

Daugiakriterinės analizės metodo taikymas parenkant Ignalinos AE V1 pastato įrengimų išmontavimo būdą

1. Kiekybinių kriterijų įvertinimas

Arūnas Sirvydas,

Gintautas Poškas,

Audrius Šimonis,

Povilas Poškas

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

Pirmajame šios serijos straipsnyje atlikus situacijos analizę Ignalinos AE V1 pastate ir surinkus pirminius įrangos komponentų fizinius, radiologinius, išdėstymo schemų ir kitus duomenis bei atlikus pradinę duomenų analizę buvo suformuluoti alternatyvūs įrenginių išmontavimo būdai, sudarytas daugiakriterinei analizei atlikti reikalingas hierarchinis kriterijų sąrašas, kuris yra būdingas atominėse elektrinėse užterštos įrangos išmontavimo projektams. Taip pat šiame straipsnyje pateiktas ir Ignalinos AE V1 pastato įrengimų skirtingų išmontavimo būdų kiekybinių kriterijų įvertinimas. Iš viso buvo analizuoti du įrengimų išmontavimo būdai (alternatyvos) – pirmasis, kai atliekama išmontuotų komponentų dezaktyvacija (kur tai įmanoma), ir antrasis, kai išmontuotų komponentų dezaktyvacija neatliekama, o po išmontavimo jie iškart vežami į atitinkamas atliekų saugojimo ar šalinimo vietas. Analizė buvo atlikta naudojant Lietuvos energetikos instituto Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijoje sukurtą kompiuterinę programą DECRAD.

Analizės rezultatai parodė, kad neatliekant išmontuotų komponentų dezaktyvacijos, pirminių radioaktyviųjų atliekų, šalinamų į labai mažo aktyvumo atliekų (LMAA) atliekyną, masė yra daugiau nei du kartus didesnė, nei tuo atveju, kai ji atliekama.

Reikalingos investicijos ir bendros viso projekto įgyvendinimo išlaidos tarp abiejų išmontavimo būdų skiriasi atitinkamai tik apie 6 % ir 7 %.

Raktažodžiai: Ignalinos AE, V1 pastatas, įrangos išmontavimo būdai, kompiuterinė programa DECRAD, kiekybinių kriterijų įvertinimas

ĮVADAS

Pirmasis Ignalinos atominės elektrinės (IAE) blokas pradėjo veikti 1983 m. pabaigoje, antrasis – 1987 m. viduryje. Nors statant elektrinę ir buvo planuota ją eksploatuoti iki 2010–2015 m., tačiau 2002 m. spalį LR Seimas patvirtino Nacionalinės energetikos strategiją [1], kurioje buvo numatyta Ignalinos AE 1-ojo bloko eksploatavimą baigti iki 2005 m., o 2-ojo bloko iki 2010 m. Taigi, pirmasis Ignalinos AE reaktorius buvo sustabdytas 2004 m. gruodžio 31 d. 2002 m. lapkričio 26 d., nutarimu Nr. 1848 [2], LR Vyriausybė nutarė, kad nesukeliant sunkių ilgalaikių socialinių, ekonominių, finansinių ir aplinkosauginių padarinių, Ignalinos atominės

elektrinės 1-ojo bloko eksploatavimo nutraukimą vykdyti nedelstino išmontavimo būdu.

Kompleksiškoms technologinėms problemoms spręsti taikomas skirtingas eksploatavimo nutraukimo alternatyvas dažnai nepakanka lyginti tik vienu aspektu (pvz., finansiniu). Galutinė kompleksinio projekto baigtis priklauso nuo daugelio kriterijų ir gauta geriausia vieno ar kelių kriterijų reikšmė nereiškia, kad ta alternatyva geriausia, nes kitų kriterijų reikšmės gali būti blogesnės. Pagal šiuolaikinę sampratą sėkmingam alternatyvų parinkimui tikslinga atsižvelgti į įvairius kiekybinius bei kokybinius kriterijus kompleksiskai.

Analizuojant ir vertinant tinkamiausią išmontavimo būdą/scenarijų, aktualu parinkti tinkamą matematinį metodą, kurio

pagalba būtų galima atlikti detalią ir įvairiapusę analizę bei daugiakriterinį variantų palyginimą. Kai uždavinio alternatyvos apibūdinamos keletu kriterijų, reikia taikyti vertinimo metodą, įgalinantį atsižvelgti į jų visumą. Šioms problemoms spręsti gerai tinka daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai. Daugiakriterinis sprendimų priėmimo metodas taikytas ir šiame darbe. Pirmajame šios straipsnių serijos straipsnyje sprendžiami tokie uždaviniai, kaip situacijos analizė, įrangos išmontavimo ir dezaktyvavimo būdų (alternatyvų) identifikavimas, kriterijų formulavimas, kiekybinių kriterijų apskaičiavimas. Antrajame straipsnyje bus pateikti ekspertiniai vertinimai, rezultatų analizė ir sprendimai.

SITUACIJOS ANALIZĖ

Ignalinos AE V1 pastatas

Analizei atlikti buvo pasirinktas Ignalinos AE V1 pastatas. Jis yra vienas iš 1-ojo reaktoriaus bloko pastatų, kuriame yra daugiau nei 200 patalpų / kambarių. V1 pastatas yra vakariinėje reaktoriaus pastato (t. y. pastato A1) pusėje (1 pav.).

Ignalinos AE V1 pastate yra sumontuota dalis reaktoriaus sistemų (2 pav.), kurios, pradėjus įgyvendinti IAE eksploata-



1 pav. Ignalinos AE V1 pastatas [3]

cijos nutraukimo projektus, turės būti išmontuotos. Pagrindinės sistemos šiame pastate yra tokios:

- remontinio aušinimo talpų sistema (1TQ);
- reaktoriaus dujų kontūro sistema (1TP);
- išmetamųjų dujų valymo sistema (1TS);
- ventiliacijos sistemos (1WZ) ir kt.

Darbų etapai (fazės) ir radiologinė situacija

Ne visas V1 pastate esančias sistemas galima išmontuoti iš karto. Kai kurios sistemos yra vis dar reikalingos ne tik viso 1-ojo bloko saugos užtikrinimui, bet ir bus reikalingos išmontavimo ir dezaktyvavimo darbų saugos užtikrinimui. Dėl to išmontavimo ir dezaktyvavimo (I ir D) darbus galima suskirstyti į kelis etapus [3]:

1. Pirmąjį (toliau 1-asis etapas), kurio metu bus išmontuojamos praktiškai visos sistemos, išskyrus specialios ventiliacijos sistemą 1WZ56 (nes šio etapo metu ji vis dar turės būti eksploatuojama ir tinkamai atlikti savo funkcijas) ir elektros kabelius.

2. Antrąjį (toliau 2-asis etapas), kurio metu, lygiagrečiai su A1 pastato išmontavimu, bus išmontuota ir ventiliacijos sistema 1WZ56 bei visi pastate esantys elektros kabeliai.

3. Trečiąjį (toliau 3-iasis etapas), kurio metu nugriovus V1 pastatą likę neužteršti komponentai bus ištraukiami iš griuvėsių.

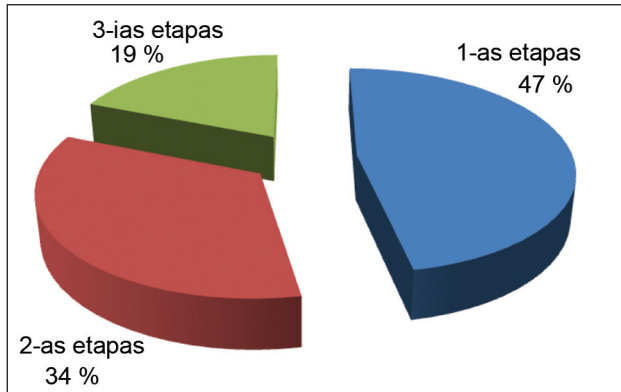
Planuojama, kad pirmasis I ir D etapas prasidės ~2012 m. pradžioje, o antrasis – praėjus maždaug 11 metų (t. y. ~2023 m.), kai bus atliekami A1 pastato įrangos išmontavimo ir dezaktyvavimo (I ir D) darbai. Šiame darbe yra nagrinėjami tik du etapai (1-asis ir 2-asis). Nuo pasirinktų išmontavimo būdų (alternatyvų) 3-iasis išmontavimo etapas nepriklauso, todėl toliau nebus nagrinėjamas.

Yra žinoma, kad daugelis V1 pastato sistemų yra užterštos radionuklidais. Pagal radiologinio apibūdinimo rezultatus [3] V1 pastato sistemų išmontuoti komponentai priklausytų 0, A, B ir F radioaktyviųjų atliekų klasėms (atliekų klasifikavimas atliktas pagal radioaktyviųjų atliekų tvarkymo reikalavimus [4]). 0 klasės atliekos yra vadinamosios



2 pav. Sistemų įrengimai atskirose V1 pastato patalpose [3]

nebekontroliuojamos atliekos [5] ir jos gali būti tvarkomos remiantis neradioaktyvių atliekų tvarkymo įstatymu [6]. A klasės atliekos – tai labai mažo aktyvumo trumpaamžės radioaktyviosios atliekos (LMAA), kurios pagal [4] dokumento reikalavimus turi būti šalinamos labai mažo aktyvumo atliekų atliekyne. B ir F klasių atliekos atitinkamai yra mažo aktyvumo trumpaamžės radioaktyviosios atliekos ir panaudoti uždarieji jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai. Šių klasių (B, F) radioaktyviosios atliekos turi būti šalinamos paviršiniame atliekyne [4].



