

Analýza odstavenia jadrovej elektrárne A1

¹Pavol Silagyi, ²Dušan Medved'

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika

¹pavol.silagyi@student.tuke.sk, ²dusan.medved@tuke.sk

Abstrakt — Proces vyrad'ovania jadrových zariadení je časovo a finančne veľmi nákladná činnosť. Porucha na jadrovom zariadení, akým je napríklad aj jadrová elektrárňa A1, so sebou nesie nie len riziko radiačne nebezpečného stavu, ale tak isto aj zvýšené finančné náklady, ktoré je potrebné vynaložiť vo vzťahu k vyrad'ovaniu jadrového zariadenia po poruche. V tomto príspevku je popísaná posledná a najdôležitejšia porucha na zariadení jadrovej elektrárne A1. Tak isto aj jej vplyv na ekonomickú stránku projektu vyrad'ovania tejto jadrovej elektrárne, v porovnaní s finančnými nákladmi, ktoré boli použité na vyrad'ovanie jadrovej elektrárne V1, v rámci ktorej nebola zaznamenaná vážna porucha.

Kľúčové slová — vyradenie jadrovej elektrárne, jadrová elektrárňa A1, ekonomické aspekty

I. ÚVOD

Jadrové zariadenia predstavujú v dnešnej dobe jeden z najdôležitejších zdrojov elektrickej energie. Každá poruchová a nehodová udalosť na jadrovom zariadení so sebou nesie riziko vzniku radiačne nebezpečného stavu. Okrem toho však môže poruchovú udalosť sprevádzať nutnosť celkového vyradenia jadrového zariadenia, ktorá je ovplyvnená jeho rozsiahlym poškodením.

V rámci prevádzky jadrovej elektrárne JE A-1 došlo k nehodovej udalosti, ktorá zapríčinila jeho okamžité odstavenie a následne aj okamžitý začiatok prác na vyrad'ovaní jadrovej elektrárne JE A-1. Jedná sa o v poradí druhú z dvoch vážnych nehôd počas prevádzky JE A-1. Táto nehoda ovplyvnila výšku finančných, časových a ľudských zdrojov, ktoré museli byť vynaložené počas procesu vyrad'ovania JE A-1. Prednostne sa však táto práca zaoberá použitými finančnými zdrojmi, ktoré boli a budú vynaložené počas procesu vyrad'ovania elektrárne JE A-1.

Pre utvorenie predstavy, ako táto nehoda vplýva na výšku nutných finančných zdrojov, je vhodné porovnanie s jadrovým zariadením, ktoré bolo vyradené po skončení bezporuchovej prevádzky. Ako vhodný príklad poslúži jadrová elektrárňa V-1, ktorá je v procese vyrad'ovania po ukončení prevádzky bez vplyvu poruchy alebo nehody. [1]

II. NAJVÁŽNEJŠIA NEHODA Z DŇA 22.2.1977

Jedná sa o najvážnejšiu haváriu na jadrovom zariadení JE A-1. Dá sa povedať, že táto havária bola do veľkej miery spôsobená chybou ľudského faktora. Personál elektrárne, najmä kvôli nedokonalým znalostiam o vplyvoch rôznych elementov na funkciu reaktora, nevyhodnotil vzniknutú situáciu správne a došlo k havárii, ktorá mala v konečnom dôsledku za následok celkové odstavenie jadrovej elektrárne A-1. [2]

Havária vznikla v čase, keď prebiehala výmena vyhoreného palivového článku z kanála C05, počas prevádzky reaktora. Vybratie článku z reaktora prebiehalo v poriadku, a počas tohto výkonu nevznikli žiadne nežiaduce procesy. Problémy nastali pri zavážaní nového palivového článku do reaktora, kedy sa tento článok prehrial a nastala jeho deštrukcia. Vplyvom prehriatia došlo k poškodeniu kesónovej rúrky a ťažká voda sa dostala do plynovej časti primárneho okruhu. [3]

