3,041E-05	367
^{99}Tc	1,165E-05	25 200

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
<i>¹²⁹I</i>	1,073E-04	962
Suma:	2,925E-03	

Iš 10.14 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad suminė maksimalios dozės vertė, gauta dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, yra tokios pačios kaip ir bazinio scenarijaus vertės ir yra mažesnės už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus, dvejomis dydžio eilėmis. Taip yra todėl, kad radionuklidų pernešimą iš atliekyno į aplinką daugiausia lemia radionuklidų išmetimai iš bitumuotų RA, kurie daugiausia sąlygojami difuzijos, ir nelabai priklauso nuo padidėjusio infiltracijos greičio per staiga degradavusį kaupą.

Maksimalios dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo kasdienėms reikmėms, vertės Hipotetinio scenarijaus atveju, kai atliekyno apatiniai sluoksniai, pamatas, sienos ir viršutinė perdanga pereina į būseną su plyšiais tuoj po atliekyno uždarymo, o kaupas taip pat yra degradavęs tuoj po atliekyno uždarymo (2-asis atvejis) pateiktos 10.15 lentelėje.

10.15 lent. Maksimalios apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo kasdienėms reikmėms, vertės hipotetinio scenarijaus atveju, kai atliekyno apatiniai sluoksniai, pamatas, sienos ir viršutinė perdanga pereina į būseną su plyšiais tuoj po atliekyno uždarymo, o kaupas taip pat yra degradavęs tuoj po atliekyno uždarymo

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
<i>¹⁴C</i>	2,259E-02	67
<i>³⁶Cl</i>	3,747E-05	65
<i>⁹⁹Tc</i>	1,165E-05	24 800
<i>¹²⁹I</i>	1,111E-04	93
<i>²³⁹Pu</i>	2,758E-06	39 000
Suma:	2,275E-02	

Iš 10.15 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertė yra dvejomis dydžio eilėmis didesnė, palyginus su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus. Sulaikymo saugos funkciją pilnai atlieka bitumo matrica. Maksimalią dozę lemia ¹⁴C, kurios pasirodymas būtų stebimas praėjus 67 metams po atliekyno uždarymo.

Maksimalios dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo kasdienėms reikmėms, vertės Hipotetinio scenarijaus atveju, kai staiga sudegrauoja bitumo matrica iš karto po atliekyno uždarymo (3-asis atvejis) pateiktos 10.16 lentelėje.

10.16 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens iš gręžinio vartojimo hipotetinio scenarijaus atveju, kai staiga sudegrauoja bitumo matrica iš karto po atliekyno uždarymo, vertės

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	2,760E-02	1 540
^{36}Cl	3,034E-04	368
^{99}Tc	1,155E-04	25 200
^{129}I	1,063E-03	962
Suma:	2,908E-02	

Iš 10.16 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertė yra apie 10 kartų didesnė, palyginus su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C , kurios pasirodymas būtų stebimas praėjus 1 540 metų po atliekyno uždarymo.

Maksimalios dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš ežero naudojimo kasdienėms reikmėms, vertės Hipotetinio scenarijaus atveju, kai radionuklidų sklaida iš atliekyno vyksta tik piltinio grunto sluoksniu (IGS1) (4-asis atvejis), pateiktos 10.17 lentelėje.

10.17 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens iš ežero vartojimo hipotetinio scenarijaus atveju, kai atliekyno dugnas, išlyginamasis sluoksnis, pagrindas („pagalvė“), sienos ir viršutinė perdanga su plyšiais nuo rekonstrukcijos darbų pradžios, o kaupas – po aktyvios priežiūros laikotarpio, ir radionuklidų sklaida iš atliekyno vyksta tik piltinio grunto sluoksniu (IGS1), vertės

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas nuo atliekyno rekonstrukcijos pradžios, metai
^{14}C	1,930E-05	1 290
^{36}Cl	4,624E-09	375
^{99}Tc	1,037E-09	43 300
^{129}I	3,210E-08	478
Suma:	1,934E-05	

Iš 10.17 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš ežero vartojimo, vertė yra 1,6 karto didesnė, palyginus su baziniu scenarijumi (ežero atvejis), tačiau išlieka mažesnė negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C , kurios pasirodymas būtų stebimas praėjus 1 290 metams nuo atliekyno rekonstrukcijos pradžios.

Maksimalios dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš gręžinio naudojimo kasdienėms reikmėms, vertės Hipotetinio scenarijaus atveju, kai technogeninio grunto sluoksniui (IGS1) priimamos $K_d=0$ vertės (5-asis atvejis) pateiktos 10.18 lentelėje.

10.18 lent. Maksimalios dozės, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens iš gręžinio vartojimo kasdieninėms reikmėms, hipotetinio scenarijaus atveju, kai technogeninio grunto sluoksniui (IGS1) priimamos $K_d=0$ vertės

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	2.776E-03	1 540
^{36}Cl	3.044E-05	367
^{99}Tc	1.527E-04	1 030
^{129}I	1.073E-04	962
^{137}Cs	5.415E-04	237
Suma:	3.608E-03	

Iš 10.18 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertė yra 1,2 karto didesnė, palyginus su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C , kurios pasirodymas būtų stebimas praėjus 1 540 metų po atliekyno uždarymo.

Maksimalios apšvitos dozės vertės, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys dėl užteršto gręžinio vandens vartojimo kasdieniams poreikiams, Hipotetinio scenarijaus atveju, kai daroma prielaida, kad iš bituminės matricos radionuklidai išsiskiria staiga (6-asis atvejis), pateiktos 10.19 lentelėje.

10.19 lent. Maksimalios apšvitos dozės vertės, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys dėl užteršto gręžinio vandens vartojimo kasdieniams poreikiams, hipotetinio scenarijaus atveju, kai priimama, kad iš bituminės matricos radionuklidai išsiskiria staiga

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	6,787E-02	1 280

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{36}Cl	1,532E-03	330
^{99}Tc	4,324E-04	20 700
^{129}I	5,524E-03	961
Suma:	7,536E-02	

Iš 10.19 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendroji maksimalios dozės vertė, gauta dėl užteršto vandens vartojimo iš gręžinio hipotetinio scenarijaus atveju, kai daroma prielaida, kad radionuklidai iš bituminės matricos išsiskiria staiga, yra viena dydžio eile didesnė, palyginus su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę daugiausia lemia ^{14}C , kurios atsiradimo tikimasi praėjus 1280 metų po atliekyno uždarymo. Sulaikymą pilnai užtikrina atliekyno kaupas ir betoninės konstrukcijos, o bitumo kompaundui šiuo atveju nėra priskiriama jokia saugos funkcija.

Maksimalios dozių, kurias gautų reprezentantas dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo kasdienėms reikmėms, vertės Hipotetinio scenarijaus atveju, kai staiga sudegradoja bitumo matrica iš karto po atliekyno uždarymo ir radionuklidų sklaidoje per apatinius inžinerinius barjerus į aeracijos zoną atsižvelgiama į advekcijos procesą (7-asis atvejis) yra pateiktos 10.20 lentelėje.

10.20 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens iš gręžinio vartojimo hipotetinio scenarijaus atveju, kai staiga sudegradoja bitumo matrica iš karto po atliekyno uždarymo ir radionuklidų sklaidoje per apatinius inžinerinius barjerus į aeracijos zoną atsižvelgiama į advekcijos procesą, vertės

Radionuklidas	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metai
^{14}C	3,482E-02	2 460
^{36}Cl	3,811E-04	336
^{99}Tc	1,155E-04	25 200
^{129}I	1,365E-03	508
Total:	3,668E-02	

Iš 10.20 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertė yra apie 16 kartų didesnė, palyginus su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{14}C , kurios pasirodymas būtų stebimas praėjus 2 460 metų po atliekyno uždarymo.

10.3.2 Netyčinio įsibrovimo scenarijai

Įvertinimų rezultatai analizuotiems netyčinio įsibrovimo į atliekiną scenarijų atvejams pateikti 10.21 lentelėje. Lentelėje pateiktos tik tų radionuklidų dozės, kurių vertės didesnės nei 1,0E-20 mSv/metai.

10.21 lent. Netyčinio įsibrovimo į atliekiną atvejais apskaičiuotos maksimalios dozės, tenkančios reprezentantui

Radio-nuklidas	Bendroji dozė, mSv/metai						
	Kelio tiesimo atveju	Įsikūrimo aikštelėje atveju			Gręžimo atveju		
		Suaugusiajam	Vaikui	Kūdikiiui	Darbuotojui	Tyrėjui Nr. 1	Tyrėjui Nr. 2
¹⁴ C	6,635E-05	2,392E-01	2,515E-01	3,507E-01	1,009E-05	2,128E-05	
³⁶ Cl	2,150E-07	2,456E-02	3,690E-02	7,838E-02	1,677E-08	3,969E-08	
⁵⁹ Ni	6,001E-09	7,526E-06	9,941E-06	2,182E-05	7,932E-10	1,980E-09	
⁶³ Ni	2,625E-06	3,050E-03	4,307E-03	9,176E-03	3,870E-07	8,747E-07	
⁶⁰ Co	2,655E-17	1,925E-15	1,250E-15	9,022E-16	1,514E-19	2,480E-19	1,590E-19
⁹⁰ Sr	8,726E-08	1,951E-03	4,062E-03	5,563E-03	7,895E-09	2,219E-08	
^{93m} Nb	4,855E-16	1,310E-13	2,123E-13	5,258E-13			
⁹⁴ Nb	1,853E-03	1,331E-01	8,398E-02	5,761E-02	4,454E-04	7,485E-04	4,612E-04
⁹³ Zr	1,261E-09	1,784E-07	1,080E-07	1,867E-07			
⁹⁹ Tc	3,062E-06	7,477E-01	1,161E+00	2,967E+00	5,300E-07	7,786E-07	3,815E-09
¹²⁹ I	3,668E-07	2,107E-03	2,773E-03	2,240E-03	1,125E-07	3,807E-07	8,466E-08
¹³⁴ Cs	5,461E-18	4,343E-16	2,695E-16	1,852E-16			
¹³⁵ Cs	3,614E-13	5,157E-10	3,317E-10	3,187E-10			
¹³⁷ Cs	6,771E-03	5,800E-01	3,596E-01	2,528E-01	1,980E-03	3,343E-03	2,101E-03
²³⁴ U	1,673E-07	1,587E-05	2,731E-05	3,058E-05	2,398E-08	2,226E-08	8,960E-12
²³⁵ U	2,221E-08	8,511E-07	8,932E-07	8,616E-07	5,179E-09	3,109E-09	1,669E-10
²³⁸ U	7,980E-08	7,284E-06	1,250E-05	1,399E-05	1,164E-08	1,060E-08	1,948E-12
²³⁷ Np	1,324E-08	1,033E-07	1,208E-07	1,174E-07	2,981E-09	1,736E-09	5,658E-11
²³⁸ Pu	1,887E-06	7,477E-06	9,948E-06	5,859E-06	4,397E-07	2,432E-07	7,540E-11
²³⁹ Pu	2,078E-05	8,216E-05	5,801E-05	6,207E-05	4,844E-06	2,674E-06	6,029E-10
²⁴⁰ Pu	2,556E-05	1,010E-04	7,133E-05	7,634E-05	5,960E-06	3,293E-06	8,492E-10

Radio-nuklidai	Bendroji dozė, mSv/metai						
	Kelio tiesimo atveju	Įsikūrimo aikštelėje atveju			Gręžimo atveju		
		Suaugusiajam	Vaikui	Kūdikiiui	Darbuotojui	Tyrėjui Nr. 1	Tyrėjui Nr. 2
²⁴¹ Pu	2,124E-05	9,551E-05	1,273E-04	8,554E-05	4,937E-06	2,723E-06	
²⁴¹ Am	2,475E-05	1,113E-04	1,484E-04	9,965E-05	6,043E-06	3,697E-06	3,155E-07
²⁴⁴ Cm	1,823E-10	7,202E-10	9,665E-10	5,445E-10			
Suma:	8,791E-03	1,733E+00	1,905E+00	3,724E+00	2,459E-03	4,128E-03	2,563E-03

Iš 10.21 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad darbininko, tiesiančio kelią atliekyno teritorijoje, bendra apšvitos dozė yra keturiomis dydžio eilėmis mažesnė už nustatytą dozės ribą – 10 mSv/metams. Didžiausia dalimi bendrosios apšvitos dozės vertę sąlygoja ⁹⁴Nb ir ¹³⁷Cs.

Įsikūrimo atliekyno aikštelėje atveju visoms amžiaus grupėms tenkančios dozės yra mažesnės nei 4 mSv/metai, t.y. mažiau už dozės ribą – 10 mSv/metams. Didžiausią dozę gautų kūdikis, kuriam bendrosios apšvitos dozės vertę didžiaja dalimi sąlygotų ⁹⁹Tc.

Gręžimo scenarijaus atveju apskaičiuotos dozės visiems aptariamais reprezentantams yra mažesnės nei 0,5E-03 mSv/metai, t.y. daug mažesnės už dozės ribą – 10 mSv/metams.

10.3.3 Duomenų apie aikštelę neapibrėžtumai

Duomenų apie aikštelę neapibrėžtumų analizei buvo pasirinkti vandeningojo sluoksnio (IGS3) parametrai, įtraukti į radionuklidų sklaidos analizės modelius, kurių vertės, pagal pateiktus duomenis, kinta ganėtinai plačiuose intervaluose (žr. verčių intervalus 3.2 lent.), t.y. buvo išnagrinėta galimų hidraulinio laidumo ir sluoksnio storio, o taip pat vandens srauto gradiento variacijų įtaka dozių vertėms. Visi minėti vandeningojo sluoksnio parametrų kitimai gali būti siejami ir su klimato kaita. Išanalizuoti šeši alternatyvūs bazinio (natūralios atliekyno raidos) scenarijaus atvejai: priėmus minimalią (0,02 m/d) ir maksimalią (63,5 m/d) hidraulinio laidumo vertę bei minimalų (0,4 m) ir maksimalų (16 m) sluoksnio storio vertę, o taip pat vandens srauto gradiento variacijos. Neapibrėžtumų vertinimo rezultatai pateikti 10.22 lentelėje.