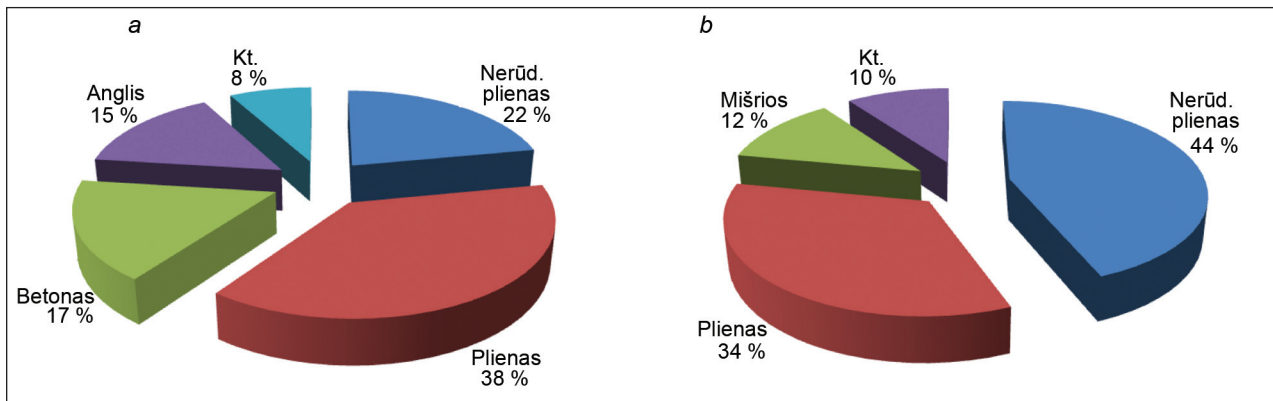
3 pav. Išmontuojamų (pirminių) masių pasiskirstymas V1 pastate pagal išmontavimo etapus

Pradinių duomenų analizė

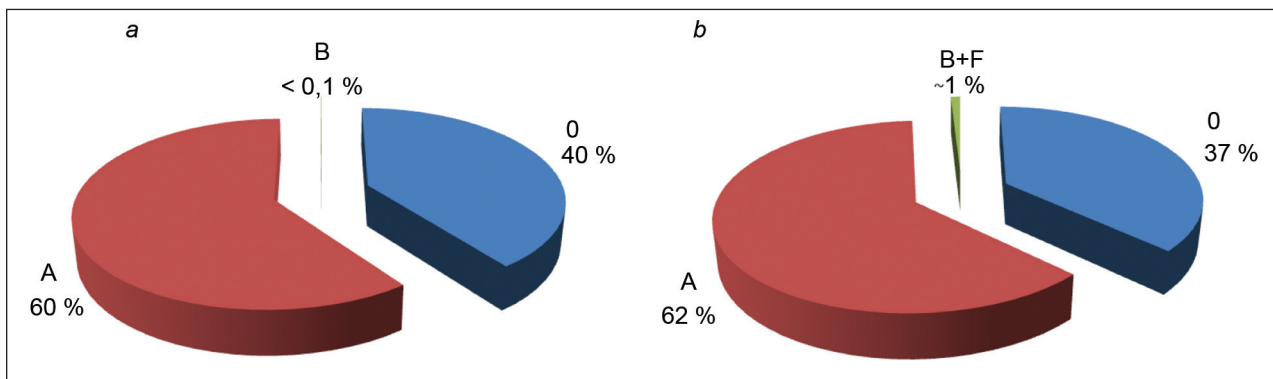
Pirminė analizė parodė, kad V1 pastate komponentų, kuriuos reikia išmontuoti, masė sudaro ~1 283 tonas. Išmontuojamų V1 pastate komponentų masės pasiskirstymas kiekvienam išmontavimo etapui parodytas 3 pav. Iš minėtame paveiksle pateikto grafiko matyti, kad 1-ojo išmontavimo etapo metu išmontuojamų įrenginių masė sudaro apie 47 %, o 2-ojo – 34 % nuo visos V1 pastate esančios įrangos masės. Neužterštų komponentų masė 3-iajame etape sudaro beveik penktadalį visos išmontuojamos masės, t. y. ~244 tonas.

Išmontuojamų komponentų pasiskirstymas pagal medžiagų tipus 1-ajam ir 2-ajam etapams parodytas 4 pav. Akiivaizdu, kad 1-ojo etapo metu (4 pav., a) didžiausią išmontuojamų komponentų masės dalį (50 %) sudaro metalinės kilmės medžiagos – plienas (38 %) ir nerūdijantis plienas (22 %). Likusią medžiagų dalį sudaro betonai, aktyvuota anglis iš filtrų ir kt. 2-ojo etapo metu (4 pav., b) taip pat didžiausią išmontuojamų komponentų masės dalį sudaro metalinės kilmės medžiagos (78 %). Komponentų, kuriuos sudaro mišrios medžiagos, kiekis yra 12 %, o kitų (tepalas, izoliacinės medžiagos ir pan.) – 10 %.

Išmontuojamų masių pasiskirstymo pagal atliekų klases analizė parodė (5 pav.), kad 1-ojo etapo metu išmontuojami komponentai priklauso 0, A ir B atliekų klasėms (5 pav., a). Didžiausią masės dalį (60 %) sudaro A klasės atliekos, apie 40 % visų išmontuojamų komponentų masės yra neužteršti



4 pav. Išmontuojamų masių pasiskirstymas pagal medžiagų tipus 1-ojo (a) ir 2-ojo (b) išmontavimo etapų metu



5 pav. Išmontuojamų masių pasiskirstymas pagal atliekų klases 1-ojo (a) ir 2-ojo (b) išmontavimo etapų metu

komponentai (0 atliekų klasė) ir tik <0,1 % sudaro B klasės atliekos.

Panašus masių pasiskirstymas pagal atliekų klases yra ir 2-ojo etapo metu (5 pav., b). Tik čia B klasės atliekų masė nuo bendros išmontuojamos masės yra kiek didesnė, palyginus su 1-uoju etapu, be to, šio etapo metu bus išmontuojami ir komponentai, kuriuose yra panaudotų uždaryjū šaltinių (F atliekų klasė). Tačiau šiuo atveju F atliekų klasės komponentų masė yra labai nedidelė.

Reikalavimuose [4] nurodoma, kad yra būtina mažinti radioaktyviųjų atliekų tūrį, todėl siekiant sumažinti radioaktyviųjų atliekų, kurias reikia šalinti atitinkamuose atliekynuose, kiekius, taip pat ir tų atliekynų tūrius, šias atliekas yra būtina dezaktyvuoti (t. y. pašalinti užterštą radioaktyvų paviršiaus sluoksnį) iki 0 klasės atliekų lygio, t. y. kad po dezaktyvavimo atliekų charakteristikos atitiktų nebetinkuojamųjų atliekų lygius. Žinoma, radioaktyviųjų komponentų dezaktyvacijai reikia papildomos darbo jėgos bei laiko, papildomų finansinių išlaidų, taip pat didėja apšvita personalui ir pan. Tačiau čia galima nagrinėti ir antrąją alternatyvą – išmontavus užterštus radioaktyviuosius komponentus, neatliekant jų dezaktyvacijos, iškart juos gabenti į atitinkamus radioaktyviųjų atliekų šalinimo atliekynus. Toks būdas sutrumpintų išmontavimo darbų trukmę, pareikalautų mažiau žmogiškųjų, finansinių ir laiko išteklių, tačiau tokiu atveju turėtume didesnius radioaktyviųjų atliekų kiekius ir dėl to reikėtų statyti didesnius atliekynus.