A. Príčina havárie

Počas procesu zväžania palivového článku do aktívnej zóny reaktora bol výkon reaktora na úrovni 93 MW. Vtedy sa začala výmena vyhoreného palivového článku z kanála C05, kedy bol vyhorený palivový článok vybraný a uložený do krátkodobého skladu vyhoreného paliva. Ešte v tom čase začalo zavážanie nového palivového článku do kanála. V čase zavážania

palivového článku do reaktora sa v priestore zátky spodného dielu ocitlo vrecúško so silika gélom, ktorý slúžil na pohlcovanie vlhkosti z okolia článku pri jeho preprave a uložení v sklade palivových článkov. Došlo k roztrhnutiu tohto vrecúška a tento silika gél prenikol aj do vnútra palivového článku a aj do jeho okolia. Pracovníci, ktorí pracovali na zavážaní článku do kanála sa tento gél pokúsili odstrániť dostupnými prostriedkami, avšak nepodarilo sa im odstrániť všetok silika gél a malá časť ostala vo vnútri palivového článku. Na túto skutočnosť mali upozorniť personál prevádzky, k čomu však, aj zo strachu o zamestnanie, nedošlo a tak bol odovzdaný protokol, v ktorom bolo uvedené, že daný palivový článok je pripravený na prevádzku. [3], [4]

Tieto kúsky silika gélu následne spôsobili, že pri zvyšovaní výkonu reaktora nedochádzalo k dostatočnému odvodu tepla z povrchu článku, na ktorom došlo k poškodeniu kesónovej rúrky, a došlo k masívnemu prieniku ťažkej vody do plynovej časti primárneho okruhu. [5], [3]

K chybe však došlo aj na strane vedúceho operátora, ktorý si neuvedomil vplyv teploty na článok počas zvyšovania výkonu reaktora. Počas zvyšovania výkonu reaktora prerušil kontinuálne meranie teploty palivového článku, čím vlastne zmrazil poslednú možnosť predísť havárii. [4], [3]

Príčinou havárie teda nebola porucha zariadenia alebo jej chybná konštrukcia, ale výhradne chyby v komunikácii personálu a jeho nedbalého prístupu pri odstraňovaní silika gélu z palivového článku. Vyplývalo to nielen z nedbanlivosti, ale aj nedostatočných skúseností o vplyve rôznych cudzích predmetov na odvod tepla z okolia článku aj napriek ich veľkosti a materiálu, z ktorého sú vyrobené. [2], [3]

B. Dôsledky havárie na zariadenie JE A-1

Zisťovanie rozsahu poškodenia na reaktore trvalo najdlhšie. Rozhodlo sa o vyvezení celej palivovej náplne z reaktora, čo bolo vykonané dňa 26.6.1977. Následne sa z kanála C05 vytiahli zvyšky palivového kompletu, ktorý bol vytiahnutý po častiach, pričom sa v spodnej časti nachádzali už iba roztavené časti z rôznych komponentov. V laboratórnych podmienkach sa zistilo, že havária bola zapríčinená silika gélom nachádzajúcim sa vo vnútri palivového článku. Okrem toho, že sa až do výšky 15cm nad prvou vrstvou dištančných mreží našla roztavená hmota bielej farby, ktorá vznikla roztavením silika gélu, sa našlo aj niekoľko celých granúl gélu. [3]

Teplota, pôsobiaca na palivový článok, bola odhadnutá na 1400°C, keďže pri tejto teplote dochádza k taveniu sa silika gélu. Palivové prútky, pod prvou vrstvou dištančných mreží, boli vplyvom takto vysokej teploty v podstate premenené na prach. [3]

Kesónová rúrka, v ktorej bol daný palivový článok umiestnený, si svoj tvar zachovala iba v dolnej časti, pričom vo zvyšnej časti tejto rúrky bolo zaznamenané jej rozšírenie. [3]

