

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 2.2 Základné technické charakteristiky

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

SE Rev	Date / Dátum	LC	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil	
				Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia	
				Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie		X	Information Only / Len na informáciu	
				The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.					
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revisoin index / Index revízie: 08		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne	
File name / Názov súboru:	SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361002			A4	6.01	RS	Z	8	
 * P N M 3 4 3 6 1 0 0 2 0 8 *				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent	
				1	42				

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436100208_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 11.07.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			• VUJE, a.s.	• 0620	• 11.07.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:			•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:			• VUJE, a.s.	• 0230	• 11.07.2019	•	
			•	•	•	•	
			•	•	•	•	
			•	•	•	•	
Verified by / Overil:			• VUJE, a.s.	• 0720	• 11.07.2019	•	
Approved by / Schválil:			• VUJE, a.s.	• 1703	• 11.07.2019	•	

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. / No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 2.2 Základné technické charakteristiky	• PNM3436100208_S_C00_V	• 08
2.	• Kapitola 2.2 Základné technické charakteristiky	• PNM3436100208_S_C01_V	• 08
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	5
ÚVOD	7
2.2 Základné technické charakteristiky	8
2.2.1 Zatriedenie JE, počet blokov, základné charakteristiky	8
2.2.2 Základné systémy a parametre	10
2.2.2.1 Primárny okruh	10
2.2.2.2 Sekundárny okruh	12
2.2.2.3 Ochranná obálka - kontajment	14
2.2.2.4 Bezpečnostné systémy	15
2.2.2.4.1 Ochranné bezpečnostné systémy	15
2.2.2.4.2 Výkonné bezpečnostné systémy	16
2.2.2.4.3 Podporné bezpečnostné systémy	19
2.2.2.5 Časť ELEKTRO	23
2.2.2.6 Časť SKR	24
2.2.3 Porovnanie s referenčnou elektrárnou	25
2.2.3.1 Primárny okruh	25
2.2.3.1.1 Aktívna zóna	29
2.2.3.2 Sekundárny okruh	31
2.2.4 Hlavné modifikácie a zdokonaľovania	34
2.2.4.1 Zdôvodnenie vykonaných modifikácií a zdokonalení JZ	34
2.2.4.2 Projektové opatrenia pre riadenie ťažkých havárií	35
2.2.4.3 Zlepšenie zariadenia SKR	36
2.2.4.4 Seizmické zodolnenie	36
2.2.4.5 Projektové opatrenia na zníženie interných rizík	36
2.2.4.6 Zdokonalený projekt bezpečnostných systémov a zariadení súvisiacich s bezpečnosťou	36
2.2.4.7 Ochrana blokov MO34 proti nárazu malého lietadla	37
LITERATÚRA	39
ZOZNAM OBRÁZKOV	42
ZOZNAM TABULIEK	42

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

AFW	Havarijné napájanie (Auxiliary Feedwater)
AZR	Automatický záskok rezervy
AZ	Aktívna zóna
BD	Bloková dozorňa
DG	Diesलगenerátor
DPS	Dielčí prevádzkový súbor
DRTS	Diverzitný systém rýchleho (havarijného) odstavenia reaktora (Diverse Reactor Trip System)
EBO V2	Jadrová elektrárňa Bohunice V2
ELEKTRO	Systém Elektro
EMO12	Jadrová elektrárňa Mochovce 1. a 2.blok
ENSREG	Združenie európskych orgánov dozoru nad jadrovou bezpečnosťou (European Nuclear Safety Regulators)
ESFAS	Systém aktivácie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti / Systém havarijnej ochrany bloku (Engineered Safety Features Actuation System)
EXCORE	Systém merania neutrónového toku vonkajšími ionizačnými komorami
HCČ	Hlavné cirkulačné čerpadlo
HELB	Roztrhnutie vysokoenergetického potrubia (High Energy Line Break)
HMI	Rozhranie človek-stroj (Human Machine Interface)
HNČ	Hlavné napájacie čerpadlo
HP	Hermetický priestor
HPK	Hlavný parný kolektor
HRK	Hlavná regulačná kazeta
HSCHZ	Systém havarijného chladenia (aktívnej) zóny
HUA	Hlavná uzatváracia armatúra
HVB	Hlavný výrobný blok
I.O.	Primárny okruh
II.O.	Sekundárny okruh
IPZK	Individuálny program zabezpečenia kvality
JE	Jadrová elektrárňa
KO	Kompenzátor objemu
LOOP	Strata externého napájania (Loss Of Off-Site Power))
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MO34	Jadrová elektrárňa Mochovce 3. a 4.blok
ND	Núdzová dozorňa
NT	Nízkotlakový
NTO	Nízkotlakový ohrievač
PG	Parogenerátor
PGA	Špičkové zrýchlenie na úrovni terénu (=SL2)
PLKVZ	Plán kvality vybraného zariadenia
PpBS	Predprevádzková bezpečnostná správa
PSA	Prepúšťacia stanica do atmosféry
PSK	Prepúšťacia stanica do kondenzátora