TYRIMŲ METODIKA

Programinė įranga

Pasaulyje atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo darbų analizė dažniausiai yra atliekama naudojant kompiuterines programas, tokias kaip Cora-Calcom [7], Omega [8], Dexu [9] ir kt. Tokių programų nedaug ir dažniausiai jos yra

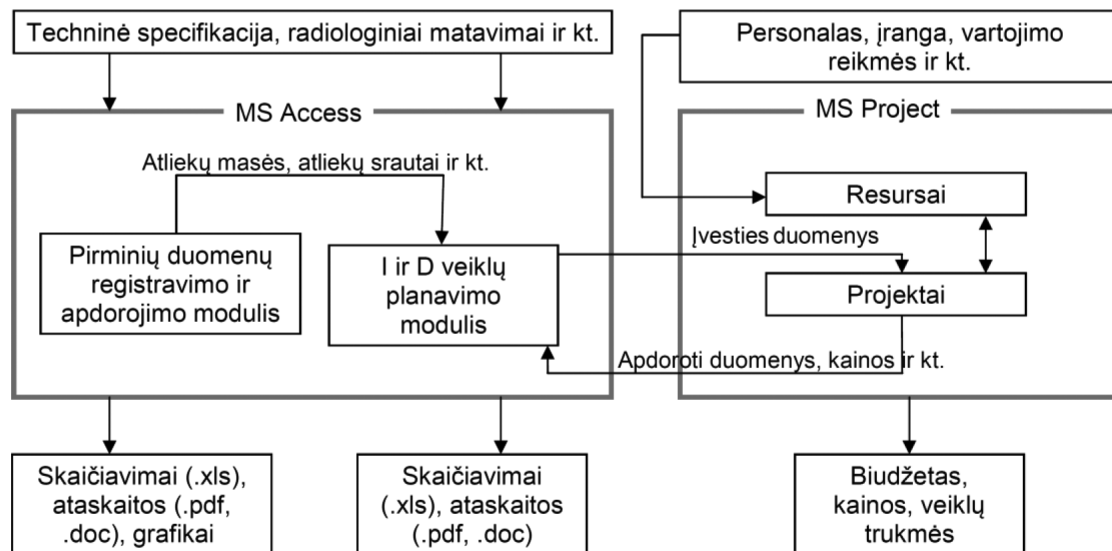
sukurtos bei pritaikytos konkrečių atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo darbams planuoti / įvertinti.

V1 pastate esančių įrenginių I ir D darbams įvertinti buvo naudota LEI Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijoje sukurta kompiuterinė programa DECRAD [10]. DECRAD – tai programa, specialiai sukurta I ir D veiklų planavimui, sąnaudų, išlaidų, darbo jėgos poreikių, darbuotojų gaunamos apšvitos dozių, radioaktyviųjų atliekų šalinimo planavimui ir kitų parametrų, susijusių su eksploatavimo nutraukimu, vertinimui. Ši programa nėra orientuota konkrečios atominės elektrinės išmontavimo darbams vertinti. Tai yra „lanksti“ programa ir gali būti taikoma įvairių atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo darbų planavimui bei analizei.

Kompiuterinė programa DECRAD sukurta „Microsoft-Access“ pagrindu. „Microsoft-Access“ sudaro du pagrindiniai moduliai (programos principinė schema pavaizduota 6 pav.):

- pirmasis yra skirtas pradinių duomenų (įvesties duomenų, matavimų rezultatų reikšmių ir kt.) valdymui ir atitinkamų skaičiavimų vykdymui bei duomenų paruošimui antrajam modulii;
- antrasis modulis pateikia rezultatus (užduotis, darbų kiekius, išteklių apskaičiavimus ir pan.) „Microsoft-Project“ programai ir tiesiogiai susieja radioaktyviųjų atliekų duomenis su projekto vykdymo užduotimis.

Pradiniai duomenys DECRAD programai (7 pav.) yra V1 pastato įrangos komponentų techninių duomenų sąrašas, į kurį duomenis surinkti analizuojant V1 pastato įrangos techninę dokumentaciją ir atliekant patalpų apžiūras, kurių metu įvertinta kai kurių komponentų ir konstrukcijų būklė, surinkta trūkstama informacija apie juos. Taip pat buvo naudojama ir radiologinių matavimų informacija, kuri apie įrangos komponentų radiologinį užterštumą surinkta iš radiologinės situacijos matavimų ataskaitų. Šios ataskaitos buvo pareng-



6 pav. Kompiuterinės programos DECRAD principinė schema

tos atlikus radiologinius matavimus gama spektrometru arba imant tepinėlius tam specialiai parinktuose taškuose ir juos analizuojant.

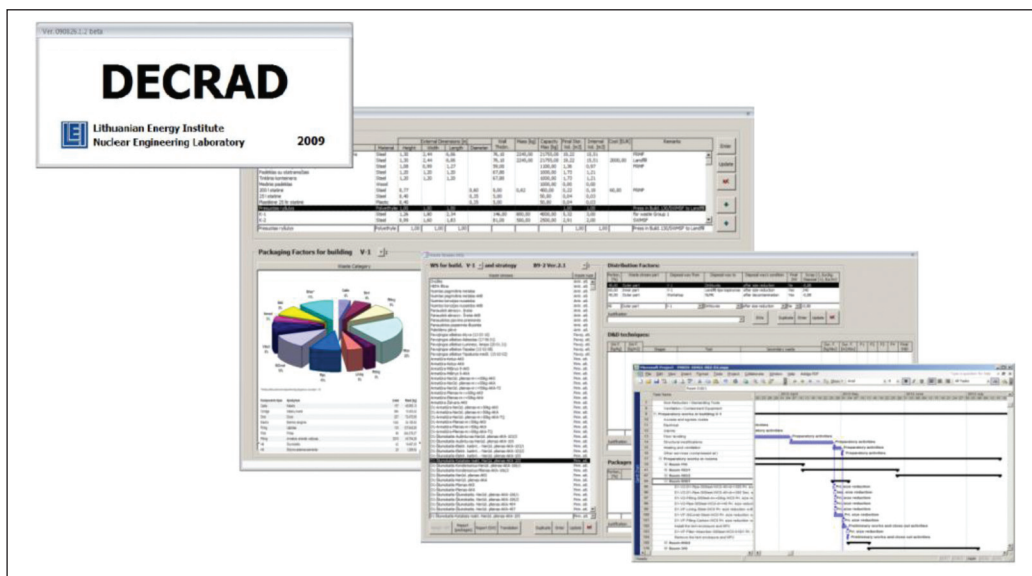
Apibendrinus V1 pastate esančių komponentų duomenis ir atlikus jų analizę, šie komponentai buvo suskirstyti į atliekų srautus pagal išmontavimo, apdorojimo metodą, užterštumą bei kitas susijusias savybes. Taigi, visos „operacijos“ su išmontuotais komponentais kompiuterinėje programoje toliau buvo atliekamos operuojant atliekų srautais (t. y. atliekų srauto išmontavimas, gabenimas, dezaktyvavimas ir pan.).

Naudojant DECRAD programą galima registruoti, apdoroti pradinis (pirminius) duomenis ir pateikti daugelį

rezultatų (1 lent.), kurie toliau gali būti panaudoti sprendžiant AE įrangos išmontavimo būdo (alternatyvos) parinkimo problemas.

Išmontavimo būdų alternatyvų bei kriterijų formulavimas
Apibendrinus ir išanalizavus pradinis duomenis suformuoti du skirtingi nebenaudojamos įrangos iš V1 pastato išmontavimo ir dezaktyvavimo (įskaitant apdorojimo ir radioaktyvių atliekų šalinimo) būdai (I ir II), kurie detaliau paaiškinti 2 lentelėje.

Analizuojant buvo priimta, kad išmontavimo darbus atlieka dvi vienu metu lygiagrečiai dirbančios darbuotojų



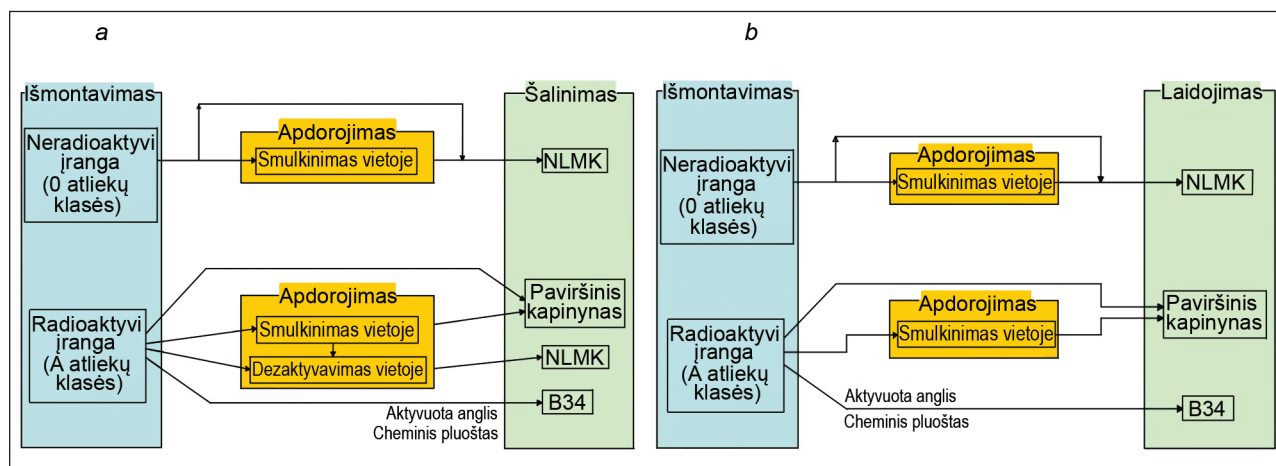
7 pav. Kompiuterinės programos DECRAD vaizdas