Po tejto nehode bolo pozorovaniami zistené poškodenie reaktora do tej miery, že akákoľvek oprava by bola, vzhľadom na výšku dodávaného výkonu a častú poruchovosť počas prevádzky, nerentabilná. K tomuto kroku sa pristúpilo aj vzhľadom k tomu, že sa v tesnej blízkosti budovali bloky jadrových elektrární V1 a V2. [2]

III. EKONOMICKÉ ASPEKTY VYRAĐOVANIA JE A-1

Financovanie vyradovania JE A-1 je dnes v plnej réžii Slovenskej republiky a spoločnosti JAVYS, a.s.. Keďže vyradovanie bolo predelené zmenou politického režimu, viacnásobnými zmenami meny a vstupom do Európskej únie, je ťažké určiť jednotlivé náklady s úplnou presnosťou pred vydaním správy o celkových nákladoch na realizáciu vyradovania JE A-1. Odhadované náklady, za uplynulé obdobie a obdobie do konca vyradovania JE A-1, sú uvedené v tabuľke 2.

Najzásadnejším vplyvom, ktorý ovplyvnil výslednú, zatiaľ odhadovanú, cenu vyradovania JE A-1 bola jeho posledná, vyššie spomenutá, porucha. Dôvodom bolo, že okrem bežných postupov musela prebehnúť dekontaminácia elektrárne a veľmi náročná manipulácia s palivom, ktoré bolo vyvezené z reaktora. Palivové články boli poškodené do tej miery, že počas toho, ako prebiehalo ich vyvezenie z reaktora sa rozpadávali a museli byť umiestňované do špeciálnych túb v bazéne dlhodobého úložiska. [6]

Ďalšími zásadnými vplyvmi, ktoré ovplyvnili proces vyradovania JE A-1, boli nedostatočné zabezpečenie a vybavenosť pracovísk. Ako príklad možno uviesť jednostupňový obal podzemných nádrží, v ktorých bol umiestnený tekutý rádioaktívny odpad (RAO). Avšak pri určení ďalších- podobných chýb by bol ich počet značne vysoký. Finančne náročné vyvíjanie zariadení na odstránenie kontaminovanej zeminy z okolia spomínaných podzemných nádrží, a taktiež náročnosť samotného procesu, spojená s nutnosťou uloženia tejto zeminy, a jej následného spracovania boli jednými z následkov nedostatočných skúseností pri budovaní jadrového zariadenia JE A-1. Vybavenosť elektrárne, v zmysle technologických zariadení na

dekontamináciu a spracovávanie RAO, bola minimálna. Po nehode sa začalo s budovaním komplexu bitúmenačnej linky, vitrifikačnej linky a s rekonštrukciou krátkodobého úložiska. [7] Významný dopad na finančné náklady malo vybudovanie Republikového úložiska v Mochovciach, kam bol následne prevezený spracovaný RAO. Je to nepochybne jedna z najvýznamnejších stavieb, v súvislosti s radiačnou ochranou a spracovaním RAO, na Slovensku. Ak by k vybudovaniu tohto úložiska došlo skôr, a to v čase budovania JE A-1, boli by finančné náklady spojené s prvými etapami vyradovania JE A-1, krátko po jej odstavení, podstatne nižšie. [6], [7]