10.22 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens vartojimo natūralios atliekyno raidos scenarijaus atveju priėmus skirtingas vandeningojo sluoksnio hidraulinio laidumo bei storio, o taip pat vandens srauto gradiento vertes

Radio-nuklidai	Maksimali dozės vertė, mSv/metai					
	Hidraulinio laidumo variacijos		Sluoksnio storio variacijos		Vandens srauto gradiento variacijos	
	Minimali vertė	Maksimali vertė	Minimali vertė	Maksimali vertė	30% mažesnis	30% didesnis
^{14}C	3,103E-02	3,269E-04	2,104E-02	1,450E-03	3,824E-03	2,179E-03
^{36}Cl	3,431E-04	3,580E-06	2,341E-04	1,589E-05	4,197E-05	2,389E-05
^{99}Tc	9,820E-05	1,439E-06	9,284E-05	6,063E-06	1,560E-05	9,286E-06
^{129}I	1,188E-03	1,264E-05	8,107E-04	5,606E-05	1,477E-04	8,421E-05
Suma:	3,266E-02	3,446E-04	2,218E-02	1,529E-03	4,029E-03	2,296E-03

Iš 10.22 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad išnagrinėtų parametru variacijų atvejais dozės įverčiai kinta vienos dydžio eilės intervale, palyginus su dozių įverčiais, gautais bazinio scenarijaus atveju (žr. 10.9 lent.), ir išlieka viena-trejomis dydžio eilėmis mažesnės negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus.

8.2 skyriuje išnagrinėtas ekstremalių kritulių atvejis atspindi labai konservatyvų vertinimą, kai vandens, pratekančio per technogeninio grunto sluoksnį, srautas padidėja iki maksimalaus jo hidraulinio laidumo vertės. Šiuo atveju dozių vertės padidėja apie 40%, palyginus su baziniu atveju, tačiau išlieka dvejomis dydžio eilėmis mažesnės negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus.

Analizė Hipotetinio scenarijaus 2-uoju atveju, kai visiškai prarandamos izoliavimo (hidraulinio laidumo) ir sulaikymo (difuzijos, sorbcijos ar vandens sugėrimo) funkcijos, bet sulaikymo funkcija pilnai atliekama bituminės matricos, parodė, kad dozių, gaunamų dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertės yra dvejomis dydžio eilėmis didesnės, palyginus su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnės negu projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus.

Jei iš bituminės matricos aktyvumas išsiskiria iš karto (Hipotetinis scenarijus, 6-asis atvejis), darant prielaidą, kad kaupai ir betoniniai barjerai veikia taip, kaip tikėtasi, t.y. sulaikymą visiškai užtikrina atliekyno kaupai ir betoninės konstrukcijos, tai maksimali dozės vertė yra dvejomis dydžio eilėmis didesnė, palyginti su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus.

10.3.4 Pakopinės apsaugos principo atitikimas

Remiantis [45], atliekamas įvairių sistemos ir jos komponentų raidos scenarijų pakopinės apsaugos (apsaugos „gilyn“) principo įvertinimas, siekiant parodyti, kad bus išlaikyta tinkama apsauga. Pakopinės apsaugos principas (PAP) reiškia, kad sauga pernelyg nepriklauso: nuo vieno

radioaktyviųjų atliekų šalinimo sistemos elemento, pvz., atliekų pakuotės; arba dėl kontrolės priemonės, pvz., atliekų pakuočių inventoriaus patikrinimo; arba dėl vienos saugos funkcijos vykdymo, pvz., radionuklidų izoliavimo ar jų sklaidos sulaikymo: arba dėl administracinio proceso, pvz., patekimo į vietą kontrolės arba objekto priežiūros procedūrų.

Saugos funkcija, pvz., radionuklidų izoliavimas, siekiant užkirsti kelią arba kontroliuoti jų išsiskyrimą, atliekama naudojant fizinį objektą ir cheminę savybę arba procesą, kuris prisideda prie radionuklidų izoliavimo ir (arba) atliekų izoliavimo šalinimo sistemoje, pvz., mažo laidumo barjeras vandeniui ir didelė radionuklidų sorbcijos geba, dėl kurios sumažėja išplovimo greitis [45].

Pakopinės apsaugos principo vertinimas apima šalinimo sistemos ir jos komponentų bei savybių veiksmingumo įvertinimą, atsižvelgiant į jų gebėjimą laikui bėgant atlikti saugos funkcijas tiek situacijose, kurių tikimasi (pvz., dėl natūralios barjerų degradacijos) ir situacijose, kai gali atsirasti sistemos trikdžių (analizuojami hipotetiniai „kas būtų, jei“ scenarijai).

Atliekų šalinimo sistemos atsako į ištirtas situacijas suvestinė, atspindinti jos atitikimą PAP (šalinimo sistema nepriklauso nuo vieno įrengto inžinerinio barjero saugos funkcijos), pateikta 10.23 lentelėje. Iš esmės trys analizuoti scenarijai atspindi PAP principo laikymąsi – tai hipotetiniai scenarijai 1 atvejis, 2 atvejis ir 6 atvejis.

10.23 lent. Scenarijų suvestinė, vertinant pakopinės apsaugos principą

Scenarijaus pavadinimas	Analizuojamas PAP aspektas	Efektinė dozė reprezentantui, mSv/metai		Išvada
		Analizuotas scenarijus	Bazinis scenarijus	
Hipotetinis scenarijus, 1-asis atvejis	Dalinis saugos funkcijos pablogėjimas: kaupo sulaikymas (izoliavimas). Atliekyno kaupas staiga pereina į degraduotą būklę vos tik uždarius atliekyną.	2,925E-03	2,925E-03	Maksimalios dozės vertės išlieka tokios pačios, nes radionuklidų pernešimą iš atliekyno į aplinką daugiausia lemia radionuklidų išmetimai iš bitumuotų RA, kurie yra sąlygojami difuzijos, todėl nelabai priklauso nuo padidėjusio infiltracijos greičio per staiga degraduotą kaupą. Maksimali dozės vertė išlieka dvejomis dydžio eilėmis mažesnė už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus. Tai atitinka PAP, kad šalinimo sistemos sauga neturi priklausyti nuo atskiro šalinimo sistemos elemento savybių.
Hipotetinis scenarijus, 2-asis atvejis	Dalinis saugos funkcijos pablogėjimas: kaupo ir betoninių barjerų sulaikymas.	2,275E-02	2,925E-03	Šiuo atveju sulaikymo saugos funkcija pilnai atliekama bitumo matricos.

Scenarijaus pavadinimas	Analizuojamas PAP aspektas	Efektinė dozė reprezentantui, mSv/metai		Išvada
		Analizuotas scenarijus	Bazinis scenarijus	
	Atliekyno apatinė plokštė, išlyginamasis sluoksnis, pamatai („pagalvė“), sienos, taip pat viršutinė plokštė staiga pereina į būklę su plyšiais, t.y, nebeatliekama jokia saugos funkcija vos tik uždarius atliekyną . Kaupas taip pat yra degradavęs vos tik uždarius atliekyną.			Maksimali dozės vertė yra viena dydžio eile didesnė, lyginant su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka 5 kartus mažesnė už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus. Tai atitinka PAP. kad šalinimo sistemos sauga neturi priklausyti nuo atskiro šalinimo sistemos elemento savybių.
Hipotetinis scenarijus, 6-iasis atvejis	Visos inžinerinių barjerų ir natūralių sluoksnių projektavimo funkcijos ir savybės išlieka tokios pačios kaip ir baziniame scenarijuje, tačiau bitumo matrica neveikia iškart po atliekyno uždarymo ir daroma prielaida, kad radionuklidai išsiskirs staiga.	7,536E-02	2,925E-03	Šiuo atveju bitumo kompaundui saugos funkcija nepriskiriama, o sulaikymą, visiškai užtikrina kaupas ir atliekyno betoninės konstrukcijos. Maksimali dozės vertė yra viena dydžio eile didesnė, lyginant su baziniu scenarijumi, tačiau išlieka mažesnė už projektavimo kriterijų – 0,1 mSv per metus. Tai atitinka PAP. kad šalinimo sistemos sauga neturi priklausyti nuo atskiro šalinimo sistemos elemento savybių.

Atliekų šalinimo sistemos atsakas į trikdžius analizuojamas pagal hipotetinius (perdėtus, nerealius) „kas būtų, jei“ scenarijus, darant prielaidą, kad įvyksta dalinis barjero suirimas ar saugos funkcijos pablogėjimas iškart uždarius atliekyną. Nagrinėjamas staigus šalinimo sistemos sulaikymo saugos funkcijos pablogėjimas. Fiziniai barjerai, sudarantys šalinimo sistemą, įskaitant atliekų matricą, atliekyno struktūrą ir geologinę formaciją, užtikrina saugos funkcijas dėl fizinių ar cheminių savybių, taip pat procesų, kurie prisideda prie sulaikymo ir izoliavimo, pavyzdžiui: pralaidumas vandeniui, radionuklidų susilaikymas ir radionuklidų migracijos stabdymas. Ištirtos situacijos atspindėjo jų atitiktį pakopinės apsaugos principui, kai sauga pernelyg nepriklauso nuo atskiro šalinimo sistemos elemento savybių. Pagal hipotetinius („kas būtų, jei“) scenarijus, skirtus laikotarpiui po uždarymo, daugelio fizinių ir kitų saugos funkcijas atliekančių elementų buvimas užtikrina, kad net jei kuris nors iš jų neveikia visiškai taip, kaip tikėtasi, išliks pakankama saugos riba.

11. KITI AIKŠTELĖS SAUGOS ĮVERTINIMO ASPEKTAI

11.1 Fizinė sauga

Branduolinės energijos įstatyme [89] numatyti branduolinės energetikos objektų, branduolinių medžiagų ir branduolinio kuro ciklo medžiagų fizinės saugos tikslai:

- garantuoti tinkamą branduolinės energetikos objekto, branduolinių medžiagų ir (ar) branduolinio kuro ciklo medžiagų apsaugą nuo neteisėto jų užvaldymo ar pagrobimo;
- užtikrinti apsaugą nuo nesankcionuoto pašalinių asmenų patekimo į branduolinės energetikos objekto apsaugos zonas;
- apsaugoti branduolinės energetikos objektą, branduolines medžiagas ir (ar) branduolinio kuro ciklo medžiagas nuo veiksmų, kurie tiesiogiai arba netiesiogiai keltų riziką žmonių sveikatai ir saugumui dėl jonizuojančiosios spinduliuotės, išvengti branduolinės energetikos objektų normalios veiklos sutrikdymo;
- užtikrinti neteisėto branduolinės energetikos objekto, branduolinių medžiagų ir (ar) branduolinio kuro ciklo medžiagų užvaldymo ar pagrobimo, nesankcionuoto pašalinių asmenų patekimo į branduolinės energetikos objekto apsaugos zonas, taip pat veiksmų, kurie tiesiogiai arba netiesiogiai keltų riziką žmonių sveikatai ir saugumui dėl jonizuojančiosios spinduliuotės, ir branduolinės energetikos objektų normalios veiklos sutrikdymo prevenciją.

Įstatymo nuostatų įgyvendinimas apibrėžtas VATESI branduolinės saugos reikalavimuose [90]. Reikalavimuose nurodyti šie esminiai fizinės saugos užtikrinimo principai:

- proporcingumo (angl. graded approach) principas, reiškiantis, kad ištekliai fizinei saugai užtikrinti bei naudojamos fizinės saugos sistemos techninės ir organizacinės priemonės turi būti atitinkančios pasekmes, kurios gali kilti dėl neteisėtos veikos prieš branduolinės energetikos objektą, branduolinės energetikos objekto aikštelę, branduolines ir (arba) branduolinio kuro ciklo medžiagas;
- pakopinės apsaugos („apsaugos gilyn“, angl. defense in depth) principas, reiškiantis, kad fizinės saugos sistema turi būti sudaryta iš kelių organizacinių ir techninių priemonių lygių, kurie sudarytų nepalankias sąlygas neteisėtos veikos vykdytojui, bandančiam vieną po kito šiuos lygius įveikti.

IAE fizinės saugos sistema apibūdinama kaip visuma organizacinių, teisinių ir techninių priemonių, nukreiptų apsaugoti įrangą bei radioaktyvias medžiagas nuo jų neteisėto valdymo ar užgrobimo ir nuo nesankcionuoto asmenų įėjimo į IAE teritoriją.

Esamos IAE fizinės saugos sistemos tikslai yra:

- asmenų, galinčių patekti prie branduolinių medžiagų ir radioaktyviųjų atliekų, skaičiaus sumažinimas;
- nesankcionuoto patekimo į IAE teritoriją prevencija;
- savalaikis ir patikimas nesankcionuotų bandymų patekti į riboto patekimo zonas nustatymas;
- įsibrovimo prevencija;
- nesankcionuotų veiksmų prevencija;
- asmenų, kurių veiksmai gali būti nukreipti įvykdyti arba paruošti branduolinio terorizmo veiksmus arba nesankcionuotai užvaldyti radioaktyvias atliekas, sulaikymas;
- personalo įėjimo/išėjimo į/iš IAE teritorijos registravimas.

Vadovaujantis VATESI branduolinės saugos reikalavimų [1] 68 punktu, vertinant atliekyno aikštelę toliau išanalizuotos ir įvertintos organizacinių ir techninių priemonių fizinei saugai užtikrinti įrengimo galimybės, apžvelgiamos būsimo atliekyno aikštelės ir jos aplinkos savybės (topografija, infratruktūra, meteorologinės sąlygos ir kt.), galinčios turėti įtakos fizinės saugos užtikrinimo priemonių taikymui ar jų veiksmingumui.

Veiksniai, darantys įtaką branduolinės energetikos objekto fizinės saugos organizacinėms ir techninėms priemonėms, yra šie:

- meteorologiniai;
- esanti ir planuojama infrastruktūra;
- vietovės topografija;
- kiti veiksniai.

Meteorologiniai veiksniai bitumuotų atliekų saugyklos aikštelėje, išnagrinėti šios ataskaitos 3.5 skyriuje. Atsižvelgiant į 3.5 skyriuje pateiktus duomenis, esamos bitumuotų atliekų saugyklos eksploatavimo, jos pertvarkymo į atliekiną, atliekyno eksploatavimo metu reikalavimai esamoms IAE aikštelės fizinės saugos priemonėms dėl meteorologinių veiksnių nesikeis. BEO fizinės saugos reikalavimai techninėms priemonėms (aptvėrimui, vaizdo stebėjimo ir apsaugos signalizacijos sistemoms ir t.t.) išliks nepakitusios meteorologinių sąlygų atžvilgiu.