1 lentelė. Kompiuterinės programos DECRAD pateikiami rezultatai

<p>Darbuotojų sauga (radiologinė)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kolektyvinė dozė (žm.-Sv); • Individuali dozė (mSv). <p>Išteklių panaudojimas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reikalingas darbuotojų skaičius pagal kvalifikacijas (žm.-diena / valanda); • Bendras darbuotojų skaičius (žm.-diena / valanda); • Vartojimo reikmenys (kg ar vnt.). <p>Neradiologinės išlankos į aplinką</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chemikalai į vandens telkinį (m³). <p>Radiologinės išlankos į aplinką</p> <ul style="list-style-type: none"> • Skysčiai į vandens telkinį (m³ ar Bq); • Aerosoliai į atmosferą (m³ ar Bq). <p>Toksinės medžiagos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toksinų medžiagų inventorizavimas. 	<p>Kainos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Išlaidos darbuotojų atlyginimams (Eur); • Išlaidos vartojimo reikmenims (Eur); • Investicijų išlaidos (Eur); • Atliekų tvarkymo išlaidos (Eur); • Paruošiamųjų veiklų išlaidos (Eur). <p>Atliekų aktyvumo duomenys</p> <ul style="list-style-type: none"> • Skystosios radioaktyvios atliekos (Bq); • Kietosios (pirminės ir antrinės) atliekos į paviršinį atliekyną (Bq); • Bituminizuotos atliekos (Bq); • Kitka.
<p>Kiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pirminės atliekos (pagal kambarius, sistemas, tipus, medžiagas, etapus ir kt.); • Radiologiniai duomenys (dezaktyvavimo daugiklis, atliekų klasės, nuklidiniai vektoriai ir kt.); • Atliekų srautų duomenys (pirminės ir antrinės atliekos pagal šalinimą, etapus, įrankius, pakuotes ir kt.); • Veiklų tvarkaraščiai (projekto trukmė, veiklų struktūra (WBS) ir kt.); • Duomenų srautai (masių, pakuočių dozių ir kt.). 	

2 lentelė. IAE nebe naudojamų įrangos išmontavimo ir dezaktyvavimo būdai (alternatyvos)

Būdas (alternatyva)	Paiškinimas
I	Kai atliekama atitinkamų užterštų išmontuotų komponentų mechaninė dezaktyvacija, t. y. radioaktyvūs išmontuoti komponentai dezaktyvuojami iki 0 klasės atliekų lygio (jei tai įmanoma), o išmontavimo ir dezaktyvavimo metu susidariusios antrinės radioaktyviosios atliekos bei kiti komponentai, kurių dezaktyvuoti iki 0 klasės lygio nepavyksta, atitinkamai šalinami LMAA atliekynė (A klasės atliekos) arba gabenami į apdorojimo kompleksą (B34) (B, F klasių atliekos) tolesniam apdorojimui ir saugojimui iki šalinimo paviršiniame atliekynė (8 pav., a).
II	Kai užterštų išmontuotų komponentų mechaninė dezaktyvacija neatliekama, t. y. išmontuoti komponentai nėra dezaktyvuojami, o tiesiog užteršti komponentai – A klasės atliekos gabenamos į LMAA atliekyną, o B ir F klasių atliekos gabenamos į B34 kompleksą tolesniam apdorojimui ir saugojimui iki šalinimo paviršiniame atliekynė (8 pav., b).



8 pav. I (a) ir II (b) išmontavimo ir dezaktyvavimo būdų principinės schemas

grupės. Pirmoji grupė išmontuojant komponentus naudoja tik „šalto“ pjovimo įrankius (žirkles, hidraulinės žirkles, švytuoklinius pjūklus, kampinius šlifuoklus ir kt.), o antroji grupė komponentų išmontavimui naudoja ir „šalto“, ir „karšto“ pjovimo įrankius (plazminį pjoviklį). „Karšto“ pjovimo įrankis šiai grupei yra reikalingas dėl to, kad tose patalpose, kuriose ji atlieka išmontavimo darbus, yra storasielių ar sudėtingos geometrijos komponentų, kuriuos išmontuoti „šalto“ pjovimo įrankiais būtų labai sudėtinga.

Taip pat buvo numatyta, kad išmontuotos įrangos gabenimą į dezaktyvavimo (jei to reikia) bei monitoringo zonas ir kitus darbus atlieka papildoma darbuotojų grupė.

Alternatyvų įvertinimo kriterijų paruošimas skaičiavimams ir ekspertiniam vertinimui

Atsižvelgiant į nagrinėjamos problemos specifiką parenkami nagrinėjamos alternatyvoms būdingi kriterijai. Aukščiausio lygio kriterijai apima globalius nagrinėjamų alternatyvų aspektus, kuriuos detalčiau apibūdina žemesnio lygio kriterijai. Pabrėžtina, kad čia suformuluoti kriterijai tinka tik tokios įrangos išmontavimui, kai susidaro nedegios labai mažo aktyvumo radioaktyviosios bei mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžės radioaktyviosios atliekos (3 lent.).

Sudarytas hierarchinis kriterijų sąrašas buvo taikytas Ignalinos AE V1 pastatui. Šis sąrašas nėra griežtai galutinis ir

lyginamoms alternatyvoms gavus labai panašius įvertinimus ar taikant kituose AE pastatuose gali būti papildytas naujais kriterijais. Tačiau kriterijai, pateikti 3 lentelėje, yra tinkami naudoti ir kituose IAE įrangos išmontavimo projektuose.

REZULTATAI

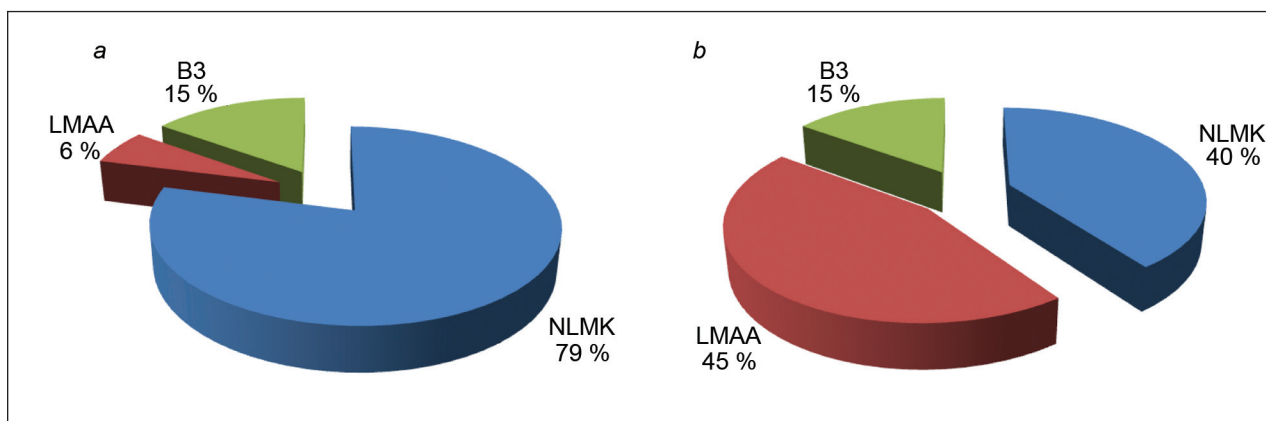
Pirminės atliekos

Iš viso V1 pastate pirmajam išmontavimo etapui priskirtų išmontuoti neužterštų komponentų masė sudaro apie 40 % nuo visos išmontuojamos įrangos masės. Dar apie 39 % išmontuojamų komponentų yra užteršti, tačiau tai yra tik komponentai, kuriuos bus galima dezaktyvuoti iki 0 atliekų klasės lygio. Taigi, po dezaktyvacijos šie komponentai jau bus laikomi nebeužterštomis atliekomis. Dėl to gauname, kad iš viso apie 79 % (M1.1 kriterijus) išmontuojamų komponentų (9 pav., a) masės bus gabenama į nekontroliuojamų lygių matavimo kompleksą (NLMK), esantį IAE teritorijoje. Ten atlikus tam tikrus patikrinamuosius matavimus bus galutinai įsitikinta, kad tai yra tikrai neužterštos atliekos ir po to jas bus galima tvarkyti kaip toliau nebe kontroliuojamas atliekas.