Prvotný odhad vplyvu poruchy na zariadení bol vyhodnotený tak, že táto porucha spôsobila približne dvojnásobné navýšenie nákladov na vyradenie JE A-1. Ak by sa teda rátalo s týmto predpokladom, a nákladmi uvedenými v tabuľke Tabuľka 2, dostali by sme sa na úroveň celkových nákladov v sume približne 810 mil. €. Jedná sa však iba o odhad, ktorý nebol doposiaľ potvrdený, ale ako príklad na porovnanie posluži dostatočne. Na odhadovaný výpočet nákladov, spojených s vyradovaním JE A-1, bez poruchy, by bolo nutné vykonať analýzu a simuláciu za použitia softvéru OMEGA, použitého pri vyradovaní JE A-1. Takáto simulácia by však bola z pohľadu samotného vyradovania elektrárne JE A-1 zbytočná a neefektívna. Jej spracovanie v budúcnosti a porovnanie týchto simulovaných nákladov pri prevádzke bez poruchy s celkovými nákladmi vyloženými na vyradenie JE A-1 by bolo zaujímavé a mohlo by slúžiť ako memento toho, ako dokáže zasiahnuť akákoľvek porucha jadrového zariadenia do chodu a života jadrového zariadenia od jeho uvedenia do prevádzky až po ukončenie prevádzky a celkové vyradenie a likvidáciu. [7]

Z tabuliek, Tabuľka 2. a Tabuľka 1., je zrejmé, že celkové predpokladané náklady na vyradenie JE V-1 sú menšie ako celkové predpokladané náklady na vyradenie JE A-1. Treba ešte pripomenúť, že JE V-1 pozostáva z dvoch blokov s výkonom 440MWe čo je oproti jednému bloku s výkonom 150MWe pri JE A-1, značný rozdiel. Teoreticky možno náklady na vyradenie JE V-1 rozdeliť na polovicu, čo činí zokrúhlene 620 miliónov eur na vyradenie jedného bloku. Táto suma tvorí približne polovicu z nákladov na vyradenie elektrárne JE A-1, ktoré boli na úrovni 1 232 miliónov eur za obdobie I. až V. etapy vyradovania JE A-1. Na tomto porovnaní je patrný vplyv poruchy na celkové náklady na vyradenie JE A-1. Do tohto porovnania neboli zahrnuté prostriedky, ktoré boli u oboch elektrární použité vo fáze odstavovania jadrových zariadení po skončení ich prevádzky. [1]

Tabuľka 1
Predpokladané celkové náklady na vyradenie JE V-1 [8], [9]

Zdroje financií				
Rok	Národný jadrový fond	JAVYS, a.s.	BIDSF	Celkové náklady(€)
I. etapa vyradovania JE-V1				
2011	7 835 280	7 298 773	10 936 129	26 070 182
2012	7 868 682	12 990 653	25 448 338	46 307 673
2013	17 556 993	1 191 782	25 774 314	44 523 089
2014	19 482 985	989 870	46 605 562	67 078 417
Celkové náklady na I. etapu vyradovania JE V-1				183 979 361
II. etapa vyradovania JE V-1				
2015	17 821 832	1 534 266	32 389 849	51 745 947
2016	17 216 178	784 606	27 853 127	45 853 911
2017	17 312 759	1 045 145	35 817 132	54 175 036
Celkové odhadované náklady na II. etapu vyradovania JE V-1				1 055 020 639
Celkové odhadované náklady na vyradenie JE V-1				1 239 000 000

Tabuľka 2
Celkové predpokladané náklady na vyradenie JE A-1. [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]