PTS	Sprievodná technická špecifikácia (Purchase Technical Specifications)
PV PG	Poistný ventil parogenerátora
PV KO	Poistný ventil kompenzátora objemu
RA	Rádioaktívny
RCS	Systém riadenia reaktora (Reactor control system)
RHR	Odvod zostatkového tepla (Residual Heat Removal)
RTB	Vypínač rýchleho odstavenia reaktora (Reactor Trip Breaker)
RTS	Systém automatického (rýchleho) odstavenia reaktora (Reactor Trip System)
SE	Slovenské elektrárne a.s.
SBO	Úplná strata napájania vlastnej spotreby (Station black Out)
SHNČ	Superhavarijné napájacie čerpadlo
SKR	Systém kontroly a riadenia
SMS	Seizmický monitorovací systém (Seismic Monitoring System)
SORR	Systém ochrany riadenia reaktora
SR	Slovenská republika
SZN	Systém zaisteného napájania
TCS	Systém riadenia turbogenerátora (Turbine Control System)
TVD	Technická voda dôležitá
TG	Turbogenerátor
TVER	Turbínový výkonový energetický regulátor
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru SR
ÚP	Úvodný projekt
VT	Vysokotlakový
VTO	Vysokotlakový ohrievač
VVER	Tlakovodný energetický reaktor
VZT	Vzduchotechnika
WENRA	Asociácia západoeurópskych jadrových dozorov (West Europe Nuclear Regulatory Authorities)

ÚVOD

Správa je súčasťou PpBS MO34. Je vypracovaná v súlade s [II.1], [II.2], [II.3] a [II.4].

Technická správa obsahuje popis a základné charakteristiky hlavných zariadení a systémov.

Ďalej správa poskytuje prehľad aspektov zdokonalenia projektu MO34 v oblasti jadrovej bezpečnosti v porovnaní s EMO12, t.j. v podobe opatrení prijatých v rámci koncepcie riadenia ťažkých havárií, zlepšenia dosiahnuté rámci zariadení SKR, zvýšenie seizmickej odolnosti, opatrenia na zníženie interných rizík, zdokonalenie v oblasti zachovávanía bezpečnosti a funkcie bezpečnostných systémov a opatrenia na ochranu jadrového zariadenia pri náraze malého lietadla.

2.2 Základné technické charakteristiky

2.2.1 Zatriedenie JE, počet blokov, základné charakteristiky

Jadrová elektrárň MO34 je prevádzkovaná dvoma reaktormi typu VVER 440/V213, t.j. vodo-vodný energetický (tlakovodný) reaktor, v ktorom je chladivom aj moderátorom demineralizovaná voda s obsahom kyseliny boritej.