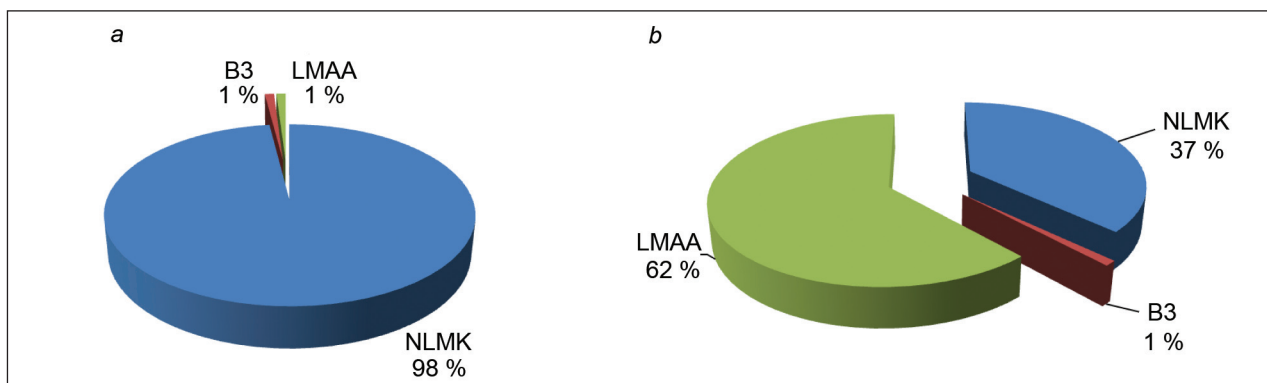
Matyti (9 pav., a), kad dezaktyvuoti 6 % atliekų iki 0 atliekų klasės lygio yra neįmanoma, todėl šias atliekas būtina šalinti į LMAA atliekyną. Likusią dalį atliekų – 15 % taip pat

3 lentelė. Hierarchinis kriterijų ir jų savybių sąrašas

Kriterijus	Žemesniojo lygio kriterijus	Aprašymas	Kriterijaus tipas	Matavimo vienetai
M1. Atliekų srautų	M1.1. Pirminių atliekų masė į NLMK	Kriterijus nusako visos pirminės masės ir pirminės masės, kuri bus transportuojama į nekontroliuojamų lygių matavimo kompleksą (NLMK), santykį. Svarbu yra pirminės atliekų masės pasiskirstymas pagal galutinius atliekų šalinimo maršrutus. Kuo daugiau (%) masės transportuojama į NLMK, tuo mažiau lieka radioaktyviųjų atliekų.	Kiekybinis	Procentai
	M1.2. Antrinių atliekų masė į NLMK	Kriterijus nusako visos antrinės masės ir antrinės masės, kuri bus transportuojama į nekontroliuojamų lygių matavimo kompleksą (NLMK), santykį. Svarbu yra antrinės atliekų masės pasiskirstymas pagal galutinius atliekų šalinimo maršrutus. Kuo daugiau (%) masės transportuojama į NLMK, tuo mažiau lieka radioaktyviųjų atliekų.	Kiekybinis	Procentai
	M1.3. Antrinių atliekų masės susidarymas	I ir D metu susidaranti antrinių atliekų (metalo drožlių, panaudotų pjovimo priemonių, filtrų, dujų, abrazyvo ir kt.) kiekis.	Kiekybinis	Tonos
E1. Ekonominis	E1.1. Pradinės investicijos	I ir D darbams reikės įsigyti tam tikrą įrangą (keltuvus, pjovimo, dezaktyvavimo, radiologinių matavimų ir elektros įrangą, konteinerius atliekų šalinimui bei transportavimui kt.), kuri leistų greitai ir efektyviai atlikti numatytus darbus.	Kiekybinis	Eurai
	E1.2. Projekto išlaidos	Bendros projekto įgyvendinimo išlaidos.	Kiekybinis	Eurai
T1. Trukmės	T1.1. Projekto įgyvendinimo trukmė	Trukmė mėnesiais, nuo projekto pradžios iki pabaigos.	Kiekybinis	Mėnesiai
	T1.2. Darbo jėga	Reikalinga darbo jėga, išreikšta žm.-dienomis (pvz., viena žm.-diena reiškia, kad vienas žmogus dirba vieną darbo dieną arba du žmonės dirba tą patį darbą po pusę dienos). Kriterijus vertina darbų sudėtingumą ir trukmę.	Kiekybinis	Žm.-dienes
S1. Saugos	S1.1. Darbuotojų sauga (radiologinė)	Tikimybė, kad gali būti viršyta leistina suminė apšvitos dozė (mSv) atliekant I ir D veiklas.	Kokybinis	Ekspertinis vertinimas
	S1.2. Darbuotojų sauga (neradiologinė)	Tikimybė, kad dirbant su toksiškais ir pavojingais atliekais gali būti pakenkta darbuotojams atliekant I ir D veiklas.	Kokybinis	Ekspertinis vertinimas
P1. Procesų-techninis	P1.1. Egzistuojančios infrastruktūros panaudojimas	Kriterijus įvertina, kaip efektyviai, išmontuojant nereikalingą įrangą, panaudojama egzistuojanti infrastruktūra (kranai, liftai, bėgiai ir kt.) ir kiek keičiami pastato parametrai (griaunamos / statomos pertvaros, lyginamos grindys, modifikuojama / statoma nauja ventilacijos sistema, elektros ir duomenų perdavimo tinklai ir kt.).	Kokybinis	Ekspertinis vertinimas
	P1.2. Procesų brandumo lygis	Kriterijus nusako panašių projektų patirtį naudojant tokius pačius procesus ir įrangą I ir D veikloms kitose AE.	Kokybinis	Ekspertinis vertinimas
	P1.3. Procesų patikimumas	Procesų ir įrangos patvarumas ir patikimumas.	Kokybinis	Ekspertinis vertinimas



9 pav. Pirminės atliekų masės pasiskirstymas pagal galutinius atliekų šalinimo maršrutus I (a) ir II (b) išmontavimo būdų atvejais. 1-asis išmontavimo etapas



10 pav. Pirminės radioaktyviųjų atliekų masės pasiskirstymas pagal galutinius atliekų šalinimo maršrutus I (a) ir II (b) išmontavimo būdų atvejais. 2-asis išmontavimo etapas

yra neįmanoma dezaktyvuoti iki 0 atliekų klasės lygio arba jos neatitinka LMAA atliekyno atliekų šalinimo priimtino kriterijų ir todėl šias atliekas būtina gabenti į B3 kompleksą (t. y. į kietųjų radioaktyviųjų atliekų tvarkymo ir saugojimo kompleksą) tolesniam apdorojimui, saugojimui iki galutinio šalinimo.

II išmontavimo būdo atveju (t. y. kai išmontuotų užterštų komponentų dezaktyvacija nėra atliekama, o šie komponentai, jei atitinka LMAA atliekyno atliekų šalinimo priimtino kriterijus, tiesiog gabunami į LMAA atliekyną) tik 40 % (M1.1 kriterijus) atliekų (9 pav., b) nuo visos išmontuojamų atliekų masės yra neužterštos ir toliau, atlikus patikrinamuosius matavimus NLMK, jas bus galima tvarkyti kaip nebecontroliuojamas atliekas. Šios nebecontroliuojamos atliekos sudaro apie 50 % mažesnę kiekį, palyginus su tuo atveju, kai išmontuoti komponentai yra dezaktyvuojami (9 pav., a). A klasės atliekų kiekis į LMAA tipo atliekyną šiuo atveju (9 pav., b) yra gana didelis – 45 %, palyginti su prieš tai buvusiu atveju (kai šis kiekis tebuvo vos 6 %, žr. 9 pav., a). Į B3 kompleksą šiuo atveju, aišku, yra gabinama tiek pat atliekų – 15 %.

Analizė parodė, kad 2-ojo išmontavimo etapo metu, kai išmontuotų komponentų dezaktyvacija atliekama, net 98 % (10 pav., a) išmontuojamų komponentų masės sudarys toliau nebecontroliuojamas atliekas (M1.1 kriterijus) ir tik 2 % bus kitos atliekos, kurias reikės gabenti į kitus radioaktyviųjų atliekų tvarkymo kompleksus (B3, LMAA atliekyną).

Kai dezaktyvacija neatliekama (10 pav., b), 0 klasės atliekų (t. y. atliekų, gabenamų į NLMK) kiekis yra tik 37 % (M1.1 kriterijus), o kaip parodyta prieš tai, dezaktyvuojant šis kiekis buvo daugiau nei 2 kartus didesnis (98 %, 10 pav., b). Taikant I išmontavimo būdą (10 pav., a) atliekų, gabenamų į LMAA atliekyną, beveik nėra, o taikant II išmontavimo būdą (10 pav., b) šis kiekis yra net 62 % nuo visos išmontuojamų komponentų masės.

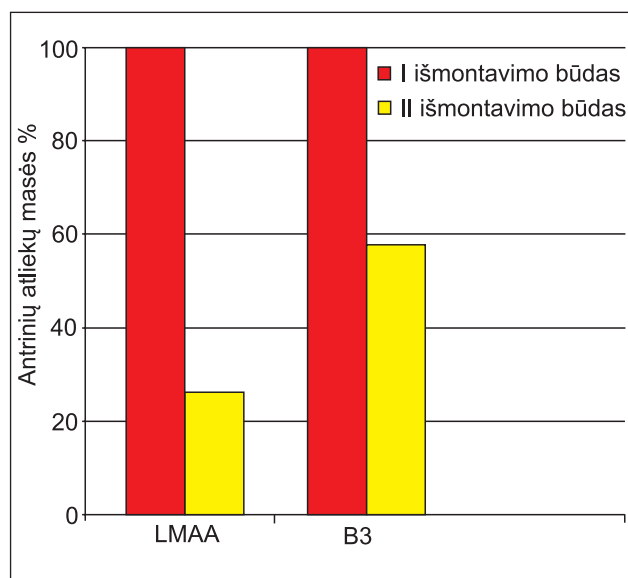
Antrinės atliekos

Be pirminių atliekų, aišku, susidarys tam tikri kiekiai ir antrinių atliekų tokių kaip metalo drožlės, panaudotos pjovimo

priemonės (pjūkleliai, abrazyviniai diskai ir pan.), filtrai, dujos (CO, NO_x ir aerosoliai naudojant plazminį pjoviklį), abrazyvas (kai atliekama mechaninė dezaktyvacija) ir panašiai (t. y. M1.3 kriterijus).