Zdroje financií				
Štátne financie				
Rok	Štátny rozpočet	Štátny fond likv./NJF	Slovenské elektrárne/JAVYS,a.s.	Celkové náklady (€)
Ukončovanie prevádzky reaktora				
1980-1994	0	0	198 269 830	198 269 830
Projekt vyradovania JE A-1 I.etapa				
1995	0	0	37 311 860	
1996	11 383 870,00	8 386 580,00	13 823 700,00	33 594 150,00
1997	6 891 670,00	30 926 800,00	30 098 890,00	67 953 360,00
1998	10 875 720,00	46 380 530,00	24 809 190,00	82 065 440,00
I.etapa vyradovania JE A-1				
1999	4 230 510,00	41 831 510,00	21 172 270,00	67 234 300,00
2000	3 300 040,00	13 019 430,00	20 682 840,00	37 002 310,00
2001	3 234 210,00	14 625 450,00	24 803 150,00	42 662 810,00
2002	0	22 814 310,00	25 054 760,00	47 869 080,00
2003	0	12 007 390,00	24 832 580,00	36 839 970,00
2004	0	22 617 680,00	9 517 880,00	32 135 570,00
2005	0	24 783 120,00	12 849 620,00	37 632 740,00
2006	0	26 670 050,00	0	26 670 050,00
2007	0	40 832 410,00	0	40 832 410,00
2008	0	34 847 460,00	0	34 847 460,00
Náklady na I. etapu vyradovania JE A-1				403 726 700,00
II. etapa vyradovania JE A-1				
2009	0	45 094 304	0	45 094 304
2010	0	47 385 566	0	47 385 566
2011	0	35 020 278	2 129 628	37 149 906
2012	0	16 800 024	20 145 244	36 945 268
2013	0	39 172 769	3 668 866	42 841 635
2014	0	37 628 573	3 900 736	41 529 309
2015	0	45 505 957,13	2 501 042,87	48 007 000
2016	0	43 456 442,94	3 117 557,06	46 574 000
Náklady na II. etapu vyradovania JE A-1				345 526 988
III.etapa vyradovania JE A-1				
2017	0	45 335 220,01	nezistené	45 335 220,01
2018	0	45 257 880	nezistené	45 257 880
2019	0	33 389 000	nezistené	33 389 000
2020	0	33 717 000	nezistené	33 717 000
Náklady na III. etapu vyradovania JE A-1				157 699 100
Predpokladané náklady na IV. a V. etapu vyradovania JE A-1				325 836 000
Celkové predpokladané náklady				1 614 671 568
Predpokladané celkové náklady za obdobie I. až V. etapy				1 232 788 788

Tabuľka 3
Porovnanie elektrární JE A-1 a JE V-1 [21], [23], [24]

Elektrárň	Rok začiatku prevádzky	Rok ukončenia prevádzky	Predpokladaný rok vyradenia	Predpokladané náklady na vyradenie (€)	Dodaná energia(GWh)	Doba prevádzky (h)
JE A-1	1972	1977	2033	1 614 984 468	916	19 261
JE V-1	1978	2006	2025	1 237 000 000	159 010	399 625

Na vytvorenie predstavy o tom, ako sa tieto elektrárne líšia poslúži aj tabuľka Tabuľka 3. Tu možno vidieť odhadovanú dobu vyradovania týchto dvoch jadrových zariadení. A taktiež odhad nákladov na ich vyradenie. Z tohto porovnania je badateľný aj rozdiel časového horizontu vyradovania týchto jadrových zariadení. Doba vyradovania JE A-1 je oproti dobe vyradovania JE V-1 dlhšia o 39 rokov čo je alarmujúco dlhý čas. Tento posun bol spôsobený spomínanou poruchou, kedy samotné vyvážanie paliva z reaktora zabralo veľmi dlhý časový horizont.

Na cenu vyradenia JE A-1 mala vplyv najmä porucha a neznalosť konštruktérov. Preto je potrebné pri každej novej montáži jadrového zariadenia myslieť na bezpečnosť prevádzky

a oboznámenie sa s konštrukciou reaktora. Zároveň budovanie nových a rekonštrukciu starších zariadení na spracovanie RAO je potrebné uskutočňovať pred začatím prevádzky jadrového zariadenia alebo počas prevádzky zariadenia čo má následne pozitívny vplyv na časové náklady, jednoduchosť procesu a menšie náklady pri vyradovaní jadrového zariadenia. [6]