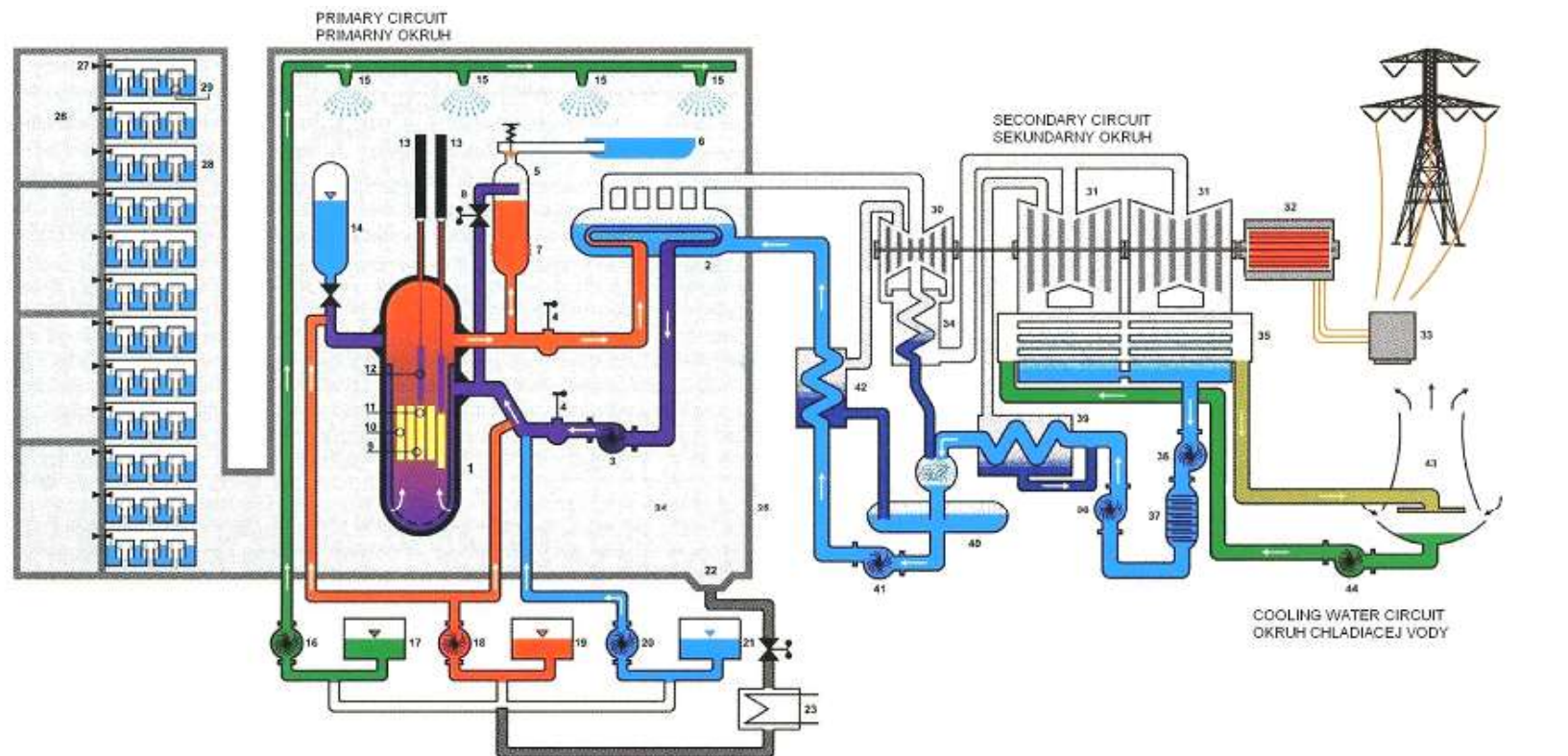
Realizácia projektu MO34 je rovnaká ako v prípade predchádzajúceho projektu EMO12, s malými zmenami za účelom zvyšovania úrovne jadrovej bezpečnosti.

Základné charakteristiky jadrovej elektrárne MO34 poskytuje Tabuľka 2.2-1, principiálna schéma elektrárne je znázornená na Obr. č. 2.2-1.