Antrinių atliekų masių pasiskirstymai abiejų išmontavimo būdų atvejais, pagal šalinimo maršrutus parodyti 11 pav. A klasės antrinių atliekų, siunčiamų į LMAA atliekyną, masė nuo bendros A klasės antrinių atliekų masės tuo atveju, kai dezaktyvacija neatliekama (11 pav., II išmontavimo būdas), yra apie keturis kartus mažesnė (t. y. sudaro tik apie 25 %), nei tada, kai ji atliekama. Didžiausią dalį antrinių A klasės atliekų I išmontavimo būdo atveju sudaro dezaktyvavimo atliekos – panaudotas abrazyvas bei nuimto metalo sluoksnis.

Taip pat matyti, kad neatliekant dezaktyvacijos, B klasės antrinių atliekų masė (t. y. atliekų, siunčiamų į B3 kompleksą) nuo visos B klasės antrinių atliekų masės (palyginti su atveju, kai dezaktyvacija atliekama) yra beveik du kartus mažesnė.



11 pav. Antrinių atliekų masės pasiskirstymas pagal galutinius atliekų šalinimo maršrutus I ir II išmontavimo būdų atvejais

Pakuotės

Po išmontavimo ir dezaktyvavimo, arba tik po išmontavimo darbų (II išmontavimo būdo atveju), visos radioaktyviosios atliekos (tiek priminės, tiek antrinės) turi būti sukraunamos į atitinkamas pakuotes ir gabenamos į tam tikrus kompleksus šalinimui ar tolesniam apdorojimui ir saugojimui. Dėl to buvo atliktas pakuočių, skirtų talpinti I ir D veiklos metu susidariusioms atliekoms, kiekio vertinimas, kurio rezultatai parodyti 12 paveiksle. Tiek I, tiek II išmontavimo būdų metu 200 l statinių ir FIBC konteinerių skaičius, reikalingas atitinkamoms radioaktyviosioms atliekoms saugoti / šalinti, yra praktiškai vienodas. Nustatytas ženklus skirtumas tik tarp pusės aukščio ISO konteinerių, skirtų atliekoms šalinti LMAA atliekyne, kiekio.

Dėl didelio A klasės atliekų kiekio II išmontavimo būdo atveju reikiamas pusės aukščio ISO konteinerių skaičius yra net ~3 kartus didesnis nei I išmontavimo būdo atveju. Taigi, neatliekant komponentų dezaktyvacijos, atitinkamų atliekynų užpildymo tūriai taip pat ženkliai išauga.

Investicijos

Įvertinus pirminių atliekų masių kiekius, išmontuojamų komponentų medžiagų prigimtis bei kiekius, taip pat išmontavimo darbus vykdančių darbuotojų skaičių, apytiksliai buvo įvertintas būtinos I ir D darbams atlikti įrangos kiekis bei kaina (t. y. E1.1 kriterijus). Taigi, pirmiausia, prieš pradėdant VI pastato I ir D darbus, reikės įsigyti tam tikrą įrangą (keltuvus, pjovimo, dezaktyvavimo, radiologinių matavimų ir elektros įrangą, konteinerius atliekų šalinimui bei transportavimui kt.), kuri leistų greitai ir efektyviai atlikti numatytus darbus. Investicijų, reikalingų I ir D darbų atlikimo įrangos įsigijimui ir atliekų tvarkymui, analizė parodė (13 pav.), kad tuo atveju, kai neatliekama išmontuotų komponentų dezaktyvacija (13 pav., II išmontavimo būdas), investicijos, palyginti su atveju, kai dezaktyvacija

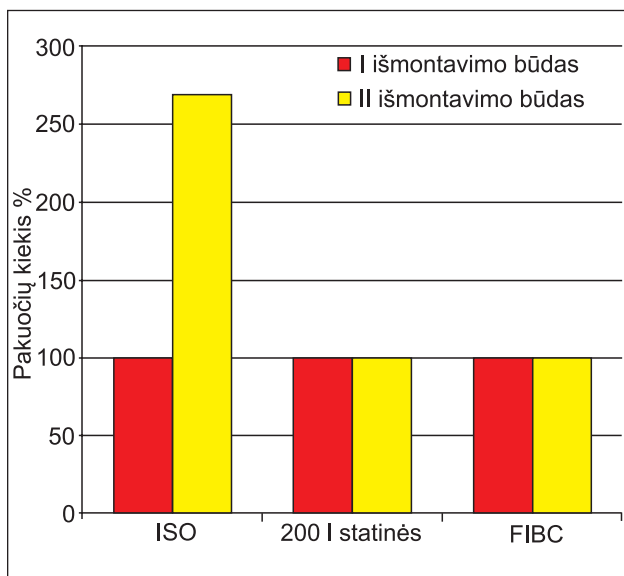
atliekama (13 pav., I išmontavimo būdas), yra tik apie 6 % mažesnės.

Tokių nedidelį skirtumą nulemia tai, kad II išmontavimo būdo atveju reikia įsigyti gerokai daugiau konteinerių (t. y. pusės aukščio ISO konteinerių), tinkamų nedezaktyvuotoms A klasės atliekoms šalinti LMAA atliekyne. II išmontavimo būdo atveju įrangos atlikti išmontuotų komponentų dezaktyvacijai įsigyti nereikia, tačiau šios įrangos kaina yra labai artima, palyginus su reikiamų pusės aukščio ISO konteinerių skaičiumi, nedezaktyvuotoms atliekoms šalinti ir todėl investicijos skiriasi nežymiai. Visa kita įranga (kaip minėta – keltuvai, pjovimo, radiologinių matavimų, elektros įranga bei kt.) yra būtina abiejų išmontavimo būdų atvejais.

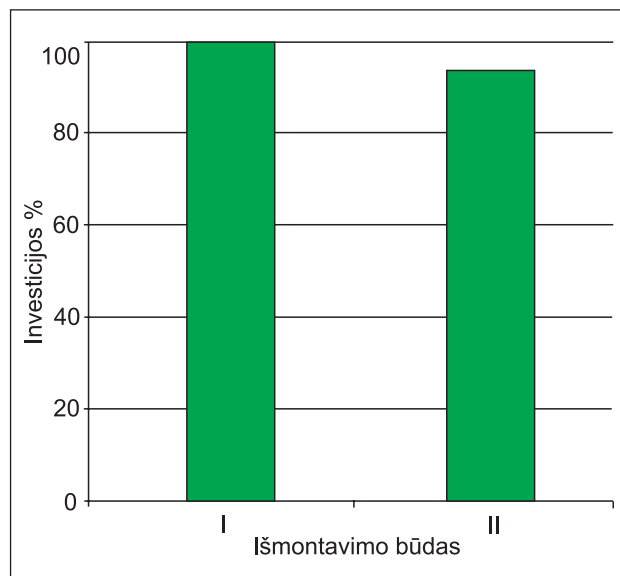
Trukmė

Įsigijus visą reikiamą I ir D darbams atlikti įrangą bei darbus padalijus dviem darbuotojų grupėms, vienu metu lygiagrečiai dirbančioms VI pastate, buvo įvertintos atskirų išmontavimo etapų ir būdų trukmės (t. y. T1.1 kriterijus). Matyti (14 pav.), kad 2-asis I išmontavimo būdo etapas yra šiek tiek daugiau nei penktadaliu trumpesnis už pirmąjį. Šį skirtumą labiausiai lemia išmontuojamų komponentų masė, kuri, palyginti su 1-uoju etapu, yra apie 13 % mažesnė (palyginimui žr. 3 pav.).

Tuo atveju, kai išmontuotų komponentų dezaktyvacija neatliekama (žr. 14 pav., II išmontavimo būdą), 1-ojo etapo trukmė tėra vos 3 % trumpesnė, palyginti su tuo atveju, kai dezaktyvacija atliekama. Taip yra todėl, kad komponentų išmontavimas ir dezaktyvavimas I išmontavimo būdo atveju yra atliekami lygiagrečiai ir dėl to projekto trukmė net ir neatliekant komponentų dezaktyvacijos yra beveik tokia pat. Nedaug didesni (~6 %) trukmių skirtumai yra ir tarp abiejų išmontavimo būdų 2-ųjų etapų. Aišku, 2-ojo etapo trukmė, neatliekant komponentų dezaktyvacijos, yra trumpesnė (žr. 14 pav., II išmontavimo būdą, 2-ąjį etapą).