Náklady spojené s vyradovaním JE A-1 už nie je možné výrazne znížiť, nakoľko projekt vyradovania JE A-1 je z väčšej časti zrealizovaný. Avšak dokážeme sa poučiť z okolností, ktoré ovplyvnili náklady spojené s vyradovaním JE A-1. Vplyv poruchy je z predchádzajúceho porovnania zrejмый, teda sa k nemu netreba obsírne vyjadrovať. V súčasnosti je ochrana jadrových zariadení pred vznikom poruchových a havarijných situácií na oveľa vyššej úrovni ako tomu bolo v čase budovania a prevádzkovania JE A-1. Vznik poruchovej a havarijnej situácie však napriek tomu nie je s istotou vylúčený a isté percento možnosti vzniku poruchy tu stále ostáva. Výraznejšie ovplyvniteľné sú však náklady spojené so spracovaním rádioaktívneho odpadu a likvidáciou jadrového zariadenia. Použitie najnovších softvérových nástrojov, ktoré sú programované na výpočet nákladov na vyradovanie jadrových zariadení s prihliadnutím na typ zariadenia, ktoré má byť vyradené, je jedným z kľúčových faktorov ovplyvňujúcich náklady na vyradenie jadrových zariadení. Vplyv týchto programových prostriedkov na proces vyradenia jadrových zariadení spočíva v prepočte nákladov na jednotlivé etapy vyradenia, plánovanie prác v jednotlivých etapách a vypracovanie viacerých plánov vyradenia, ktoré sú následne schválené. [1]

Na našom území sa nachádza viacero jadrových zariadení, u ktorých sa dá predpokladať vyradenie v časovom horizonte desiatich až dvadsiatich rokov. Využitie technologických zariadení, ktoré boli použité pri vyradovaní JE A-1, môže pozitívne ovplyvniť náklady na vyradenie týchto zariadení a teda ich znížiť. Robotické manipulátory, ktoré boli využité pri vyradovaní JE A-1, najmä manipulátor MT-80A, boli usporiadané na dekontamináciu a odolávanie kontaminácii usporiadaním a krytím systémov umiestnených v tele zariadenia. Je teda možné ich znovu využiť na manipuláciu s kontaminovanými predmetmi v procese vyradovania jadrových zariadení. [1]

IV. ZHRNUTIE

Z uvedených porovnaní finančných nákladov na vyradenie jadrových zariadení JE A-1 a JE V-1, je možné badať vplyv poruchy na celkové finančné náklady spojené s projektom vyradovania JE A-1. Výrazne ovplyvnenie finančných nákladov, spojených s procesom vyradovania JE A-1, v tomto štádiu prakticky nie je možné. Je však možné vziať si ponaučenie z chýb, ku ktorým došlo počas prevádzkovania a následne aj v procese samotného vyradovania JE A-1.

Budúcnosť jadrovej energetiky, a jej rozvoj na našom území, je v značnej miere zabezpečená. S týmto súvisí nutné zabezpečenie blokov jadrových elektrární proti vzniku akejkoľvek poruchovej udalosti. Takáto udalosť spôsobuje okrem radiačne nebezpečného stavu tak isto aj navýšenie finančných, časových a ľudských zdrojov. Treba si teda vziať ponaučenie a nadobudnuté znalosti, získané z procesu vyradovania JE A-1, zužitkovať v procese vyradovania jadrových blokov v budúcnosti.

V. POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a SAV podporenej grantom VEGA 1/0372/18 a tiež v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: *Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií*, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] P. Silagyi, *Analýza odstavenia jadrovej elektrárne A-1*. 2019. Bakalárska práca. 2019, [cit. 3.4.2019]
- [2] I. Galbička, M. Božík. *História prevádzky a vyradovania jadrového zariadenia A1*. 2015. Aktuality Javys [online]. 2015, [cit. 3.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/Publikacie/a1/a1-ukoncenie-prevadzky.pdf> >
- [3] K. Feik, J. Kmošena, et.al. 2010. *Jadrová elektrárň A1 v kocke*. Jaslovské Bohunice: SNS, 2010, [cit. 3.4.2019]. ISBN 978-80-89090-76-1.