Planuojamas bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos pertvarkymas į atliekiną vykdomas išskirtinai Ignalinos AE pramoninėje aikštelėje. IAE aikštelės ribos dar pakankamai ilgą laiką nesikeis, todėl pertvarkymo laikotarpiu praktiškai visos fizinės saugos sąlygos bus tokios pačios.

Rengiantis griauti ar perkelti esamą IAE fizinės saugos perimetrą, turi būti įrengtas fizinės saugos perimetras (mažesnės apimties ir su atitinkamomis techninėmis fizinės saugos priemonėmis), skirtas išskirtinai bitumuotų radioaktyviųjų atliekų atliekynui.

Nagrinėjant esamos infrastruktūros pokyčių įtaką fizinei saugai bitumuotų atliekų saugyklos eksploatacijos, jos pertvarkymo į atliekiną, atliekyno eksploataavimo metu, būtina įvertinti IAE galutiniame eksploataavimo nutraukimo plane (toliau – GENP) [97] pateiktas sąlygas dėl bitumavimo funkcinio komplekso ateities, kuriame nurodoma, jog saugyklos pertvarkymas į atliekiną turėtų būti vykdomas, atsižvelgiant į 150, 151/154, ir 156 pastatų griovimo planus bei 158/2 pastato panaudojimo ilgalaikėje perspektyvoje klausimus, kadangi būsimo atliekyno inžinerinis barjeras (daugiasluoksnis kaupas) ribojasi su minėtais pastatais.

Remiantis GENP numatytu darbų grafiku, 151/154 pastato nebekontroliavimas ir nugriovimas numatytas 2034 metais, o 150 ir 156 pastatų nugriovimas 2035 metais [97].

Kadangi dėl 158/2 pastato nugriovimo sprendimo dar nėra, tai bitumuotų atliekų atliekyno fizinės saugos užtikrinimo priemonės turėtų būti vertinamos ir įgyvendinamos kartu su 158/2 pastatu.

IAE aikštelėje, greta 158/2 pastato esantis kietųjų radioaktyviųjų atliekų išėmimo kompleksas (155, 155/1, 157, 157/1 pastatai) yra aptvertas papildoma tvora (dar vienas fizinės saugos perimetras), todėl besikeičiant IAE teritorijos perimetrui bitumuotų atliekų saugyklos ir tuo pačiu atliekyno įtakos fizinės saugos užtikrinimui neturės.

Atsižvelgiant į aukščiau pateiktą informaciją, 151/154, 150 ir 156 pastatų nugriovimo projektuose turi būti įvertinta įtaka bitumuotų atliekų saugyklos ir 158/2 pastato saugai svarbių konstrukcijų sistemų ir komponentų fizinės saugos priemonėms, tai yra įvertinta numatoma grėsmė dėl vykdomų griovimo darbų.

Kadangi bitumuotų atliekų atliekyno fizinės saugos priemonių įrengimas numatomas atlikus aplink esamą saugyklą esančių pastatų griovimo darbus, tai infrastruktūros veiksniai nepaveiks atskirų fizinės saugos sistemų sudarančių posistemų ar jų priemonių.

Vertinant IAE teritorijoje esančių vidaus kelių infrastruktūros įtaką 158 statinio fizinei saugai paverčiant jį atliekynu reikėtų atkreipti dėmesį, kad būsimo atliekyno inžinerinis barjeras (daugiasluoksnis kaupas) kirsis su IAE vidiniu keliu Nr. 10 ir vidinio kelio Nr. 19 atšaka. Tačiau vertinant 158 ir 158/2 pastatus bei 151/154, 150 ir 156 pastatų griovimo darbus kompleksiškai, turėtų būti skiriamas dėmesys IAE vidiniams keliams Nr. 19, Nr. 10, Nr. 1, Nr. 12 ir Nr. 8.

IAE eksploatavimo nutraukimo metu fizinės saugos perimetro perkėlimo darbai turėtų būti vykdomi laikantis modifikacijų BEO įgyvendinimo reikalavimų [97].

Vertinant vietovės topografijos įtaką fizinei saugai bitumuotų atliekų saugyklos eksploatacijos, jos pervarkymo į atliekyną, atliekyno eksploatavimo metu, būtina atsižvelgti į:

- vietovės reljefą;
- vandens telkinius;
- požeminius vandenius.

Atsižvelgiant į šios ataskaitos 3 skyriuje apibūdintas aikštelės charakteristikas vietovės reljefas yra nuo silpnai banguoto iki silpnai kalvoto. Vietovės reljefas neturės įtakos bitumuotų atliekų saugyklos bei atliekyno atskiroms fizinės saugos sistemą sudarančioms posistemėms ar jų priemonėms, kadangi vadovaujantis IAE galutiniu eksploatavimo nutraukimo planu griauant statinius, kurie atitinka nekontroliuojamus radioaktyvumo lygius, bus pašalintos tos konstrukcijos, kurios yra virš žemės paviršiaus (iki 0,5 m gylio žemiau paviršiaus, taip, kaip to reikalauja statybą reglamentuojantys teisės aktai). Požeminės dalys, esančios giliau nei 0,5 m nuo žemės paviršiaus, bus paliktos, pastatų rūšiai bus užpildyti betono skalda, kuri bus pagaminta iš griaujamų statinių konstrukcijų. Kitaip tariant, esančių pastatų griovimo darbai bus vykdomi „sulyginant“ aikštelę su esamu reljefu.

Teritorijoje potvynio galimybė yra menka. Visas paviršinis vanduo per paviršinių nuotėkių asfaltu, drenažo sistemomis ar per piltinį gruntą, smėlio sluoksnius drenuosis į Drūkšių ežerą, kuris yra apie 600 m nuo 158 statinio. Šis veiksnys taip pat objekto fizinei saugai įtakos neturės.

Pagal IGG tyrimų ataskaitos [6] išvadas aikštelėje požeminis vanduo buvo aptiktas 1,0–3,0 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Šis faktorius turėtų būti įvertintas projektuojant fizinės saugos požemines komunikacijas atliekyno fizinės saugos įrengimo projekte (Techniniame projekte).

Prie kitų, galinčių daryti įtaką fizinės saugos priemonėms, veiksnių yra priskiriama aplinkoje esanti gyvūnija ir augmenija. Atsižvelgiant į tai, jog iki atliekyno inžinerinio barjero (daugiasluoksniu kaupo) įrengimo bus aktyviai vykdoma veikla, susijusi su greta esančiais objektais, tai šiuo periodu neigiamos įtakos gyvūnija ir augmenija atskiroms fizinės saugos sistemą sudarančioms posistemėms ar jų priemonėms neturės. Vėlesniuju periodu, kai teritorija aplink atliekyną bus rekultyvuota, augmenija ir gyvūnija kels grėsmę objekto fizinei saugai. Ši grėsmė turėtų būti įvertinta atliekyno fizinės saugos įrengimo projekte (Techniniame projekte).

Fizinė sauga Ignalinos AE aikštelėje yra organizuojama pagal iš anksto parengtą ir reguliuojančios institucijos patvirtintą fizinės saugos užtikrinimo planą. Planas paruoštas ir

patvirtintas remiantis VATESI branduolinės saugos reikalavimais [95] ir branduolinės saugos taisyklėmis [96]. Planas parengtas atsižvelgiant į Ignalinos AE aikštelės skirstymą į apsaugos zonas. Fizinės saugos planas ir jį papildantys dokumentai yra įslaptinti ir šioje ataskaitoje nėra vertinami. Jeigu bus reikalingos papildomos fizinės saugos priemonės, susijusios su planuojama veikla, jos bus numatytos IAE aikštelės fizinės saugos užtikrinimo plane. Taip pat ir po atliekyno uždarymo, aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu, atsižvelgiant į aikštelės ir jos aplinkos savybių pokyčius, atliekyno aikštelėje bus numatytos ir taikomos reikiamos fizinės saugos priemonės, atitinkančios galiojančių normatyvinių dokumentų reikalavimus ir nuostatas. Taigi fizinės saugos sistemą sudarančios posistemės: apsaugos signalizacijos sistema, įsibrovimo ir įsilaužimo aptikimo sistema, patekimo kontrolės sistema, vaizdo stebėjimo sistema, ryšio sistema, užlaikymo sistema, reagavimo sistema, turės būti įdiegtos, vadovaujantis Branduolinės saugos reikalavimų [95] nuostatomis, uždarytam atliekynui po IAE aikštelės statinių nugriovimo ir perimetro pakeitimo.

Apibendrinant aukščiau atliktą analizę, rengiant projektinius sprendinius atliekyno fizinės saugos sistemos įdiegimui, rekomenduojama atsižvelgti į šiame skyriuje išvardintus nepalankius veiksnius fizinės saugos sistemų patikimumui ir ilgaamžiškumui.

11.2 Avarinė parengtis

Pagal Branduolinės saugos reikalavimus [90] branduolinį energetikos objektą (BEO) eksploatuojanti organizacija (licencijos turėtojas) privalo užtikrinti avarių ir incidentų prevenciją, o jiems įvykus pasirėngimą nedelsiant:

- vykdyti priemones, kad BEO būtų grąžintas į saugią būseną, kurioje užtikrinamas ilgalaikis saugos funkcijų vykdymas;
- apsaugoti žmones, esančius BEO ir jo sanitarinės apsaugos zonoje;
- švelninti avarijos padarinius;
- atlikti avarijos klasifikavimą;
- informuoti apie avariją VATESI ir kitas valstybės valdymo ir priežiūros institucijas, dalyvaujančias reagavime į avariją;
- pasitelkti į pagalbą civilinės saugos sistemos pajėgas ir priemones avarijai likviduoti;
- avarių padarinių švelninimui ir likvidavimui pasitelkti reikiamas paslaugas ir priemones iš už BEO aikštelės ribų esančių subjektų;
- vykdyti taršos radionuklidais stebėseną BEO viduje ir jo sanitarinės apsaugos zonoje.

Pagal reikalavimus [90] licencijos turėtojas turi sudaryti avarinės parengties organizaciją (APO), kurios pagrindinės funkcijos yra:

- avarijos valdymo veiksmai;
- avarių klasifikavimas ir ankstyvasis perspėjimas;
- avarijos padarinių švelninimas;
- skubūs apsaugomieji veiksmai;
- avarią likviduojančių darbuotojų apsauga;
- medicininės pagalbos BEO ir jo sanitarinės apsaugos zonoje esantiems žmonėms užtikrinimas;
- bendravimas su visuomene ir žiniasklaida;
- radioaktyviųjų atliekų, susidariusių dėl avarijos padarinių likvidavimo, tvarkymas;
- kiti reikalavimai APO funkcijoms.

Planuojamas bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimas ir pertvarkymas į atliekyną vykdomas išskirtinai Ignalinos AE pramoninėje aikštelėje. Pagal IAE avarinės parengties valdymo procedūrą [91] planuojama veikla bus integruojama į IAE avarinę parengtį. IAE avarinė parengtis aprašyta 11.2.1 – 11.2.3 skyreliuose. Siekiant užtikrinti atliekyno avarinę parengtį, IAE avarinės parengties planas (bendroji ir darbinė dalys) turės būti peržiūrėtas atsižvelgiant į reikalavimų [90] VII skyrių ir atitinkamai atnaujintas. Minėtas avarinės parengties planas, taip pat turės būti išbandytas reikalavimų [90] 53–60 punktuose nustatyta tvarka.

Ilgalaikėje perspektyvoje identifikuotos galimos avarinės situacijos įvertintos 8 ir 9 skyriuose. Išnagrinėta išorinių gamtinių pavojų (žemės drebėjimo, ekstremalių kritulių) bei žmogaus veiklos sukeltų pavojų (lėktuvo sudužimo, gaisro, patvinimo dėl drenažo sistemos gedimo) pasekmės. Visais nagrinėtais atvejais tikėtinos dozės išlieka kelis kartus ar net dydžio eilėmis mažesnės nei projektavimo kriterijaus vertė 0,1 mSv per metus, arba įvykio tikimybė yra mažesnė už tikimybinę atrankos ribą. Todėl pagal atliktus vertinimus bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymas į atliekyną vykdymui kažkokios specialios avarinės parengties priemonės nėra reikalingos. Visos galimos avarinės situacijos ir jų padariniai turės būti išnagrinėti Atliekyno saugos analizės ataskaitoje, kai bus ruošiamas Techninis projektas, ir šios analizės rezultatai bus pagrindas avarinės parengties planavimui bitumuotų radioaktyviųjų atliekų atliekyne.

2011 m. VATESI buvo parengta IAE „Nacionalinė galutinė „streso testų“ ataskaita“ [93], kurioje išsamiai išnagrinėta IAE aikštelės, branduolinių reaktorių bei branduolinio kuro laikinojo saugojimo saugyklų sauga ekstremaliomis sąlygomis, kaip žemės drebėjimas, potvynis, elektros

tiekimu ir šilumos nuvedimo praradimas, o taip pat sunkių avarijų valdymas. Tačiau šioje analizėje nebuvo vertinami perspektyviniai planuojami branduolinės energijos objektai, tame tarpe planuojami atliekynai.

Po IAE eksploatacijos nutraukimo (numatoma 2030 m. ar vėliau) IAE aikštelė pasieks taip vadinamo „rudojo lauko“ stadiją su veikiančiomis PBK ir ilgaaamžių radioaktyviųjų atliekų saugyklomis. Nutraukus IAE eksploataciją, 158 statinio avarinė parengtis bus integruota į IAE aikštelės avarinę parengtį.

11.2.1 Avarinė parengtis IAE

Avarinė parengtis IAE vykdoma pagal Avarinės parengties planą (APP). APP yra pagrindinis dokumentas, kuriame numatomos organizacinės, techninės ir kitos priemonės, susiję su avarijos švelninimu, medicinine pagalba, evakuacija ir kitais veiksmais, kurių imamasi, siekiant apsaugoti darbuotojus ir gyventojus nuo technogeninių ir gamtos reiškinių sukeltų avarių IAE. APP ruošiamas pagal galiojančius reikalavimus [90] ir derinamas su valdžios institucijomis pagal nustatytą tvarką.

Po atliekyno uždarymo, aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu, APP bus peržiūrėtas ir atitinkamai koreguotas, atsižvelgiant į aikštelės ir jos aplinkos savybių pokyčius bei galiojančių normatyvinių dokumentų reikalavimus.

11.2.2 Avarinės parengties planas

Dabartinėje APP versijoje numatoma IAE situacija po uždarymo, įskaitant eksploatacijos nutraukimo veiksmų detales, PBK tvarkymą ir naujų branduolinės energetikos objektų, planuojamų pradėti eksploatuoti 2014–2020 m., statybą.