12 pav. Reikiamų pakuočių kiekio palyginimas I ir II išmontavimo būdų atvejais

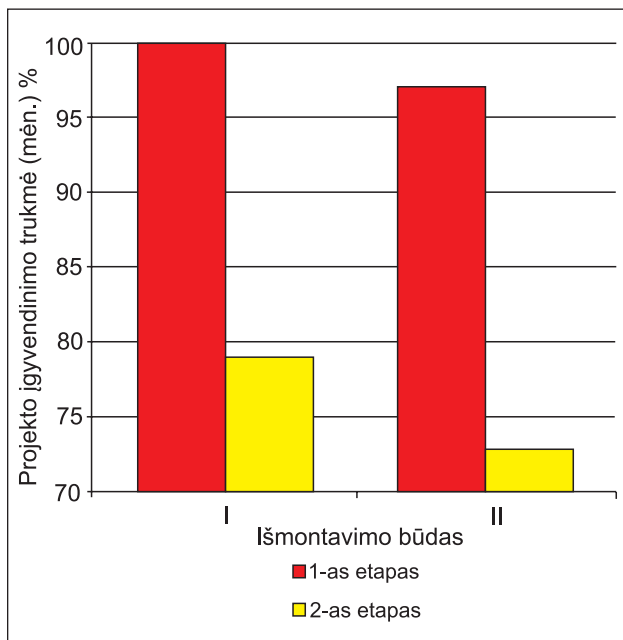


13 pav. Reikalingų investicijų palyginimas

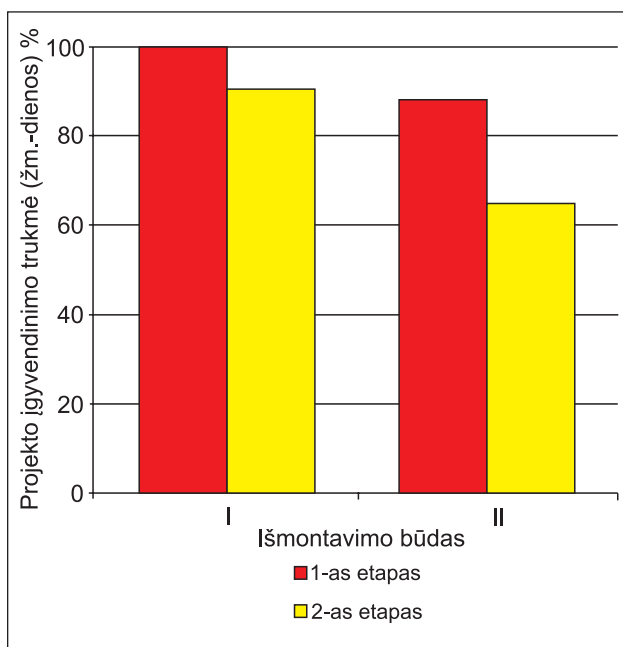
Projekto trukmių palyginimas pagal žm.-dienes (t. y. T1.2 kriterijus) parodytas 15 pav. Čia taip pat matyti, kad neatliekant dezaktyvacijos projekto trukmė yra trumpesnė, tačiau procentiniai skirtumai, palyginus pagal žm.-dienes, nėra tokie dideli, kaip palyginus pagal mėnesius. Šiuo atveju skirtumas tarp I ir II išmontavimo būdų pirmųjų etapų tėra vos 10 %, o tarp antrųjų – apie 20 %.

Bendras ekonominis vertinimas

Buvo vertintas ir bendrų išlaidų (jas atspindi E1.2 kriterijus), reikalingų I ir D darbams atlikti, pasiskirstymas pagal



14 pav. Projekto įgyvendinimo trukmė



15 pav. Projekto įgyvendinimo trukmė pagal žm.-dienes

etapus ir išmontavimo būdus. Išlaidų skirtumas I išmontavimo būdo atveju rodo (16 pav.), kad 2-ojo etapo išlaidos yra beveik 25 % mažesnės nei pirmojo. Šis skirtumas yra dėl dviejų priežasčių:

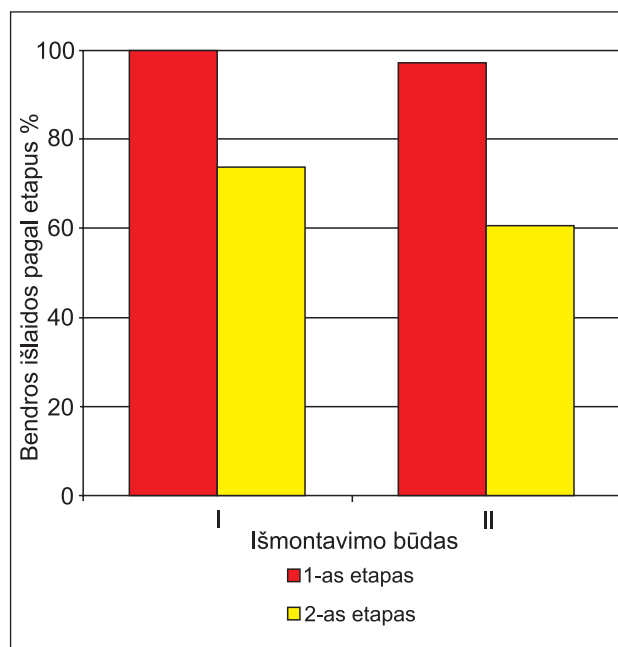
- Dėl to, kad 2-ojo etapo trukmė yra mažesnė nei 1-ojo (nes išmontuojamų įrenginių masė yra mažesnė, kaip nurodyta anksčiau), o tai sąlygoja mažesnę vartojimo sąnaudų kiekį (karšto, šalto vandens, apsauginių drabužių, elektros energijos, darbuotojų darbo užmokesčio ir kt.) ir dėl to turime mažesnes išlaidas.

- Visa reikiama įranga I ir D darbams atlikti yra įsigyjama 1-ojo etapo metu.

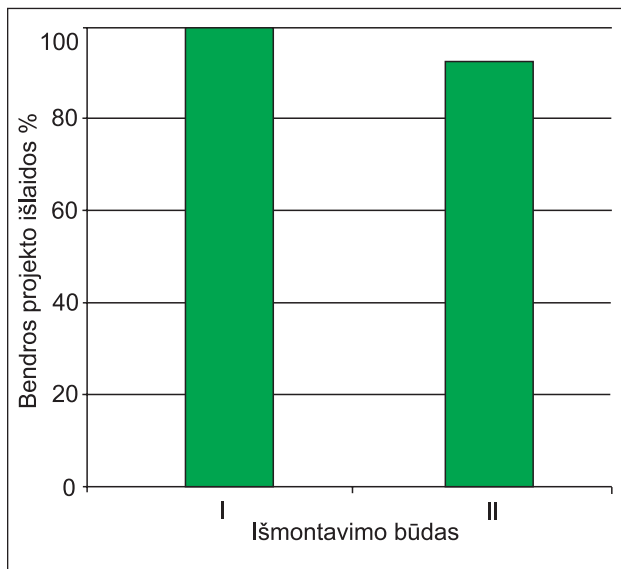
II išmontavimo būdo atveju 1-ojo etapo išlaidos, palyginti su I išmontavimo būdo atitinkamu (t. y. 1-uju) etapu, yra tik neženkliai (~3 %) mažesnės (16 pav.). Taip yra dėl to, kad šiuo atveju reikalingos didesnės išlaidos didesniai A klasės atliekų kiekiui tvarkymui bei šalinimui LMAA atliekyne ir todėl bendros abiejų išmontavimo būdų išlaidos mažai skiriasi. Kiek žymesnis skirtumas (apie 12 %) yra tarp 2-ųjų etapų.

Bendros viso projekto įgyvendinimo išlaidos (įskaitant atliekų šalinimo atliekyne kainą) rodo (17 pav.), kad net ir tuo atveju, kai neatliekama komponentų dezaktyvacija, jos yra tik apie 7 % mažesnės, palyginti su atveju, kai dezaktyvacija atliekama.

Išlaidos II išmontavimo būdo atveju yra mažesnės dėl to, kad nedezaktyvuojant atliekų, projekto įgyvendinimo trukmė yra šiek tiek trumpesnė, o tai savo ruožtu sąlygoja mažesnes vartojimo išlaidas. Darbuotojams mokamo atlyginimo bendra suma taip pat yra mažesnė ir reikiamų pusės aukščio kontenerių A klasės atliekoms šalinti LMAA atliekyne įsigijimo kaina yra šiek tiek mažesnė nei dezaktyvacijai atlikti reikiamos įrangos įsigijimo kaina.