- [4] E. Ježík. 2017. *SMEblog* [online]. 2017. SME.sk, Aktualizované 25.1.2018. [cit. 3.4.2019]. Dostupné na internete < <https://ernestjezik.blog.sme.sk/c/471587/historia-atomky-a1-6-cast.html> >
- [5] JAVYS: *História* [online]. Dostupné na internete: <<https://www.javys.sk/sk/jadrove-zariadenia/jadrova-elektarren-a1/historia>. >
- [6] P. Gerhart, V. Nižňanský. 2007. *Projekt vyradovania JE A-1*. 2007. [cit. 5.4.2019]. Bezpečnosť jadrovej energie č.7/8.
- [7] V. Nižňanský, T. Fischer. 2007. *Vyradovanie jadrovej elektrárne A-1 po ukončení I. etapy*. 2007. [cit. 5.4.2019]. Bezpečnosť jadrovej energie č.7/8
- [8] JAVYS: *Výročná správa 2017*. [online]. 2017. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2017-sk.pdf> >
- [9] JAVYS:2018. *Čerpanie prostriedkov EÚ na likvidáciu JE V1* [online]. 2018. [cit. 5.4.2019] Dostupné na internete < <https://www.javys.sk/mobile/sk/informacny-servis/aktuality-tlacove-spravy-napisali-o-nas/aktuality/1924-cerpanie-prostriedkov-eu-na-likvidaciju-je-v1> >
- [10] JAVYS: *Výročná správa 2008* [online]. 2008. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vs-javys-2008-web.pdf> >
- [11] JAVYS: *Výročná správa 2009* [online]. 2009. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/VS_JAVYS%202009_web.pdf >
- [12] JAVYS: *Výročná správa 2010* [online]. 2010. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2010-web.pdf> >
- [13] JAVYS: *Výročná správa 2011* [online]. 2011. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/javys-vs-2011.pdf> >
- [14] JAVYS: *Výročná správa 2012* [online]. 2012. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2012-sk.pdf> >
- [15] JAVYS: *Výročná správa 2013* [online]. 2013. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2013-sk.pdf> >
- [16] L. ěhn. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2014*. 2015. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroчна_sprava_o_hospod_a_cinnosti_njf_2014.pdf >
- [17] Národný jadrový fond na vyradovanie jadrových zariadení a na nakladanie s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi. 2014. *Vnútroštátny program nakladania s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi v SR*. 2014. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < http://www.njf.sk/dokumenty/politika_a_program/navrh_vnutrostatnej_politiky_a_vnutrostatneho_programu_ak_o_aktualizacia_strategie.pdf >
- [18] L. ěhn. 2016. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2015*. 2016. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroчна_sprava_o_hospod_a_cinnosti_njf_2015.pdf >
- [19] L. ěhn. 2017. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2016*. 2017. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroчна_sprava_o_hospodareni_a_cinnosti_njf_k_31_12_2016.pdf >
- [20] L. ěhn. 2018 *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2017*. 2018. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroчна_sprava_o_hospodareni_a_cinnosti_njf_k_31_12_2017.pdf >
- [21] L. ěhn. 2019. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2018*. 2019. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroчна_sprava_o_hospodareni_31_12_2018_verzia%2027022019.pdf >
- [22] I. Galbička, M. Božík. *História prevádzky a vyradovania jadrového zariadenia A1*. 2015. Aktuality Javys [online]. 2015, [cit. 4.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/Publikacie/A-1/A-1-historia.pdf> >
- [23] JAVYS. *Výroba elektriny a životné prostredie. Jadrová elektrárň V1* [online]. [cit. 4.4.2019] Dostupné na internete < <https://www.javys.sk/sk/jadrove-zariadenia/jadrova-elektarren-v1/vyroba-elektрины-a-zivotne-prostredie> >
- [24] JAVYS. *Hodnotenie prevádzky. Jadrová elektrárň V1* [online]. [cit. 4.4.2019]. Dostupné na internete <<https://www.javys.sk/sk/jadrove-zariadenia/jadrova-elektarren-v1/hodnotenie-prevadzky>>