APP sudaro dvi dalys:

- bendroji dalis su priedais;
- darbinė dalis (instrukcijos).

Bendrają APP dalį [92] sudaro:

- bendrosios nuostatos, įskaitant tikslo, uždavinių ir APP turinio aprašymą, APO struktūros aprašymą ir APO vadovaujančiųjų darbuotojų pareigų apibrėžimą;
- avarių klasifikacijos bendrosios nuostatos;
- neprojektinių avarių valdymo ir jų pasekmių likvidavimo organizavimo tvarka, įskaitant pradinio avarių įvertinimo tvarką, APO vadovaujančiųjų darbuotojų ir personalo informavimą ir sušaukimą, APO vadovaujančiųjų darbuotojų avarijos valdymo veiksmus,

valstybinių ir valdžios institucijų informavimą, bendradarbiavimą su pagalbos tarnybomis ir avarinės parengties būklės atšaukimą;

- techninių priemonių, išteklių, patalpų ir APO priskirtų užduočių vykdymui reikalingų ryšio sistemų aprašymas;
- bendrųjų saugos veiksmų, avarinės apšvitos apribojimų ir darbuotojų apsauginių priemonių aprašymas;
- priedai: APO vadovaujančiųjų darbuotojų sąrašas, APO struktūros diagrama, sprendimų priėmimo medžio diagrama, avarijų valdymo ir jų pasekmių likvidavimo pagrindinių veiksmų detalus planas, apsaugomųjų veiksmų taikymo kriterijai, APO vadovaujančiųjų darbuotojų atsakomybės apibrėžimas, pagrindinių avarijos pasekmių valdymo veiksmų detalus planas, darbuotojų apsauginių priemonių saugojimo vietų sąrašas, t. t.

APP darbinėje dalyje pateiktos galiojančios IAE avarinės parengties ir valdymo procedūros ir instrukcijos:

- IAE galimų neprojektinių avarijų scenarijų aprašas, DVSta-0817-1;
- IAE avarinio planavimo ir apmokymo avarinės parengties bei civilinės saugos tema organizavimo instrukcija, DVSta-0812-24;
- Avarijų IAE klasifikavimo instrukcija, DVSta-0812-21;
- Pranešimų IAE APO štabo vadovaujantiems darbuotojams ir jų rinkimosi avarijos atveju tvarkos instrukcija, DVSta-0812-20;
- IAE APO štabo vadovaujančiųjų darbuotojų darbo organizavimo avarijos atveju tvarkos instrukcija, DVSta-0812-9;
- IAE personalo veiksmų, paskelbus avarinės parengties štabo pranešimus avarijos atveju, instrukcija, DVSta-0812-22;
- IAE APO ir avarinių tarnybų bendradarbiavimo, likviduojant avarijas ir jų padarinius, instrukcija, DVSta0812-44;
- Avarinės techninės tarnybos avarinės parengties instrukcija, DVSta-0812-32;
- Techninės paramos centro, priklausančio Avarinei techninei tarnybai, avarinės parengties instrukcija, DVSta-0812-27;
- Radiacinės saugos tarnybos avarinės parengties instrukcija, DVSta-0812-31;
- Aprūpinimo finansais ir materialiais ištekliais tarnybos avarinės parengties instrukcija, DVSta-0812-8;
- Fizinės saugos tarnybos avarinės parengties instrukcija, DVSta-0812-5;

- Medicinos ir evakavimo priemonių organizavimo tarnybos avarinės parengties instrukcija, DVSta-0812-4.

Prieš rengiant ar peržiūrint avarinės parengties planą turi būti sudaryti pagrindinių galimų avarių scenarijai, jie išanalizuoti bei nustatytos galimos pasekmės. Taip pat turi būti įvertinti:

- turimi resursai ir priemonės, reikalingos sušvelninant ir likviduojant avariją bei jos padarinius. Jei galimoms avarijoms likviduoti ar sušvelninti esamų priemonių neužtenka, turi būti numatytos papildomos priemonės ir resursai;
- resursai ir priemonės, kurie turi būti gauti iš kitų valstybės institucijų, valdant avarijos procesą ir likviduojant jos padarinius.

VĮ Ignalinos AE avarinės parengties planas bus peržiūrėtas ir pakoreguotas, vadovaujantis atliktos atliekyno saugos analizės rezultatais. Iki bitumuotų atliekų saugyklos rekonstrukcijos ir pertvarkymo į atliekiną veiklos pradžios avarinės parengties plane numatyti veiksmai bus patikrinti kompleksinių ar funkcinių pratybų būdu. Atsižvelgiant į šių pratybų rezultatus, jeigu reikės VĮ IAE avarinės parengties planas bus atitinkamai dar kartą patikslintas. Parengtas ar atnaujintas avarinės parengties planas turi būti suderintas su VATESI bei kitomis valstybės valdymo ir priežiūros institucijomis ne rečiau kaip kartą per trejus metus.

11.2.3 Avarinės parengties organizacija

IAE avarinės parengties plane apibrėžtas APO įsteigimas, funkcijos ir struktūra. APO tikslas – užtikrinti avarinę parengtį ir avarių, kylančių dėl IAE eksploatavimo ir dėl išorinių grėsmių IAE, valdymą, siekiant apsaugoti aplinką, gyventojus, IAE darbuotojus, įrangą ir statinius. APO yra pagrindinė vykdančioji organizacija, atsakinga už avarinę parengtį ir reagavimą.

APO struktūra sudaryta pagal technologinius ir organizacinius IAE bruožus. APO sudaro IAE skyrių ir padalinių darbuotojai, atsižvelgiant į tai, kokias užduotis šie padaliniai atlieka normalios IAE eksploatacijos metu. APO struktūra ir konkrečių skyrių sąveika pavaizduoti 11.1 paveiksle.

APO vadovauja IAE generalinis direktorius. IAE skyrių vadovai yra atitinkamų tarnybų vadovai. Tarnybų vadovai nustato konkrečias avarinės parengties užduotis, sprendžia dėl personalo ir dėl pavaldžių padalinių vykdomos veiklos. Pavaldžių padalinių vadovai vadovauja personalui atliekant paskirtas užduotis. Siekiant užtikrinti nuolatinį pasiruošimą, kiekvienai pozicijai APO paruošiami mažiausiai du tinkamos kvalifikacijos darbuotojai.

11.2.4 Kiti avarinės parengties aspektai

Į APP planą įeina kiti planai ir instrukcijos, susiję su tam tikromis paslaugomis arba veiklomis avarijų IAE atvejais.

IAE objektų priešgaisrinę apsaugą atlieka Visagino priešgaisrinė gelbėjimo valdyba iš priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos. Valdyba turi darbuotojus, gaisro gesinimo įrangą ir automobilius, reikalingus savalaikiam galimų gaisrų gesinimui, kaip numatyta „Visagino priešgaisrinės gelbėjimo valdybos avarinių situacijų likvidavimo IAE plane“, DVSnd-0041-11.

Naujai parengtame „Visagino savivaldybės ekstremaliųjų situacijų valdymo plane“ [94] prioriteto tvarka pagal jų rizikos lygį išskirti tokie galimi pavojai, į kuriuos reaguoja atitinkami savivaldybės padaliniai:

- gaisrai ir sproginiai;
- elektros energijos tiekimo sutrikimai ir (ar) gedimai;
- pavojingos užkrečiamosios ligos;
- radiacinė avarija.

Kadangi nepanašu, kad galimi pavojai, sąlygoti elektros energijos tiekimo sutrikimų/gedimų ar pavojingų užkrečiamųjų ligų, turėtų kokios nors įtakos planuojamo atliekyno pažeidžiamumui, jie toliau nagrinėjami nebus. O gaisrų ir sproginų bei radiacinė avarijos galimas poveikis atliekyno pažeidžiamumui bus išsamiai išnagrinėtas atliekyno preliminarinioje saugos analizės ataskaitoje Techninio projekto ruošimo metu. Vadovaujantis VATESI reikalavimais, reglamentuojančiais BEO saugos pagrindimo atlikimą, vienas iš aspektų yra vidaus bei išorės poveikių įvertinimas BEO konstrukcijoms, sistemoms bei komponentams.

12. AIKŠTELĖS SAUGOS ANALIZĖS IR PAGRINDIMO REZULTATAI IR IŠVADOS

Iš aikštelės geologinių, seismologinių/tektoninių ir hidrologinių/hidrogeologinių charakteristikų bei geocheminių/hidrocheminių ir meteorologinių sąlygų apibūdinimo, gauto atlikus IGG tyrimus aikštelėje [6] ir išanalizavus anksčiau atliktų tyrimų duomenis, taip pat 158 statinio ekspertizės rezultatų [35] bei pateiktų duomenų apie prognozuojamus aplinkos pokyčius ir veiksnius, galinčius turėti įtakos planuojamo atliekyno saugai, nustatyta, kad:

- 1) Vykdamas paruošiamuosius 158 statinio statybos darbus buvo nustatyta, kad gruntą sudaro vandens-ledynų kilmės rusvasis plastiškas priemolis [69]. Buvo nustatyta, kad gruntas nevienalytis, silpnas (durpės), aptinkami lėšiai bei smėlio-žvyro sluoksnių persimaišymai, o taip pat pelkės. Tokios grunto savybės pasirodė netinkamos statinio pagrindo įrengimui, todėl buvo atlikti kompensuojamieji veiksmai, t.y. nuspręsta paviršinių grunto sluoksnių pašalinti ir įrengti papildomą inžinerinį pagrindą („pagalvę“), vidutiniškai apie 1,6 m storio. Neradus tinkamų savybių smėlio ar smėlio-žvyro mišinio, pagrindas buvo suformuotas iš besmėlio betono (M50 markės), ir ant pagrindo įrengti betoniniai, daugiau nei pusės metro storio, 158 statinio dugno sluoksniai.
- 2) Naujai atliktų inžinerinių geologinių tyrimų metu [6] nustatyta, kad sniego tirpsmo metu ir po ilgalaikių liūčių piltiniame grunte laikinai kaupsis podirvio vanduo, kurio maksimalus lygis laikinai bus arti žemės paviršiaus, todėl kaip kompensuojamoji priemonė yra numatomas 158 statinio pamatų hidroizoliacijos įrengimas, o radionuklidų sklaidos vandens keliu analizėje yra priimta konservatyvi prielaida, kad atliekų šalinimo sistema, apimanti patį atliekyną bei technogeninio grunto ir natūralių barjerų sluoksnius, yra visiškai prisotinta vandeniu iš karto po atliekyno uždarymo.
- 3) Statinio apžiūros metu nustatyta, kad statinio konstrukcijų techninė būklė yra gera. Pamatų ir sienų konstrukcijose neleistino dydžio deformacijų, didesnių nei leistino pločio plyšių, konstrukcijų nuokrypių iš vertikalios plokštumos nenustatyta. Aptikti nežymūs trūkumai (sienų gelžbetoninėse plokštėse užfiksuoti įvairių krypčių plyšiai iki 2 mm pločio, nuo gelžbetoninių elementų vietomis nubyrėjęs apsauginis betono sluoksnis, prasidėjusi armatūros korozija, vietomis atšokęs siūlių hermetikas) bus pašalinti remonto metu. Atsižvelgiant į tai, kad dėl šalia bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos esančių kitų pastatų 158 statinys negali būti rekonstruotas ir pertvarkytas į atliekyną vienu etapu, kaip kompensuojamoji priemonė yra numatytas 158 statinio konservavimas ir išlaikymas užkonservuotu iki to momento, kol bus demontuoti šalia esami pastatai. Užkonservavus 158 statinį kas 2 metus bus atliekama jo konstrukcijų techninės būklės apžiūra ir, pagal būtinybę, reikalingi remonto darbai.
- 4) Prieš uždėdamas daugiasluoksnį kaupą virš 158 statinio siekiant kompensuoti viršutinės perdangos apkrovą numatoma įrengti plieno-gelžbetonio konstrukcijas, kurios laikytų minėtą kaupą.

Ataskaitoje pateiktas atliekyno ilgalaikės saugos vertinimas laikotarpiui po atliekyno uždarymo, apimantis potencialios radionuklidų sklaidos vandens keliu ir žmogaus netyčinio įsibrovimo į atliekyną scenarijus bei išorinių gamtinių ir žmogaus veiklos sukeltų pavojų avarines situacijas, parodė, kad radioaktyviųjų atliekų sąlygotas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis gyventojams visais išnagrinėtais atvejais išliktų nuo kelių kartų iki kelių dydžio eilių mažesnis nei nustatytos projektavimo kriterijų vertės 0,1 mSv per metus radionuklidų sklaidos vandens keliu atveju ir 10 mSv per metus žmogaus netyčinio įsibrovimo į atliekyną atveju.

Vertinant planuojamo atliekyno saugą buvo išanalizuotas hipotetinis („kas, jeigu“) scenarijus, kuriame priimta prielaida, kad atliekyno dugno plokštė, išlyginamasis sluoksnis, sienos, bei viršutinė perdengimo plokštė yra su plyšiais, o kaupas yra degradavęs. Neatliekamos jokios radionuklidų sulaikymo funkcijos nuo pat 158 statinio rekonstrukcijos pradžios. Atlikti vertinimai parodė, kad apšvitos dozės, kurias gautų reprezentantas dėl radionuklidais užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, hipotetinio scenarijaus atveju būtų mažesnės, nei projektavimo kriterijus – 0,1 mSv per metus.

Atlikta kitų radioaktyviųjų atliekų, nei bitumo kompaundas, būtent radioaktyviųjų smėlio-žvyro atliekų iš reaktoriaus R3 zonos, šalinimo tuščiuose kanjonuose saugos analizė atskleidė šio pasirinkimo įgyvendinimo galimybę iš branduolinės saugos pusės. Tačiau Eskiziniame projekte [33] atlikta preliminari kitų radioaktyviųjų atliekų šalinimo tuščiuose kanjonuose galimybės analizė parodė potencialias tokio pasirinkimo saugos pagrindimo problemas. Galutiniai tuščių 7-ojo, 8-ojo ir 9-ojo kanjonų užpildymo inžineriniai sprendimai bei technologijos bus pateiktos Techninio projekto ruošimo etape.

Ataskaitoje aprašytos ir įvertintos galimybės taikyti reikiamas fizinės saugos bei avarinės parengties priemonės.