16 pav. Bendrų projekto įgyvendinimo išlaidų pasiskirstymas pagal etapus



17 pav. Bendros viso projekto įgyvendinimo išlaidos

APIBENDRINIMAI IR IŠVADOS

1. Suskirsčius pirminius duomenis pagal įrangos komponentų fizinius, radiologinius, išdėstymo schemų ir kitus duomenis bei atlikus jų (atliekų srautų) pradinę analizę buvo identifikuoti du alternatyvūs įrangos išmontavimo būdai:

- I – Kai atliekama atitinkamų užterštų išmontuotų komponentų mechaninė dezaktyvacija, t. y. radioaktyvūs išmontuoti komponentai dezaktyvuojami iki 0 klasės atliekų lygio (jei tai įmanoma), o išmontavimo ir dezaktyvavimo metu susidariusios antrinės radioaktyviosios atliekos bei kiti komponentai, kurių dezaktyvuoti iki 0 klasės lygio nepavyksta, atitinkamai šalinami LMAA atliekyne (A klasės atliekos) arba gabenami į kietųjų radioaktyviųjų atliekų apdorojimo kompleksą (B, F klasių atliekos) tolesniam apdorojimui ir saugojimui iki šalinimo paviršiniame atliekyne;

- II – Kai užterštų išmontuotų komponentų mechaninė dezaktyvacija neatliekama, t. y. išmontuoti komponentai nėra dezaktyvuojami, o užteršti komponentai – A klasės atliekos tiesiog gabenamos į LMAA atliekyną, o B ir F klasių atliekos gabenamos į B3 kompleksą tolesniam apdorojimui ir saugojimui iki šalinimo paviršiniame atliekyne.

2. Išnagrinėjus analizuojamos problemos specifiką buvo suformuluoti išmontavimo būdams (alternatyvoms) būdingi kriterijai. Šalia visuotinai naudojamų kriterijų, tokių kaip ekonominiai, trukmės ir kt., suformuluoti darbuotojų saugos (radiologinės), pirminių ir antrinių radioaktyviųjų atliekų kiekio ir kt. Šie kriterijai buvo suformuluoti naudojant hierarchinę struktūrą.

3. Atlikus Ignalinos AE V1 pastato dviejų skirtingų išmontavimo būdų (alternatyvų) analizę kompiuterine programa DECRAD, galima padaryti šias išvadas:

- Didžiausią išmontuojamų V1 pastate komponentų masės dalį (~60 %) sudaro A klasės atliekos, o likusią dalį (apie

39 %) – neužteršti komponentai (0 atliekų klasė) ir tik mažiau nei 1 % – B ir F klasių atliekos.

- Pirminių, toliau nebetontroliuojamų atliekų masė (t. y. „švarių“ atliekų masė), 1-ojo etapo metu atliekant komponentų dezaktyvaciją, yra beveik du kartus didesnė nei jos neatliekant (atitinkamai 79 ir 40 %). A klasės atliekų masė atliekant dezaktyvaciją yra tik 6 %, o jos neatliekant – net 45 %.

- Pirminių, toliau nebetontroliuojamų atliekų masė, 2-ojo etapo metu atliekant komponentų dezaktyvaciją, yra daugiau nei du su puse karto didesnė nei jos neatliekant (atitinkamai 98 ir 37 %). A klasės atliekų masė atliekant dezaktyvaciją yra tik 1 %, o jos neatliekant – 62 %.

- Antrinių, A klasės atliekų masė neatliekant dezaktyvacijos yra 4 kartus mažesnė, nei tuo atveju, kai ji atliekama (atitinkamai 100 ir 25 %), o B klasės – tik apie 1,7 karto mažesnė (atitinkamai 100 ir 58 %).

- Neatliekant išmontuotų komponentų dezaktyvacijos, atliekų, šalinamų LMAA atliekyne, masė yra gerokai didesnė, ir tai sąlygoja didesnę (daugiau nei 2,5 karto) reikiamų šalinimo konteinerių skaičių.

- Investicijos, reikalingos projekto įgyvendinimui, tuo atveju, kai nėra atliekama komponentų dezaktyvacija, tik labai nežymiai (vos ~6 %) skiriasi nuo investicijų, kai išmontuotų komponentų dezaktyvacija atliekama.

- Bendros viso projekto įgyvendinimo trukmės tiek vienu, tiek kitu atveju yra panašios.

- Ekonominiu požiūriu, atliekant komponentų dezaktyvaciją, didelio ekonominio efekto visgi nenustatyta, nes bendros viso projekto įgyvendinimo išlaidos tarp abiejų išmontavimo būdų skiriasi tik ~7 %.

Gauta 2011 04 20

Priimta 2011 09 15

Literatūra

1. Nacionalinė energetikos strategija. *Valstybės žinios*. 2002. Nr. 99-4397.
2. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas „Dėl Valstybės įmonės Ignalinos atominės elektrinės pirmojo bloko eksploatavimo nutraukimo būdo“. *Valstybės žinios*. 2002. Nr. 114-5095.
3. Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita. *Ignalinos AE V1 bloko įrangos dezaktyvavimas ir išmontavimas*. Babcock Nuclear Limited, LEI, 2010.
4. Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo branduolinės energetikos objektuose iki jų laidojimo reikalavimai. *Valstybės žinios*. 2011. Nr. 3-121.
5. Radionuklidų išmetimo į aplinką iš branduolinės energetikos objektų normos ir reikalavimai radionuklidų išmetimo į aplinką planui. *Valstybės žinios*. 2011. Nr. 118-5599.
6. Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymas. *Valstybės žinios*. 1998. Nr. 61-1726; 2010. Nr. 54-2645; 2011. Nr. 91-4318.

7. Siempelkamp. NiS Ingenieure mbH CORA-CALCOM. Brochure. http://www.siempelkamp-nis.com/fileadmin/pdf/en/Cora_Calcom_GB_0408.pdf
8. Daniska V., Necas V. Modelling of the decommissioning process of nuclear installations. *Journal of Electrical Engineering*. 2000. Vol. 51(5–6). P. 156–167.
9. Iguchi Y., Kanehira Y. et al. Development of decommissioning engineering support system (DEXUS) of Fugen nuclear power station. *Journal of Nuclear Science and Technology*. 2004. Vol. 41. No. 3. P. 367–375.
10. *The Software DECRAD Validation Report, TA-14-13.10*. LEI, Nuclear engineering laboratory, 2010.

Arūnas Sirvydas, Gintautas Poškas, Audrius Šimonis,
Povilas Poškas

APPLICATION OF MULTI-CRITERIA ANALYSIS FOR SELECTING THE IGNALINA NPP UNIT V1 EQUIPMENT DISMANTLING APPROACH

1. EVALUATION OF QUANTITATIVE CRITERIA

Summary

In the first article of this series, upon performing the situation analysis in the Ignalina NPP Unit V1 and collecting the primary information related to components' physical characteristics, radiological, location and other data, a primary analysis was performed. Based on this analysis, alternative equipment dismantling approaches (cases) were formulated as well as a hierarchical list of criteria necessary for performing a multi-criteria analysis, which is characteristic of the projects related to the dismantling of the contaminated equipment in nuclear power plants, was made. In this article, also the identification of the quantitative criteria for different dismantling approaches to the Ignalina NPP Unit V1 equipment is presented. Two cases were analysed in total: the first when the decontamination of dismantled components (if possible) is performed, and the second when no decontamination of dismantled components is performed, and after dismantling the components are routed to an appropriate waste storage or disposal sites. The analysis was performed by using DECRAD software developed at the LEI Nuclear Engineering Laboratory.

The results have shown that in case when no decontamination is performed, the mass of the primary components being disposed of in a very low-level waste repository is about two times higher in comparison with the case when decontamination is done.

The necessary investments and the total expenses for the whole project implementation by the two dismantling methods differ only by ~6% and 7%, respectively.

Key words: the Ignalina NPP, Unit V1, equipment dismantling methods, DECRAD software, evaluation of quantitative criteria

Арунас Сирвидас, Гинтаутас Пошкас, Аудриус Шимонис,
Повилас Пошкас

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОКРИТЕРИЙНОГО АНАЛИЗА ПРИ ВЫБОРЕ СПОСОБА ДЕМОНТАЖА КОМПОНЕНТОВ ЗДАНИЯ В1 ИГНАЛИНСКОЙ АЭС

1. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ КРИТЕРИЕВ

Резюме

В первой статье данной серии выполнив анализ ситуации в блоке В1 Игналинской АЭС и собрав первичные данные, связанные с физическими, радиологическими и другими свойствами оборудования, схемами их расположения и другой информацией был выполнен первичный анализ. С помощью первичного анализа были сформулированы альтернативные способы демонтажа оборудования, а также разработан иерархический список критериев, необходимый для выполнения многокритерийного анализа, который характерен для проектов, связанных с демонтажом загрязненного оборудования атомных электростанций. Также представлена идентификация количественных критериев для различных способов демонтажа компонентов блока В1 Игналинской АЭС. Были проанализированы два способа демонтажа – первый, когда дезактивация демонтированных компонентов (где это возможно) выполняется, и второй, когда дезактивация демонтированных компонентов не выполняется, а они сразу отправляются в соответствующие места для хранения или захоронения отходов. Анализ был выполнен используя компьютерную программу DECRAD, разработанную Лабораторией проблем ядерной инженерии Литовского энергетического института.

Результаты показали, что в случае, когда дезактивация демонтированных компонентов не выполняется, масса отходов, захороняемых в могильнике очень низкоактивных отходов, приблизительно в два раза больше по сравнению со случаем, когда дезактивация выполняется.

Необходимые инвестиции и общие затраты для выполнения двух различных способов демонтажа различаются только на ~6 % и 7 %, соответственно.

Ключевые слова: Игналинская АЭС, блок В1, способы демонтажа оборудования, компьютерная программа DECRAD, оценка количественных критериев