Tabuľka 2.2-1 Základné technické charakteristiky MO34 [I.2]

Parameter	Rozmer	Hodnota
Typ elektrárne	-	Jadrová kondenzačná
Typ reaktora	-	VVER 440
Typové označenie	-	V 213
Počet blokov x výkon bloku	ks x MW _e	2x440
Tepelný výkon reaktora	MW _t	1375 ± 27 MW _t
Počet zariadení pre 1 blok		
- Reaktor	ks	1
- Hlavné cirkulačné čerpadlo	ks	6
- Parogenerátor	ks	6
- Turbogenerátor	ks	2
- Blokový transformátor	ks	2
Zdroj technologickej vody		rieka Hron

Obr. č. 2.2-1 Schéma MO34 [I.50]



Legend

- | | | |
|--|--|---|
| 1 - Reactor - Reaktor | 16 - Spray pump - Sprchové čerpadlo | 31 - LP stage of steam turbine - NT diel pamej turbíny |
| 2 - Steam generator - Parogenerátor | 17 - Spray system tank - Zásobná nádrž sprchového systému | 32 - Electrical generator - Elektrický generátor |
| 3 - Reactor coolant pump - Hlavné cirkulačné čerpadlo | 18 - Low-pressure (LP) emergency pump - Nízkotlakové havarijné čerpadlo | 33 - Utility transformer - Blokový transformátor |
| 4 - Main isolating valve - Hlavná uzatváracia armatúra | 19 - LP emergency system tank - Zásobná nádrž nízkotlakového havarijného systému | 34 - Steam separator and re-heater - Separátor a prehrievač pary |
| 5 - Pressurizer (steam section) - Kompenzátor objemu (KO) (parná časť) | 20 - High-pressure (HP) emergency pump - Vysokotlakové havarijné čerpadlo | 35 - Condenser - Kondenzátor |
| 6 - Pressurizer relief tank - Barbotážna nádrž | 21 - HP emergency system tank - Zásobná nádrž VT havarijného systému | 36 - Condensate pump (stage 1) - Kondenzátne čerpadlo 1 ^a |
| 7 - Pressurizer (electric heaters) - Kompenzátor objemu (elektrické ohrievaky) | 22 - Containment suction sump - Sání z hermetickéj zóny | 37 - Condensate treatment - Bloková úprava kondenzátu |
| 8 - Pressurizer injection - Vstreky KO | 23 - Spray system cooler - Chladíč sprchového systému | 38 - Condensate pump (stage 2) - Kondenzátne čerpadlo 2 ^a |
| 9 - Reactor core - Aktívna zóna | 24 - Containment - Hermetická zóna | 39 - LP regeneration - Nízkotlaková regenerácia |
| 10 - Fuel assembly - Palivová kazeta | 25 - Reinforced concrete containment wall - Ochranná obálka | 40 - Feedwater tank - Napájacia nádrž |
| 11 - Automatic control rod (ACR) (fuel section) - Automatická regulačná kazeta (ARK) (palivová časť) | 26 - Bubble-condenser tower air trap - Záchytná komora barbotážnej veže | 41 - Main electric feedwater pump - Hlavné elektrónasávacie čerpadlo |
| 12 - ACR (absorber section) - Automatická regulačná kazeta (ARK) (absorbčná časť) | 27 - Check-valve - Spätná klapka | 42 - HP regeneration - Vysokotlaková regenerácia |
| 13 - ACR drives - Pohony ARK | 28 - Bubble-condenser tower - Barbotážna veža | 43 - Cooling tower of circulating water - Chladiaca veža cirkulačnej vody |
| 14 - Hydroaccumulators - Hydroakumulátory | 29 - Bubble-condenser tower flumes - Žlaby barbotážnej veže | 44 - Circulating water pump - Čerpadlá cirkulačnej vody |
| 15 - Spray system - Sprchový systém | 30 - HP stage of steam turbine - VT diel pamej turbíny | |

2.2.2 Základné systémy a parametre

Tabuľka 2.2-2 až Tabuľka 2.2-4 popisujú hlavné charakteristiky primárneho a sekundárneho okruhu. Hodnoty tlaku sú uvádzané ako absolútne. V tabuľkách uvedený výpočtový tlak je určený pre kalkúlie v rámci vykonávacieho projektu.