Šiame projekto etape nėra identifikuota jokių aikštelės aplinkos savybių (vietovės topografijos, infrastruktūros, meteorologinių sąlygų), galinčių turėti įtakos fizinės saugos aptikimo bei užlaikymo sistemų įrengimui, atitinkančiam fizinės saugos reikalavimų [95] nuostatas, ir jų veiksmingumui planuojamoje bitumuotų radioaktyviųjų atliekų atliekyno aikštelėje.

Šioje ataskaitoje analizuojamų avarinių situacijų numatomas poveikis išlieka mažesnis nei projektinis kriterijus – 0,1 mSv per metus. Išsamus išorinių gamtos įvykių ir išorinių žmogaus sukeltų įvykių, galinčių turėti įtakos objektui, sąrašas buvo patikrintas atliekant saugos analizę po uždarymo šioje ataskaitoje. Numatoma, kad išsamus įvykių sąrašas ir sisteminė analizė pagal TATENA metodiką bus atlikta PSAA Techninio projekto kūrimo etape. Šios analizės rezultatai bus pagrindas avarinės parengties planavimui bitumuotų radioaktyviųjų atliekų atliekyne.

Ataskaitoje taip pat pateikti preliminarūs radiologiniai atliekų priėmimo kriterijai planuojamoms atliekyne šalinti bitumuotoms atliekoms bei smėlio-žvyro radioaktyviosiems atliekoms iš IAE reaktorių zonos.

Igyvendinus aukščiau paminėtus projekto techninius sprendimus bei kompensuojančias organizacines priemones aikštelė gali būti pripažinta kaip tinkama esamos bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) rekonstravimui ir pertvarkymui į atliekyną.

13. PRELIMINARŪS RADIOAKTYVIŪJŲ ATLIEKŲ PRIĖMIMO KRITERIJAI

Radioaktyviųjų atliekų, dedamų į planuojamą bitumuotų radioaktyviųjų atliekų atliekyną, priėmimo radiologiniai kriterijai yra nustatyti, remiantis VATESI reikalavimais [93] ir atsižvelgiant į TATENA rekomendacijas [99], o taip pat į atliekų galutinį sutvarkymą aikštelėje rekonstruojant esamą bitumuotų atliekų saugyklą į atliekyną. Radiologinių APK vertinimo metodika ir išvedimas išsamiai yra aprašytas ataskaitoje [34].

Kadangi šiame projekto etape nėra nustatytas saugyklos pertvarkymo į atliekyną technologinis procesas, nei jo metu atliekamos operacijos bei personalas, įtrauktas į operacijų vykdymą, radiologiniai APK saugyklos pertvarkymo ir rekonstrukcijos laikotarpiui bus išvesti ruošiant preliminarią saugos analizės ataskaitą Techninio projekto rengimo metu. Preliminarūs APK buvo išvesti iš scenarijų, kurie numatyti metodikoje laikotarpiui po atliekyno uždarymo, t.y. iš atliekyno natūralios raidos (išplovimo) scenarijaus ir netyčinio įsibrovimo scenarijaus. APK išvesti smėlio-žvyro radioaktyviosiems atliekoms, numatomoms šalinti planuojamame atliekyne.

Planuojamam atliekynui išvesti ribiniai savitieji ir bendri aktyvumai pateikti 13.1 lentelėje.

13.1 lent. Radiologiniai APK, išvesti planuojamame atliekyne numatomoms šalinti smėlio-žvyro radioaktyviosiems atliekoms

Radio-nuklidai	Pusėjimo trukmė, metai	Savitojo aktyvumo ribos, Bq/kg		Bendrojo aktyvumo ribos, Bq
		$A_{i,max}$, Natūralios raidos (išplovimo) scenarijus	$C_{i,max}$, Netyčinio įsibrovimo scenarijai	
^{14}C	5,73E+03	2,83E+05	1,39E+07	2,35E+12
^{36}Cl	3,01E+05	5,81E+03	7,40E+04	4,82E+10
^{54}Mn	8,54E-01	*	*	**
^{55}Fe	2,70E+00	*	*	**

Radio-nuklidas	Pusėjimo trukmė, metai	Savitojo aktyvumo ribos, Bq/kg		Bendrojo aktyvumo ribos, Bq
		$A_{i,max}$, Natūralios raidos (išplovimo) scenarijus	$C_{i,max}$, Netyčinio išibrovimo scenarijai	
^{59}Ni	7,50E+04	3,56E+07	2,14E+08	2,95E+14
^{63}Ni	9,60E+01	4,01E+19	7,51E+08	**
^{60}Co	5,27E+00	*	*	**
^{65}Zn	6,68E-01	*	*	**
^{90}Sr	2,91E+01	1,30E+09	2,35E+07	1,08E+16
^{93}Zr	1,53E+06	2,80E+07	2,77E+09	2,32E+14
^{93m}Nb	1,36E+01	*	5,52E+13	**
^{94}Nb	2,03E+04	1,33E+10	2,27E+05	1,11E+17
^{99}Tc	2,13E+05	3,97E+06	3,28E+04	3,29E+13
^{110m}Ag	6,84E-01	*	*	**
^{129}I	1,57E+07	1,43E+02	8,13E+04	1,19E+09
^{134}Cs	2,06E+00	*	*	**
^{135}Cs	2,30E+06	5,52E+05	1,94E+07	4,58E+12
^{137}Cs	3,00E+01	*	4,93E+08	**
^{234}U	2,44E+05	2,88E+03	4,07E+04	2,39E+10
^{235}U	7,04E+08	1,28E+03	3,36E+04	1,06E+10
^{238}U	4,47E+09	8,46E+03	2,61E+04	7,02E+10
^{237}Np	2,14E+06	5,78E+04	4,05E+05	4,80E+11
^{238}Pu	8,77E+01	8,03E+06	1,85E+07	6,67E+13
^{239}Pu	2,41E+04	1,63E+06	2,13E+06	1,35E+13
^{240}Pu	6,54E+03	2,49E+08	2,18E+06	2,06E+15
^{241}Pu	1,44E+01	8,61E+09	8,15E+07	7,14E+16
^{241}Am	4,32E+02	2,88E+08	2,81E+06	2,39E+15
^{244}Cm	1,81E+01	9,18E+10	5,85E+08	7,62E+17

* Vertės didesnės nei 1,0E+20 Bq/kg
** Vertės didesnės nei 1,0E+20 Bq
Smėlio-žvyro RA savitojo aktyvumo ribų nustatymui daroma prielaida, kad smėlio-žvyro atliekų masė yra 8 300 000 kg.
Atliekos priimamos į atliekyną, jei tenkinami šie kriterijai: $\sum_i \frac{Q_i}{A_{i,max}} \leq 1$; $\sum_i \frac{Q_i}{C_{i,max}} \leq 1$,
čia: savitojo aktyvumo ribų vertės $A_{i,max}$ apskaičiuojamos pagal saugyklos natūralios raidos scenarijų;
 $C_{i,max}$ – pagal netyčinio išibrovimo į saugyklą scenarijus; Q_i yra faktinis savitasis i -ojo radionuklido kanjone aktyvumas.

14. NUORODOS

1. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-3.2.2-2016. Radioaktyviųjų atliekų atliekynai. VATESI 2016-11-30.
2. LR Vyriausybės nutarimas dėl Lietuvos Respublikos Ignalinos atominės elektrinės regiono sudarymo ir Ignalinos atominės elektrinės regiono plėtos tarybos sudarymo tvarkos nustatymo. 2002 m. vasario 26 d. Nr. 287; Žin., 2010, Nr. 87-4588 (2010-07-22).
3. Skystųjų radioaktyviųjų atliekų cementavimo įrenginio ir pastatų 150, 151/154, 158/2 periodinė saugos analizės ataskaita. IAE, 2018 (rusų k.).
4. Safety analysis report for bituminised waste storage facility, building 158. Ignalina NPP, 2021 (in Russian).
5. Ignalinos AE naujasis kietųjų atliekų apdorojimo ir saugojimo kompleksas (B34). Atnaujinta saugos analizės ataskaita, 3 versija, 1 leidimas. NUKEM Technologies GmbH, Lietuvos energetikos institutas, 2017.
6. Laikinos bitumuotų RA saugyklos rekonstrukcija Drūkšinių k., Visagino sav. III GK projektiniai inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai. Inžinerinių geologinių ir hidrogeologinių tyrimų bendrovė „Geotestus“, GTC Branduolinės geofizikos ir radioekologijos laboratorija, UAB „Svertas Group“, 2019.
7. Šliaupa S., 2005. Revision of the pre-Quaternary geological maps at a scale of 1:50 000. Lithuanian Geological Survey: Annual Report 2005. Vilnius, 2006. - P. 15-17 (in Lithuanian).
8. Отчёт об инженерно-геологических работах, выполненных на промплощадке II очереди строительства ИАЭС (здания №№ 201, 2011, 2012, 2017, 235, 240, 246, 252, 260, 272, 273, 288, 157, 158) на стадии проекта. 1982 год, п/я А-7631 (ВНИПИЭТ), г. Ленинград.
9. Marcinkevicius V., Buceviciute S., Vaitonis V., Guobyte R., Danseviciene D., Kanopiene R., Lashkov E., Marfin S., Rackauskas V., Juozapavicius G., Hydrogeological and Engineering-Geological Mapping of Ignalina NPP Area at a Scale 1:50 000 in Topographical Sheets N-35-5-G-v, g; N-35-17-B; N-35-18-A; N-35-17-G-a, v; N-35-18-V-a, b (Druksiai object). Report. Archive of Geological Survey of Lithuania, Vilnius, 1995, 4436 p. (in Russian).
10. IAE regiono 2017 m. radiologinio monitoringo rezultatų ataskaita, IAE 2018.
11. IAE regiono 2018 m. radiologinio monitoringo rezultatų ataskaita, IAE 2019.
12. https://lt.wikipedia.org/wiki/Sniego_danga.
13. Gečaitė I., Rimkus E. Sniego dangos režimas Lietuvoje // Geografija. 2010, T. 46, Nr. 1. P. 17-24.
14. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. gruodžio 20 d. įsakymo Nr. D1-622 (nuo 2006 m. vasario 12 d.) (Žin., 2006, Nr. 17-621) redakcija.
15. Vidutinės klimatinių rodiklių reikšmės Lietuvoje 1981-2010 m. Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos, 2013 m.

16. Lietuvos geologija. Monografija. Geologijos institutas, Vilnius, 1994.
17. IGG tyrimų ataskaita „Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapinynas B25-1“. UAB „Geotechniniai tyrimai“, 2010. LGT fondo Nr. 13973.
18. Pačėsa A. 2015. Lietuvos teritorijos seismingumo kompleksiniai tyrimai. Lietuvos teritorijos seisminio pavojingumo vertinimo ataskaita. I Tomas. Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos.
19. Giardini D. (Ed.). 1999. The Global Seismic Hazard Assessment Program 1992–1999 //Annali Geofis., 42 (6) Special Issue.
20. Pačėsa A. 2016. Platforminių mažo seisminio aktyvumo sričių seisminio pavojausvertinimas Baltijos regiono pavyzdžiu. Daktaro disertacija. Vilnius.
21. Preliminariai parinktų aikštelių trumpaamžių mažo ir vidutinio radioaktyvumo atliekų kapinynui aplinkos kompleksiniai tyrimai. GGI ataskaita. Vilnius, 2004.
22. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. Results of a coordinated research project. Vol. 1 & 2. IAEA Vienna. 2004.
23. V. Jakimavičiūtė-Maselienė, J. Mažeika. Radionuklidų sklaidos paviršinio radioaktyviųjų atliekų kapinyno aplinkoje modelinė prognozė. Visuomenės sveikata 2009/priedas Nr. 1.
24. Towler, G., Penfold, J., Limer, L., Metcalfe, R., King, F., 2010. PCPA: Consideration of Nonencapsulated ILW in the Phased Geological Repository Concept. Quintessa Limited. Report No.: QRS-1378ZD-R1.
25. Post-disposal safety assessment of toxic and radioactive waste: Development and testing of the SACO methodology and code. EC report 16871 EN, 1996.
26. K. Skagius, et al. Compilation of data for the analysis of radionuclide migration from SFL 3-5. SKB Report R-99-13, 1999.
27. SFR 1 vault database. SKI Report 02:53, 2002.
28. GOST 12730.5-84 Betonai. Nepralaidumo vandeniui nustatymo metodai. 1985-07-01 (rusų k.).
29. Dėl atliekų – B20 projektas; Sutartis Nr. PST-136(13.67). IAE laiškas-atsakymas 2019-10-03 Nr. ĮS-5366(15471).
30. Report on Geotechnical Investigations of the Insulation Layer of the Engineered Barriers. Final Report Ref. B25-1/EB/EBR/REV1/EN. JSC “Specialus Montażas – NTP”, 2012.
31. Project B25-1 Near-Surface Repository for Low and Intermediate Level Short-Lived Radioactive Waste (Design). Report on Tectonics, Fault Activity and Seismic Hazard of Stabatiškė Site. Šliaupa S., Gadeikis S., Koženevskij M.; "Specialus montażas-NTP". Visaginas, 2010.
32. Project B25-1 Near-Surface Repository for Low and Intermediate Level Short-Lived Radioactive Waste (Design). Preliminary Safety Analysis Report, Revision 3 Issue 1. Lithuanian Energy Institute, 2017.
33. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pervarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugos sutartis nr. pst-136 (13.67), 2018-07-23 Atliekyno koncepcija, Nr. S/19/669, Versija 6. I tomas Atliekyno eskizinis projektas. LEI, UAB “Svertas Group”. Visaginas, 2020.

34. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugos sutartis nr. pst-136 (13.67), 2018-07-23 Atliekyno koncepcija, Nr. S/19/669, Versija 4. II tomas Pasirinktos atliekyno koncepcijos saugos pagrindimas. LEI, 2020.
35. Statinio dalies techninės būklės įvertinimo aktas NR. SE19-05/01-03, 2020-10-26, UAB „Ekspertika“, Kaunas.
36. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-1.9.2-2018 „Radionuklidų nekontroliuojamųjų radioaktyvumo lygių medžiagoms ir atliekoms, susidarančioms branduolinės energetikos srities veiklos su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais metu, nustatymas ir taikymas“. Patvirtinta VATESI viršininko 2018 m. vasario 7 d. įsakymu Nr. 22.3-34.
37. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugų pirkimo techninė specifikacija. VĮ IAE Eksploatacijos nutraukimo departamento projektų valdymo tarnybos B19 projekto valdymo grupė, 2017.
38. 158 pastato bitumo kompaundo atliekų gama spinduliuojančių radionuklidų aktyvumo matavimo atlikimo ataskaita. At-1359, IAE 2020-04-08 (rusų k.).
39. 158 pastato bitumo kompaundo atliekų sunkiai išmatuojamų radionuklidų aktyvumo matavimo atlikimo ataskaita. At-1355, IAE 2020-04-08 (rusų k.).
40. Investigation of Nuclide Inventory and Elaboration of Activity Assessment Method for Cemented Waste. Report. Institute of Physics, Vilnius 2004 (in Lithuanian).
41. IAEA (International Atomic Energy Agency) Safety Standard Series, Safety Guide No. RS-G-1.7/2004, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance.
42. United States Code of Federal Regulations, Title 10, Part 20, Standards for protection against radiation, (10CFR20-1991).
43. ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients Based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41.
44. The Safety Case and Safety Assessment for Disposal of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards, Specific Safety Guide No. SSG-23. IAEA Vienna, 2012.
45. Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety requirements No. SSR-5, IAEA Vienna, 2011.
46. Lietuvos higienos norma HN 73:2018. “Pagrindinės radiacinės saugos normos”. TAR 2018-08-21, i. k. 2018-13208.
47. Project SAFE. Compilation of Data for Radionuclide Transport Analysis. SKB report R-01-14, November 2001.
48. G.M. Smith, H.S. Fearn, K.R. Smith, J.P. Davis and R. Klos. Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board Report, NRPB-M148. 1988.
49. Bessagnet N., Azdani S., Durce D., Baty V., Suzuki-Muresan T., Ribet S., Grambow B. and Montavon G. Project: Determination of Kd Values for Stabatiskes Near Surface Repository Geological Media in Lithuania. Final Report. Contract No. 14-232.10.11. Subatech, 2012.

50. Sara Karlsson, Ulla Bergström, Markus Meili. Models for dose assessments. Models adapted to the SFR-area, Sweden. Studsvik Eco&Safety AB Technical Report TR-01-04, 2001.
51. Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.3. IAEA Vienna. 2002.
52. Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.4. IAEA Vienna. 2003.
53. Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, IAEA Safety Series No. 118. IAEA Vienna 1994.
54. External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.1. IAEA Vienna. 2002.
55. QUANTISCI, AMBER 4.4 Reference Guide, QuantiSci Limited, Henley-on-Thames. 2002.
56. IAEA-TECDOC-972. Technologies for in situ immobilization and isolation of radioactive wastes at disposal and contaminated sites, 1997.
57. External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.1. IAEA Vienna. 2002.
58. Galimų branduolinių ir radiologinių avarių Ignalinos AE branduolinės energetikos objekte padarinių analizė. Analizės ataskaita. Lietuvos energetikos institutas, Branduolinių įrenginių saugos laboratorija ir Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija. LEI ataskaita Nr. 17/14-1875.19.19-G-V:03.
59. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-1.8.10-2021. Galimų branduolinių ir radiologinių avarių branduolinės energetikos objekte padarinių analizė. TAR 2021-07-27, Identifikacinis kodas 2021-16552.
60. PyroSim User Manual. A model construction tool for Fire Dynamic Simulator. Thunderhead engineering, 2012.
61. VISIPLAN 3D ALARA PLANNING TOOL v4.0. User's Guide. SCK·CEN, 2005.
62. MicroSkyshine. User's Manual. Version 2.XX. Grove Software, Inc., 2010.
63. AERMOD Model Formulation and Evaluation. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Research Triangle Park, NC. EPA-454/ R-18-003, April, 2018.
64. Jesse L. The; Cristiane L. The; Michael A. Johnson. AERMOD View User Guide. Lakes Environmental Software. 1996-2018. 920 p.
65. <http://www2.mmm.ucar.edu/mm5/>.
66. User's Guide for RESRAD-ONSITE Code. Version 7.2. Argonne National Laboratory. ANL/EVS/TM-18/1. March 2018.
67. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-3.1.2-2017. Radioaktyviųjų atliekų tvarkymas branduolinės energetikos objektuose iki jų dėjimo į radioaktyviųjų atliekų atliekyną. VATESI, 2017-07-31.
68. Ignalina NPP Unit 1 Final Shut Down and Defueling Phase Decommissioning Project

U1DP0. A1.4/ED/B4/0004, Issue 06.

69. SKB Safety Analysis Report for Existing buildings used as interim storage for bituminised waste. Task 13, SAR/T13/001205, date 2000-12-05.
70. Periodic safety assessment report. Storage facility of bitumen compound, bld 158. INPP 2013 (rusų k.).
71. Viscous petroleum road bitumen (GOST 22245-90). Technical specification (rusų k.).
72. Improved petroleum road bitumen from Western Siberia oils. Technical specification (rusų k.).
73. Characterization of bitumenised waste in SFR1, SKB Report R-01-26, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden, 2001.
74. Long-term properties of bituminized waste products. Summary report of the Nordic AVF-2 project. Nordic Liaison Committee for Atomic Energy. Technical Research Centre of Finland, 1985.
75. GOST P 50927-96. Radioactive bitumenized waste. General technical requirements. 1997-01-01.
76. A Thematic Network on Gas Issues in Safety Assessment of Deep Repositories for Radioactive Waste (GASNET). Final Report. European Commission. Nuclear Science and Technology. 2003.
77. Smart N. R., Rance A. P., Fennell P., Werme L. Expansion due to Anaerobic Corrosion of Steel and Cast Iron: Experimental and Natural Analogues Studies. In "Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Systems", D. Féron and D. D. Macdonald (eds.), European Federation of Corrosion Publications, No. 36. 2003.
78. Pedersen K., Karlsson F. Investigations of subterranean microorganisms. Their importance for performance assessment of radioactive waste disposal SKB Technical Report TR 95-10. 1995.
79. Wolfram J H, Rogers, R D, Gazso, L G. Microbial Degradation Processes in Radioactive Waste Repository and in Nuclear Fuel Storage Areas. // NATO ASI Series, 1. Disarmament technologies – Vol 11. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1997.
80. Assessment of Long Term Safety of Existing Storage Facility for Bitumenised Waste at INPP. SKB Report. Stockholm, Sweden, 1998.
81. Explanatory note to the design drawings of the chemical service buildings, Vol. 1, Technical solutions. Book 1, Descriptive matter. 1221.X-II3.1.1, 1983 (rusų k.).
82. INPP letter dated to 15 April 2020. Concerning submission of data – Project B20, Contract No. PST-136(13.67).
83. Analysis of ambient air in the canyons of bld. 158. Protocol No. 20, of 2006 11 07, INPP, 2006 (rusų k.).
84. Chemical Analysis Protocol No. 329, Ignalina NPP, 2020 03 04.
85. A Thematic Network on Gas Issues in Safety Assessment of Deep Repositories for Radioactive Waste (GASNET). Final Report. European Commission. Nuclear Science and Technology. 2003.

86. Smart N. R., Rance A. P., Fennell P., Werme L. Expansion due to Anaerobic Corrosion of Steel and Cast Iron: Experimental and Natural Analogues Studies. In "Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Systems", D. Féron and D. D. Macdonald (eds.), European Federation of Corrosion Publications, No. 36. 2003.
87. Pedersen K., Karlsson F. Investigations of subterranean microorganisms. Their importance for performance assessment of radioactive waste disposal SKB Technical Report TR 95-10. 1995.
88. Wolfram J H, Rogers, R D, Gazso, L G. Microbial Degradation Processes in Radioactive Waste Repository and in Nuclear Fuel Storage Areas. // NATO ASI Series, 1. Disarmament technologies – Vol 11. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1997.
89. Lietuvos Respublikos Branduolinės energijos įstatymas, 1996-11-14 (2011-10-01 redakcija).
90. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-1.3.1-2020. Avarinės parengties užtikrinimas branduolinės energetikos objektuose. VATESI, 2020-01-21.
91. Avarinės parengties valdymo procedūros aprašas. IAE, MS-2-008-1, DVSta-0811-1.
92. VĮ IAE Avarinės parengties planas (Bendroji dalis), IAE, DVSta-0841-1.
93. National Final Report on "Stress Tests". Republic of Lithuania, State Nuclear Power Safety Inspectorate, Vilnius, 2011.
94. Visagino savivaldybės ekstremaliųjų situacijų valdymo planas. Visagino savivaldybės administracijos direktoriaus 2017 m. gegužės 10 d. įsakymas Nr. IV-E-428. Visaginas, 2017.
95. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-1.6.1-2019. Branduolinės energetikos objektų, branduolinės energetikos objektų aikštelių, branduolinių ir branduolinio kuro ciklo medžiagų fizinė sauga. VATESI, 2019-11-05.
96. Branduolinės saugos taisyklės BST-1.6.1-2012. Fizinės saugos užtikrinimo plano rengimas. VATESI, 2012-09-04.
97. IAE galutinis eksploatavimo nutraukimo planas 2020-08-20 Nr. PD-11(19.54), Nr. ArchPD-2241-77758v1, (GENP).
98. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-3.2.1-2015. Radioaktyviųjų atliekų priėmimo į paviršinį radioaktyviųjų atliekų atliekyną kriterijai. VATESI, 2015-05-27.
99. IAEA-TECDOC-1380 Derivation of activity limits for the disposal of radioactive waste in near surface disposal facilities. 2003.

1 priedas

VĮ Ignalinos atominė elektrinė

2021-11-03 Nr.21/101

Kaunas

DĖL BETONO TYRIMŲ ATLIKIMO

Vykdamas 2018-07-23 paslaugų viešojo pirkimo-pardavimo sutartį „IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugas“, Nr. PSt-136(13.67), bei derinant planuojamojo BRAA aikštelės vertinimo ataskaitą, 2021-06-21 buvo gautas VĮ Ignalinos atominės elektrinės (toliau – IAE) raštas Nr. ĮS-2967 (15.47.1E), jame pateiktas IAE ir Lietuvos geologijos tarnybos (toliau – LGT) susitikimo protokolas Nr. PPr-558(15.47.1E), kuriame buvo priimti sprendimai dėl bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo į atliekyną projekte papildomų statinio „pagalvės“ betono tyrimų atlikimo.

Pasitarimo, įvykusio 2021-06-16 tarp LGT ir IAE metu, buvo svarstomi klausimai:

1. Organinės medžiagos, galimai esančios „pagalvė“ sudarančio betono sudėtyje, buvimas.
2. Betono atsparumas galimai agresyviai, agresyvumo klasių XA1, XA2 ar XA3, aplinkai.

Pasitarimo dalyviai nusprendė:

1. Iširti organinių medžiagų buvimą ir kiekį betono „pagalvėje“. Tuščio kanjono taške Nr. 2 išgręžti gręžinį iki maksimaliai pasiektino pagal turimas IAE technines galimybes gylio (apie 2 metrus) ir paimti ne mažiau 7 kerno mėginių cheminės sudėties, tame tarpe organinės medžiagos kiekio „pagalvėje“, nustatymui.
- 2.1. Įvertinti betono stiprumines charakteristikas, paveikus betono mėginius agresyvia XA1 ir XA2 terpe, t. y. palaikius juos agresyvioje terpėje apie 1 mėnesį.
- 2.2. Požeminio vandens agresyvumo stebėjimo išplėtimas: tendencijos kitimo įvertinimo tikslais periodiškai vykdyti agresyvaus CO2 kiekio požeminiame vandenyje matavimus.

Atsižvelgiant į susitikimo sprendimus Nr.1 ir Nr. 2.1, 2021-08-02 saugyklos kanjone Nr. 9 buvo išgręžti 7 gręžiniai, gręžiant pastato pamato plokštę ir „pagalvę“ iki 170 cm gylio 15 cm skersmens karūna. Kernų paėmimo taškai pateikiami (2-o priedo Pav. 2, 3). Organinių junginių nustatymui skirta 8 bandiniai, humuso kiekio nustatymui – 8 bandiniai, XA1 ir XA2 terpių bandymams skirti 2 bandiniai iš pamato ir 8 bandiniai iš pagalvės.

Kernų tyrimą atliko UAB „TESTLITA“ akredituota laboratorija (akreditavimo pažymėjimo Nr. LA.01.013) ir 2021-10-29 pateikė *bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo į atliekyną projekte papildomo statinio pagalvės betono tyrimo ataskaita*. Tyrimo metu nustatytas betone esančių humuso ir kitų organinių medžiagų kiekis, betono masė ir stipris gniuždant, ir betono išlaikyto XA1 ir XA2 terpėse masė ir stipris gniuždant.

Vertinant bandymų ataskaitos rezultatus, galima atsakyti į pasitarimo sprendimus taip:

1. Ištyrus taške Nr. 2 iš gręžinių paimtus bandinius (2 iš pamato ir 8 iš pagalvės) humuso arba kitų organinių junginių nenustatyta.

2. Paveikus bandinius XA1 ir XA2 terpėmis 1 mėnesį, nustatyta, kad pamato ir „pagalvės“ betono tankio ir gniuždymo stiprio ribos yra panašios su agresyvia terpe nepaveiktų bandinių. Taip pat nustatyta, kad agresyvia terpe paveiktų bandinių masės nuostoliai yra nereikšmingi.

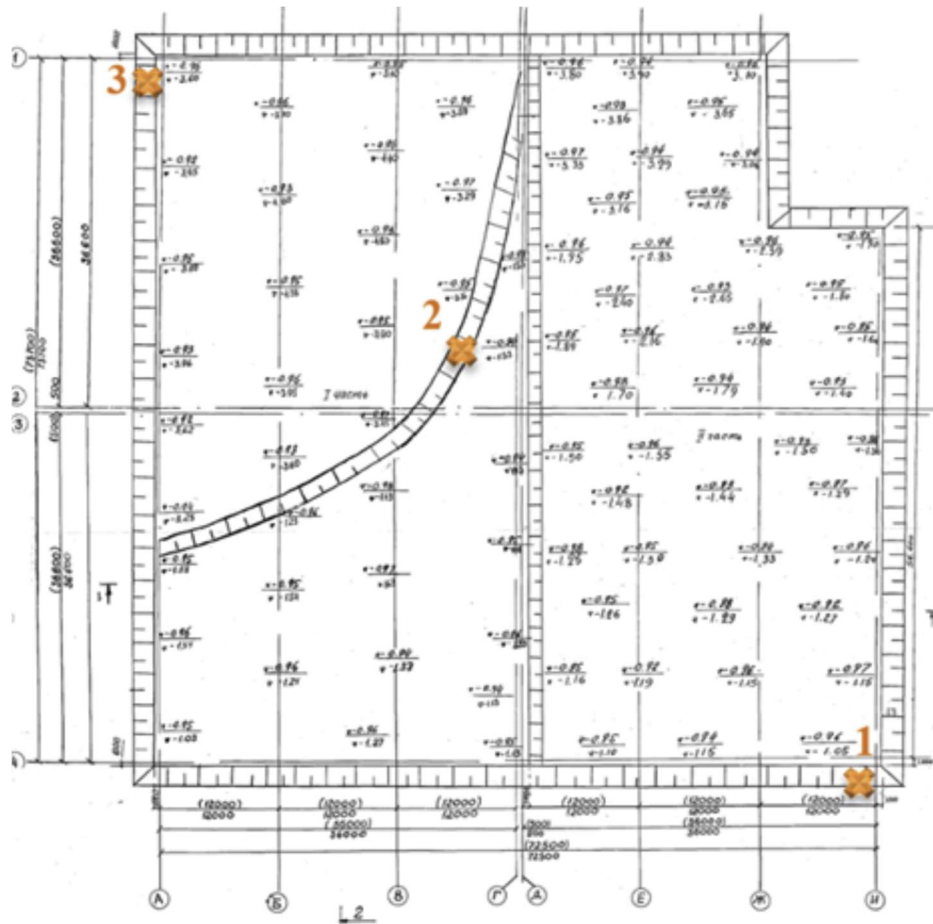
Lyginant šio tyrimo rezultatus su anksčiau atliktų tyrimų rezultatais, pateiktais ekspertizės akte SE19-05/01-04, matome, kad ekspertizės akte SE19-05/01-04 pateikti „pagalvės“ betono stiprio ir užterštumo organiniais junginiais rezultatai taškuose Nr.1 ir 3, koreliuoja su taške Nr. 2 atliktų bandymų rezultatais.

Priedama:

1. Tyrimų taškų planas - 1 lapas;
2. UAB „TESTLITA“ *bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo į atliekyną projekte papildomo statinio pagalvės betono tyrimo ataskaita* - 9 lapai.

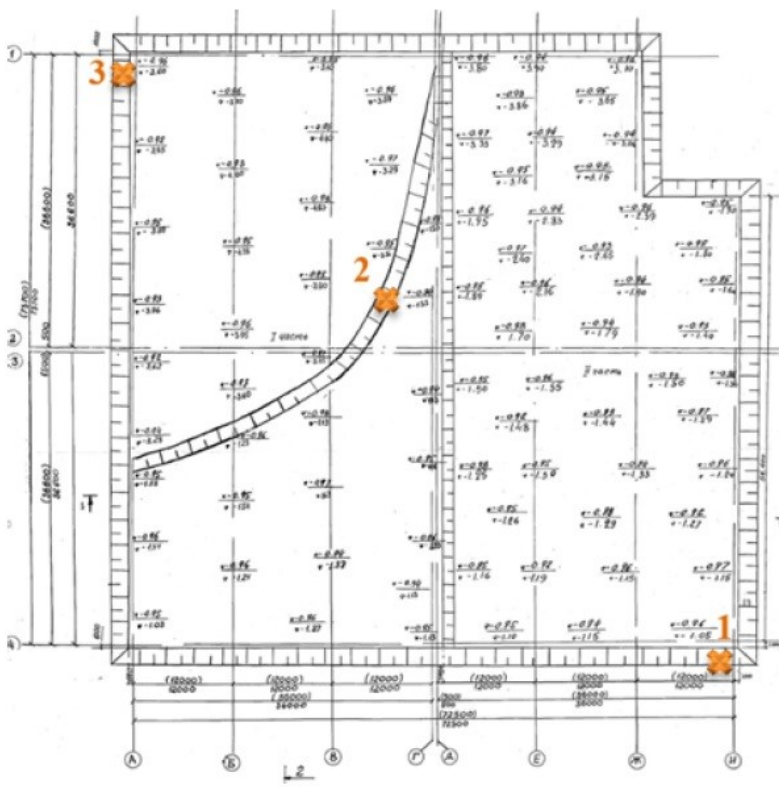
UAB „Ekspertika“ direktorius /el. parašas/

PRIEDAS NR. 1 – TYRIMŲ TAŠKŲ PLANAS



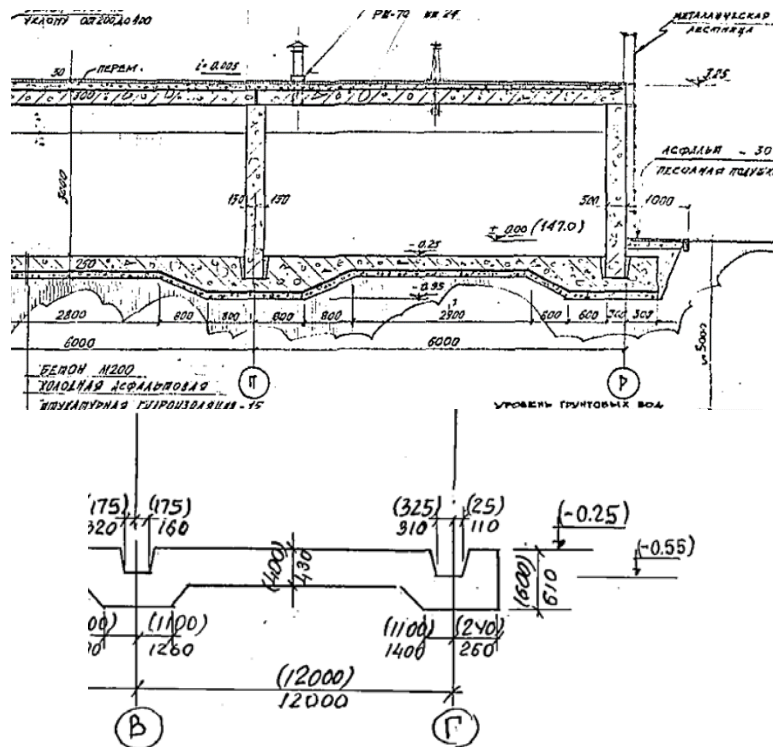
PRIEDAS NR. 2 – UAB „TESTLITA“
BITUMUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS REKONSTRAVIMO Į
ATLIEKYNĄ PROJEKTE PAPILDOMO STATINIO PAGALVĖS BETONO TYRIMO
ATASKAITA

**BITUMUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS
REKONSTRAVIMO Į ATLIEKYNĄ PROJEKTE
PAPILDOMO STATINIO PAGALVĖS BETONO TYRIMO ATASKAITA**

Sprendimas dėl tyrimų:	Ignalinos AE ir Lietuvos geologijos tarnybos 2021-06-16 susitikimo protokolas Nr. PPr-558(15.47.1E)
Objektas:	Ignalinos AE pramoninės aikštelės pastatas 158
Sprendimas dėl apimčių:	<p>Ištirti organinių medžiagų buvimą ir kiekį betono „pagalvėje“. Tuščio kanjono taške Nr. 2 išgręžti gręžinį iki maksimaliai pasiektino gylio (apie 2 metrus) ir paimti ne mažiau 7 kerno mėginių cheminės sudėties, tame tarpe organinės medžiagos kiekio „pagalvėje“, nustatymui.</p>  <p align="center">2 pav. 158 pastato pamatų ir pagalvės mėginių paėmimo schema</p>
	Įvertinti betono stiprumines charakteristikas, paveikus betono mėginius agresyvia XA1 ir XA2 terpe, t. y. palaikius juos agresyvioje terpėje apie 1 mėnesį.
Bandinių gręžimas:	Betono bandinius į laboratoriją pristatė UAB „Svertas group“ darbuotojai

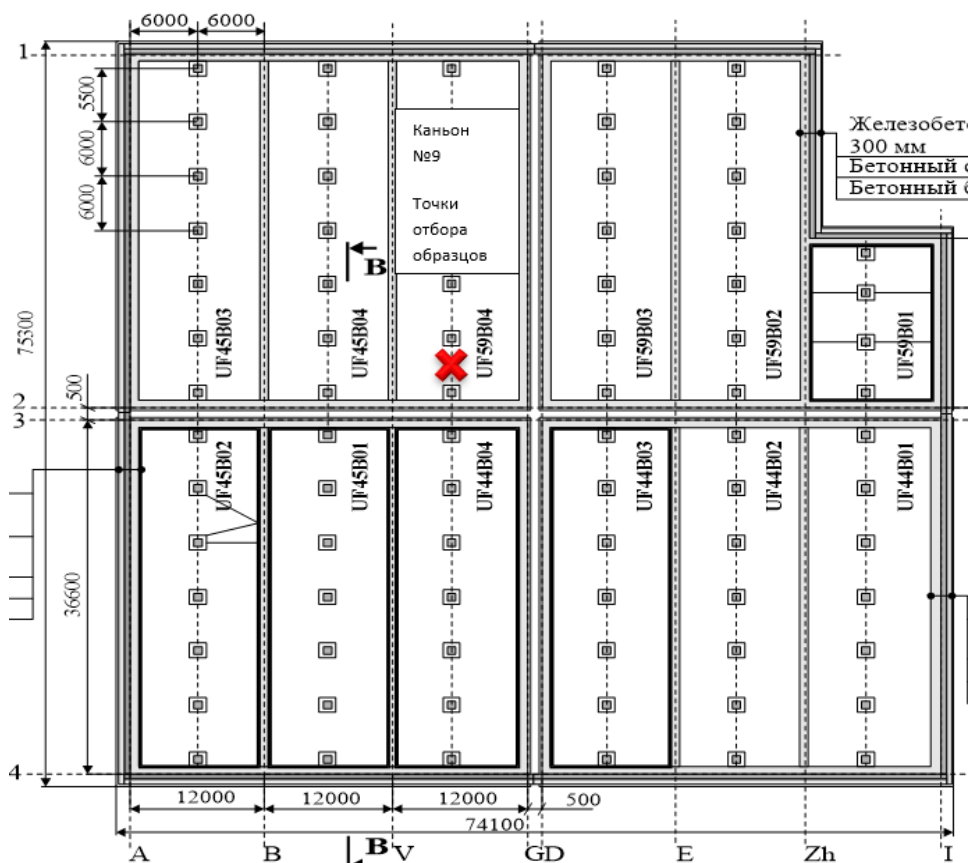
BETONO BANDINIŲ APRAŠYMAS

Mėginiai buvo imami gręžiant pastato pamatų plokštę ir pastato „pagalvė“ iki 170 cm gylio 15 cm skersmens karūna. Buvo numatyta „pagalvėje“ išgręžti 3 gręžinius ir iš kiekvieno paimti po 5 kernus. Tačiau, dėl techninių apribojimų ir griežtų reikalavimų reikalingų kernų matmenų tyrimams, iš 3 gręžinių nepavyko gauti reikiamo kiekio mėginių. Todėl, buvo išgręžti 7 gręžiniai bituminio kompaundo saugyklos tuščiaame kanjone Nr. 9. Mėginių ėmimo taškai yra apie 3 metrus vienas nuo kito (Pav. 1, 2, 3). Pamato storis gręžimo taškuose pagal projektinę dokumentaciją – iki 470 mm.

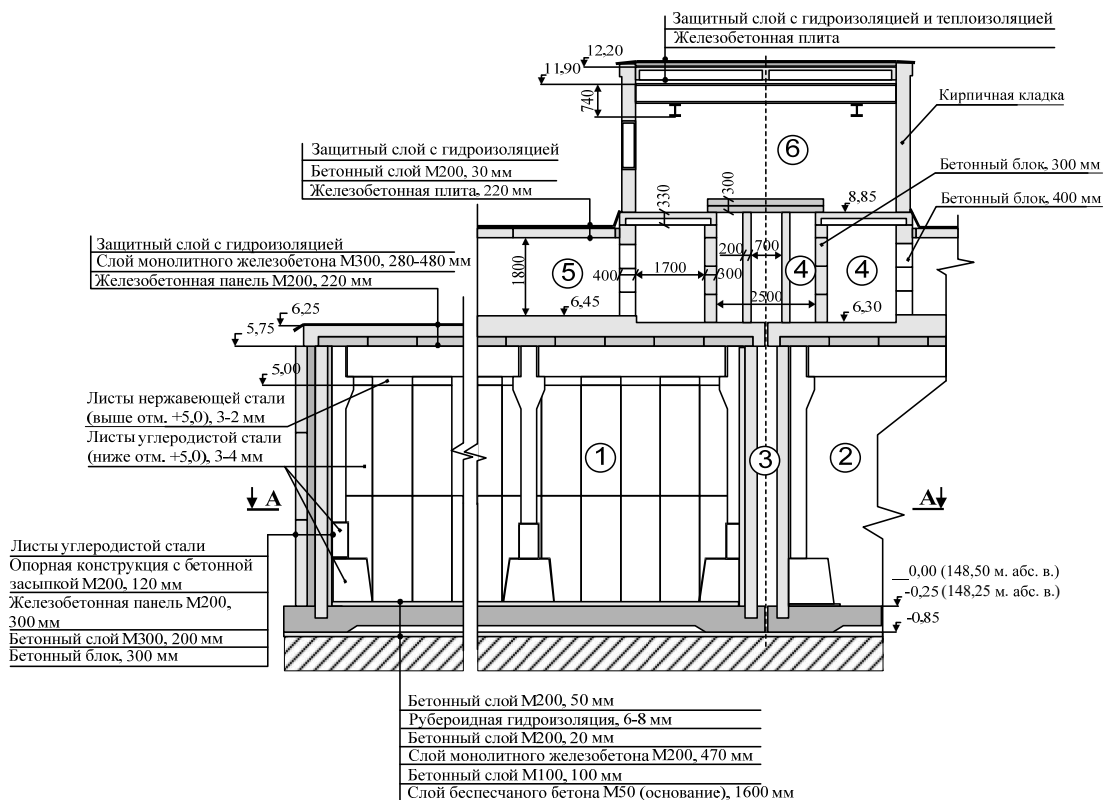


1 Pav. Pastato pamatų konstrukcijų brėžinys (išpildomoji ir projektinė schema)

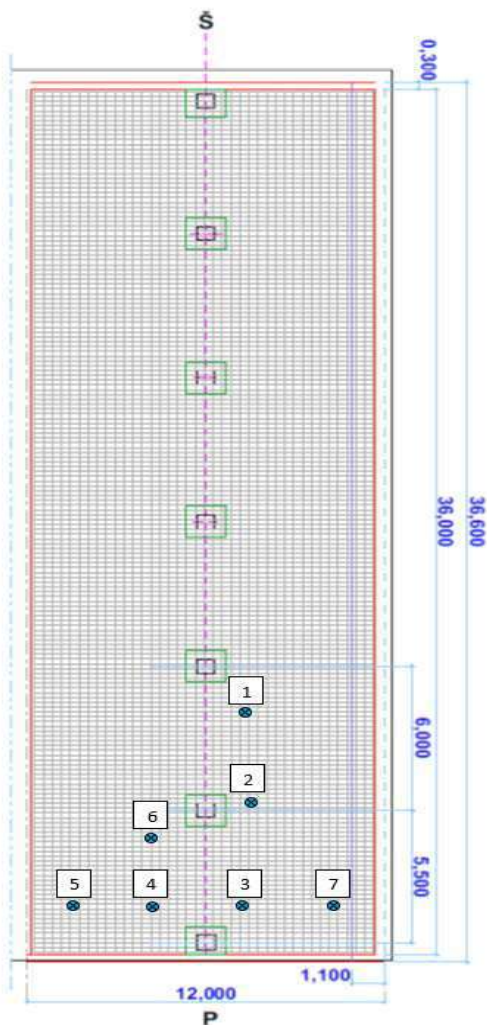
Сечение А-А



Сечение В-В



2 Pav. Gręzimo vietos išdėstymas pastato plane



3 Pav. Gręzimo vietų išdėstymo kanjone schema

Išgręžti kernai pažymėti taip:

- raidė F pažymėti bandiniai iš pamatų plokštės;
- pirmas skaičius nurodo gręžinio numerį;
- antras skaičius nurodo kerno padėtį gręžinyje pagal aukštį (didėjanti tvarka į konstrukcijos gilumą)

Lentelė Nr. 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Išmatavimai (skersmuo, aukštis), mm	Kiekis vnt.	Pastaba
1	Pastato 158 pamatų konstrukcijos	D=150, H=200	5	Išgręžtų kernų išvaizdą
2	Pastato 158 pagalvė	D=150, H=200	15	
Viso:			20	žr. nuotraukoje



5 Pav. Bandinių nuotrauka



6 Pav. Bandinių nuotrauka

Papildomų betono tyrimų atlikimo apimtis nurodyta lentelėje

Lentelė Nr. 2

Eil. Nr.	Darbo pavadinimas	Bandinių paėmimo vieta	Bandinių kiekis ir žymėjimas
1.	Kernų paruošimas stiprio bandymui, kernų stiprio gniuždant nustatymas	Pamatas	2 (F1.1; F2.1)
		Pagalvė	4 (1-1; 3-2; 5-2; 7-1)
2.	Organinių junginių nustatymas iš bendros betono imties	Pagalvė	7 (1 bandymas iš septinių gręžinių)
3.	Humuso kiekio nustatymas iš bendros betono imties	Pagalvė	7 (1 bandymas iš septinių gręžinių)
4.	Betono kernų išlaikymas modeliuojamos terpėse (XA1 ir XA2 terpė), išlaikymo terminas 1 mėnuo, vizualus vertinimas, masės nuostolių, stiprio gniuždant nustatymas	Pamatas	1(XA1: F6.1)+1(XA2: F5.1)
		Pagalvė	4 (XA1: 6-1; 4-1; 5-3; 7-2) 4 (XA2: 1-2; 3-1; 5-1; 6-2)

BANDYMO REZULTATAI**Gniuždymo bandymas (LST EN 12504-1:2019; LST EN 12504-1:2019/AC:2021), tankis (LST EN 12390-7:2019 6.2; 6.6 p.; LST EN 12390-7:2019/AC:2021)**

Kernai buvo sutrumpinti ir mechaniškai apdoroti pagal standarto reikalavimus. Bandiniai priderinti pjaunant ir šlifuojant. Kernų tankis apskaičiuotas išmatavus gniuždymui paruoštų bandinių tūrį ir masę. Bandinių tūris nustatytas skaičiavimu pagal patikrintus nurodytuosius matmenis.

Lentele Nr. 3

Gręžimo vieta	Gauto kerno aprašymas	Bandinio žymuo	Bandinio vidutinis skersmuo, mm	Gniuždomasis bandinio skerspjuvio plotas, mm ²	Bandinio vidutinis aukštis, mm	Aukščio ir skersmens santykis	Didžiausia ardančioji apkrova F, N	Bandinio gniuždymo stipris, N/mm ²	Bandinio masė, g	Bandinio tankis*, kg/m ³
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 22 mm. Armatūros nėra.	1-1	143	16052	147	1,03	337500	21,0	5238	2220
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 36 mm. Armatūros nėra.	3-2	143	16052	147	1,03	323300	20,1	5230	2220
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 40 mm. Išoriniame cilindriname paviršiuje yra armatūros likučiai, kurių masė 12,8 g	5-2	143	16052	144	1,01	408200	25,4	5502	2380
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 44 mm. Armatūros nėra.	7-1	143	16052	139	0,97	596000	37,1	5408	2420
Pamatas	Didžiausio užpildo dydis 32 mm. Armatūros nėra.	F1.1	143	16052	144	1,01	645200	40,2	5384	2330
Pamatas	Didžiausio užpildo dydis 36 mm. Armatūros nėra.	F2.1	143	16052	143	1,00	632800	39,4	5198	2260

* tankis apvalintas 10 kg/m³ tikslumu.

CHEMINIAI BANDYMAI

Buvo susmulkinti bandiniai 2-1 ir 4-2 ir bandinio 3-1 liekanos po mechaninio apdirbimo. Po gniuždymo bandymų iš bandinių 1-1; 3-2; 5-2; 7-1 buvo paimta apie 1 kg nuolaužų. Nuolaužos buvo papildomai susmulkintos.

Visų 7 bandinių nuolaužos buvo sumaišytos. Ėminys sumažintas ketvirčiavimo būdu ir paimti mėginiai organinių junginių ir humuso nustatymui.

Organinių junginių nustatymas

Buvo paruošti bandinio ekstraktai naudojant du tirpiklius – metanolį ir heksaną. Ekstraktai ištirti naudojant dujų chromatografą su masių spektrometru „Shimadzu“ Nr. C70464470135. Atlikti 2 lygiagretūs nustatymai. Junginių identifikavimui naudojamos bazės NIST 14, NIST 14s, WR 10, WR 10R.

Lentele Nr. 4

Nustatymo Nr.	Tirpiklis	Bandymų rezultatas	Bandymų rezultato paaiškinimas
1	metanolis heksanas	Organinių junginių neaptikta Organinių junginių neaptikta	Organinių junginių kiekis mažesnis negu KĮR (kiekybinio įvertinimo riba), kuri yra $1 \cdot 10^{-5} \%$
2	metanolis heksanas	Organinių junginių neaptikta Organinių junginių neaptikta	

Humuso kiekis (LST EN 1744-1:2009+A1:2013 15.1 sk.)

Lentelė Nr. 5

Bandinio Nr.	Bandymų rezultatas	Bandymų rezultato paaiškinimas
1	negatyvus	humuso nėra

BANDYMAI XA1 ir XA2 TERPĖSE

Aplinkos poveikio klasės apibūdintos standarte LST EN 206:2013+A2:2021 *Betonas. Specifikacija, savybės, gamyba ir atitiktis*. Aplinkos poveikio klasė XA1 tai silpno cheminio agresyvumo aplinka, XA2 – vidutinio cheminio agresyvumo aplinka. Aplinkos poveikio klasės skiriasi tam tikrų druskų, agresyviojo CO₂*, ir pH ribinėmis vertėmis (LST EN 206 2 lentelė).

Kuriant modelinę terpę būtina įvertinti jos stabilumą ir koncentracijos pastovumą. Netikslinga pasirinkti modelinę terpę su agresyvu CO₂, nes dėl išnašoje išdėstytos informacijos sunku sureguliuoti ir palaikyti būtent agresyviojo CO₂ koncentraciją. Koncentracijos kontrolei reikalingi pastovus agresyviojo CO₂ koncentracijos nustatymai pagal LST EN 13577:2007, dėl ko keistūsi modelinės terpės tūris, būtų reikalingi papildymai, kurie vėl keistų agresyviojo CO₂ koncentraciją. Pasirinkus bandinių būklės po išlaikymo modelinėse terpėse vertinimą tame tarpe ir pagal masės sumažėjimą, bandiniai turi būti laikomi atskirose talpose, todėl neįmanoma užtikrinti agresyviojo CO₂ koncentracijos kontrolę 10-ie atskirose talpose.

Druskų (ypatingai natrio, kalio) tirpalai pasižymi stabilumu, nesant vandens garavimui, druskų koncentracija išlieka pastovi.

Modelinės terpės pH gali keistis dėl sąveikos su betonu, tačiau jos kontrolė atliekama naudojant pH-metrą, tai greitas būdas kontroliuoti ir reguliuoti parametą.

Pasirinkta: modelinė terpė XA1 (sulfato jono koncentracija 600 mg/l, pH 6,2); XA2 (sulfato jono koncentracija 3000 mg/l, pH 5,2)

BANDYMO REZULTATAI

Vizualus bandinių įvertinimas po išlaikymo terpėse: visi bandiniai po išlaikymo terpėse be irimo požymių, tinkantys gniuždymo stiprio nustatymui.

Ne visas vandenyje esantis anglies dioksidas yra agresyvus. Vandenyje taip pat gali būti surištas, ir pusiausvyrinis anglies dioksidas.

Standarte LST EN 13577:2007 *Cheminiis poveikis betonui. Agresyviojo anglies dioksido kiekio vandenyje nustatymas*, pagal kurį turi būti nustatomas vandens cheminis agresyvumas, duotas toks agresyviojo CO₂ apibrėžimas: *agresyvusis CO₂ tai CO₂ kiekis vandenyje, kuris gali ištirpinti kalkes (šarmus) betone* (vertimas iš angl. kalbos).

BANDYMO REZULTATAI

Gniuždymo bandymas po išlaikymo terpėse (LST EN 12504-1:2019; LST EN 12504-1:2019/AC:2021), tankis (LST EN 12390-7:2019 6.2; 6.6 p.; LST EN 12390-7:2019/AC:2021)

Lentelė Nr. 6

Gręžimo vieta	Gauto kerno aprašymas	Bandinio žymuo, terpė	Bandinio vidutinis skersmuo, mm	Gniuždomasis bandinio skerspjuvio plotas, mm ²	Bandinio vidutinis aukštis, mm	Aukščio ir skersmens santykis	Didžiausia ardančioji apkrova F, N	Bandinio gniuždymo stipris, N/mm ²	Bandinio masė*, g	Bandinio tankis**, kg/m ³	Masės nuostolis dėl išlaikymo terpėje, %
Pamatas	Didžiausio užpildo dydis 22 mm. Armatūros nėra.	F5.1 (XA2)	143	16052	141	0,99	597400	37,2	5183	2290	<0,01
Pamatas	Didžiausio užpildo dydis 36 mm. Armatūros nėra.	F6.1 (XA1)	143	16052	145	1,01	554500	34,5	5481	2350	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 56 mm. Armatūros nėra	6-1** (XA1)	144	16278	142	0,99	713600	43,8	5580	2410	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 16 mm. Armatūros nėra.	4-1 (XA1)	143	16052	141	0,99	533900	33,3	5212	2300	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 44 mm. Armatūros nėra.	5-3 (XA1)	143	16052	143	1,00	591000	36,8	5536	2410	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 56 mm. Armatūros nėra.	7-2 (XA1)	143	16052	141	0,99	294000	18,3	5140	2270	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 42 mm. Armatūros nėra	1-2 (XA2)	142	15829	142	1,00	765400	48,4	5466	2430	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 44 mm. Armatūros nėra.	3-1 (XA2)	143	16052	145	1,01	456700	28,5	5418	2330	<0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 38 mm. Išoriniame cilindriniam paviršiuje yra kavėnų (tuštumų) iki 30x20 mm	5-1 (XA2)	143	16052	140	0,98	321000	20,0	4998	2220	0,01
Pagalvė	Didžiausio užpildo dydis 56 mm. Armatūros nėra.	6-2 (XA2)	143	16052	146	1,02	312200	19,4	5490	2340	0,05

* parametras nustatytas prieš bandinių patalpinimą į terpę

** apskaičiuotas tankis prieš bandinių patalpinimą į terpę, jis apvalintas 10 kg/m³ tikslumu.

Bandymus atliko inžinierius Sigitas Racevičius ir chemikė Roberta Povilavičiūtė

BANDYMO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

Lentele Nr. 7

	Parametrai serijose be išlaikymo terpėse		Parametrai serijose bandinių, išlaikytų terpėse	
Pamatai	Tankis, kg/m ³ : ribos: vidurkis:	2260÷2330 2300	Tankis iki mirkimo kg/m ³ : ribos: vidurkis:	2290÷2350 2320
	Stipris gniuždant, MPa: ribos: vidurkis:	39,4÷40,2 39,8	Stipris gniuždant po mirkimo MPa: ribos: vidurkis:	34,5÷37,2 35,9
Pagalvė	Tankis, kg/m ³ : ribos: vidurkis:	2220÷2420 2310	Tankis iki mirkimo kg/m ³ : ribos: vidurkis:	2220÷2410 2340
	Stipris gniuždant, MPa: ribos: vidurkis:	20,1÷37,1 25,9	Stipris gniuždant po mirkimo MPa: ribos: vidurkis:	19,4÷48,4 31,1

Kaip matoma, tankio ir gniuždymo stiprio ribos mirkytų ir nemirkytų bandinių yra panašios, todėl vertinant agresyvių terpių poveikį betonui, svarbus parametras yra masės praradimas (betono sąveika su agresyviaja terpe). Didžiausi nustatyti masės nuostoliai yra 0,05 % ir 0,01 %, kitų bandinių masės nuostoliai yra visiškai nereikšmingi. Nėra reglamentavimo dėl masės nuostolių dydžio arba gniuždymo stiprio sumažėjimo masto po betono išlaikymo agresyviojoje terpėje.

Humuso arba kitų organinių junginių, galinčių sumažinti betono atsparumą aplinkos poveikiui, nenustatyta.

UAB „Testlita“
Vilniaus laboratorijos vadovė

L.D.

2021-10-29
Vilnius