2.2.2.1 Primárny okruh

Tabuľka 2.2-2 Základné charakteristiky primárneho okruhu

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Počet cirkulačných slučiek	-	6	
Reaktor			
Tepelný výkon	MW _t	1375 ± 27 MW _t	[I.16], [I.2]
Palivo	-	oxid uraničitý, obohatený izotopom ²³⁵ U, palivo 2. generácie, neprofilované kazety s obohatením 1,6; 2,4; 3,6 % ²³⁵ U [I.16]	Počnúc 2. záťažkou sa zavádzajú profilované kazety s palivovými prútikmi s obsahom ²⁰³ Gd a so stredným obohatením 4,87%, s maximálnym obohatením uránu izotopom ²³⁵ U 4,95 % (váhovo) [I.16]
Celkový počet kaziet	ks	349	[I.16]
Absorpčná časť HRK	hmotnostné %	chrómniklová nehrdzavejúca ocel s prísadou prírodného bóru (1,6 ÷ 2,0)	[I.15]
Počet HRK kaziet	ks	37	[I.16]
Moderátor	-	demineralizovaná voda	[I.2]
Chladivo	-	demineralizovaná voda	[I.2]
Stredná teplota chladiva na vstupe	°C	268,0	[I.16], [I.36]
Stredná teplota chladiva na výstupe	°C	290,2 ÷ 300,0	[I.2], [I.36]
Stredný ohrev chladiva	°C	27,2 ÷ 30,0	[I.16], [I.36]
Tlak chladiva na výstupe	MPa ^{ABS}	12,36	[I.17], [I.36]
Výpočtové hodnoty:			
- tlak	MPa ^{ABS}	13,73	[I.2]
- teplota	°C	325	
Dovolená rýchlosť ohrevu	°C/hod	max. 20	[I.1], [I.2]
Dovolená rýchlosť ochladzovania	°C/hod	max. 30	[I.1], [I.2]
Potrubie primárneho okruhu			
Maximálne prevádzkové parametre:			
- tlak	MPa ^{ABS}	13,7	[I.18]

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
- teplota	°C	325	
Horúca vetva - prevádzkové parametre: - tlak - teplota	MPa ^{ABS} °C	12,36 295	[I.18]
Studená vetva - prevádzkové parametre: - tlak - teplota	MPa ^{ABS} °C	12,69 267	[I.18]
Parogenerátor - primárna časť Parný výkon Pracovný tlak na vstupe do PG Výpočtový tlak Teplota na vstupe do PG Teplota na výstupe z PG	t/hod MPa ^{ABS} MPa ^{ABS} °C °C	444 12,33 13,73 295,0 266,9	[I.3] [I.3] [I.3] [I.3] [I.3]
Hlavné cirkulačné čerpadlo Teplota média Tlak na saní	°C MPa	270 12,26	[I.43] [I.43]
Kompenzátor objemu Výpočtový tlak Prevádzkový tlak Výpočtová teplota Prevádzková teplota Celkový vnútorný objem KO Počet skupín elektrických ohrievačov KO	MPa ^{ABS} MPa ^{ABS} °C °C m ³	13,70 12,36 335 325 44,0 5	[I.11] [I.11] [I.11] [I.11] [I.11] [I.30]

2.2.2.2 Sekundárny okruh

Tabuľka 2.2-3 Základné charakteristiky II.O.

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Tlak v HPK	MPa ^{ABS}	4,54	[I.36]
Parogenerátor - sekundárna strana			
Typ	-	Horizontálny valcový	[I.3]
Model	-	PG V-213	[I.3]
Dĺžka	mm	11800	[I.3]
Vnútorý priemer	mm	3 210	[I.3]
Parný výkon	t/hod	444	každý PG [I.3]
Stredný pracovný tlak	MPa ^{ABS}	4,74	[I.3]
Výpočtový tlak	MPa ^{ABS}	5,59	[I.3]
Pracovná teplota pary II.O.	°C	260,6	[I.3]
Teplota napájacej vody	°C	217,2	[I.3]
Teplotýmenná plocha	m ²	2 510	[I.3]
PSA			
celkový počet	ks	6	[I.8] na každom parovode z PG
výkon (hltnosť) PSA	t/hod	200	[I.8]
projektový tlak	MPa ^{ABS}	5,6	[I.8]
projektová teplota	°C	271	[I.8]
Napájacie čerpadlá			
Počet	ks	5	[I.40]
Teplota napájacej vody	°C	164	[I.40]
Dopravované množstvo	m ³ /hod	789,5	[I.40]
Havarijné napájacie čerpadlá			
Počet	ks	2	[I.46]
Teplota napájacej vody	°C	164	[I.46]
PSK			
počet na turbínu	ks	2	[I.53]
nominálna hltnosť jednej vetvy	t/hod	455	[I.53], [I.30]
vstupný tlak ventilu	MPa ^{ABS}	4,4	[I.53], [I.30]
teplota na vstupe	°C	256,07	[I.53], [I.30]
Hlavný kondenzátor TG			
Počet na turbínu	ks	2	[I.47]
Prietok vody na chladiacu vežu	m ³ /hod	35000	[I.50]
Nominálna teplota chladiacej vody	°C	19	[I.47], [I.30]
Maximálna teplota chladiacej vody	°C	33,8	[I.47], [I.30]
Vysokotlakové ohrievače			
VTO 1			
Výhrevná plocha	m ²	1300	
Teplota na vstupe	°C	167,21	
Teplota na výstupe	°C	192,63	[I.38]

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
VTO 2			
Výhrevná plocha	m ²	1300	
Teplota na vstupe	°C	192,63	
Teplota na výstupe	°C	222,17	[I.38]
Nízkotlakové ohrievače			
NTO 1			
Výhrevná plocha	m ²	580	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	36,26	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	52,4	[I.38]
NTO 2			
Výhrevná plocha	m ²	680	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	53,39	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	76,56	[I.38]
NTO 3			
Výhrevná plocha	m ²	680	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	76,76	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	101,12	[I.38]
NTO 4			
Výhrevná plocha	m ²	650	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	103,0	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	122,41	[I.38]
NTO 5			
Výhrevná plocha	m ²	650	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	123,5	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	146,37	[I.38]

Tabuľka 2.2-4 Základné charakteristiky turbíny

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Počet TG na 1 reaktorový blok	ks	2	[I.29]
Druh	-	kondenzačná	[I.29]
Maximálny výkon	MW _e	264,7	[I.47], [I.29]
Nominálne otáčky	min ⁻¹	3000	[I.47]
Nominálny tlak pary	MPa ^{ABS}	4,4	[I.47]
Nominálna teplota pary pred RZV	°C	256,07	[I.47]
Spôsob regulácie	-	Elektronický TCS	[I.27], [I.50]

Tabuľka 2.2-5 Základné charakteristiky generátora

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Počet generátorov na 1 reaktorový blok	ks	2	[I.29]
Výkon	MVA	300	[I.29] (270 MW, cos φ = 0,9)
Menovité napätie	kV	15,75	[I.29], [I.49]
Menovitý prúd statora	kA	11	[I.29]

2.2.2.3 Ochranná obálka - kontajment

Ochranná obálka - kontajment MO34 je komplex, ktorý je tvorený základnými časťami, uvedenými ďalej, umožňujúcimi mu jednotlivo a vo vzájomnej súčinnosti plniť jeho bezpečnostné funkcie [I.19].

Hermetická zóna (hranica, ochranná obálka) predstavuje poslednú, tretiu bariéru voči úniku rádioaktívnych produktov štiepenia do okolia JE. Hermetická zóna sa delí na vonkajšiu a vnútornú.

Vonkajšiu hermetickú hranicu tvoria železobetónové steny s výstelkou z ocelového plechu, ktoré oddelujú všetky hermetické priestory od okolia.

Vnútornú hermetickú hranicu tvoria steny podobnej konštrukcie ako má vonkajšia hranica a tieto oddelujú hlavné hermetické priestory (box PG, ventilačné centrum, šachta Vákuobarbotážneho kondenzátoru) od vedľajších hermetických priestorov - poloobslužných priestorov a hermetických uzáverov.

Hermetický priestor je súhrnom všetkých hermetických miestností (kobiiek), ktorých hranice počas prevádzky blokov sú voči vonkajšej atmosfére hermeticky uzavreté. Tieto hermetické priestory musia zostať plynotesné a integrálne aj pri pretlaku, resp. podtlaku, ktorý vznikne pri maximálnej projektovej havárii. Pojmy hermetická zóna a hermetické priestory (v zmysle vyššie uvedenej definície) sa v technickej praxi často striktné nerozlišujú a používajú sa ako synonymá. V projekte sú priestory hermetickej zóny situované v budove reaktora, ktorá je dispozične začlenená do komplexu hlavného výrobného bloku, s ktorým tvorí jeden celok.

2.2.2.4 Bezpečnostné systémy

Bezpečnostné systémy sú tie, ktoré zabezpečujú bezpečnostné funkcie a skladajú sa z ochranných, výkonných a podporných bezpečnostných systémov. Tieto systémy sú projektované a prevádzkované tak, aby sa vyznačovali vysokou spoľahlivosťou a zaručili plnenie ich projektovej funkcie v prípade potreby.

2.2.2.4.1 Ochranné bezpečnostné systémy

Účelom ochranných bezpečnostných systémov je zabezpečiť bezpečné odstavenie reaktora a jeho udržanie v odstavenom stave, a zamedzenie úniku rádioaktívnych látok počas udalostí a havárií.

Systém ochrany reaktora pozostáva z ESFAS (Systém aktivácie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti / Systém havarijnej ochrany bloku), RTS/DRTS (Systém automatického odstavenia reaktora / Diverzitný systém rýchleho (havarijného) odstavenia reaktora), EXCORE, SMS (Seizmický monitorovací systém), RTB (Vypínač rýchleho odstavenia reaktora).

Systémy RTB, RTS/DRTS, EXCORE, SMS spolu tvoria tzv. systém odstavenia reaktora.

Činnosť ESFAS, RTS, DRTS, EXCORE a SMS (v rámci funkcie ochrany) sa uskutočňujú formou 3 výziev vyvolaných na troch nezávislých redundanciách. Úlohou ESFAS je rozoznávanie vzniku havarijných podmienok na bloku a riadenie systémov určených pre zmiernenie následkov týchto podmienok [I.26].

V prípade prekročenia nastavenej hodnoty každý zo spomínaných systémov iniciuje signál do RTB. Každý zo signálov je vyhodnocovaný v BREAKEROch za účelom odpojenia mechanizmu pohybu kontrolných tyčí a odstavenia reaktora. RTB zasahuje aj v prípade straty napájania, alebo je reaktor odstavený ručne povelom z BD prípadne ND. Podrobnosti sú uvádzané v [I.25] a [I.26].

Systém ochrany I.O. od prevýšenia tlaku. Uzol poistných ventilov sa skladá z dvoch hlavných poistných ventilov a jedného odľahčovacieho ventilu. Para od poistovacích ventilov alebo od odľahčovacieho ventilu je vedená do barbotážnej nádrže. V normálnom prevádzkovom režime sú poistné ventily KO v polohe zatvorené.

Tabuľka 2.2-6 Ochranné bezpečnostné systémy

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Systém automatických ochrán reaktora			
Systém RTS			TELEPERM XS (AREVA)
Systém DRTS			TELEPERM XS (AREVA)
Systém EXCORE	-	-	[I.20]
Systém SMS			
Systém RTB			
Systém zaistenia bezpečnosti			
Systém ESFAS	-	-	TELEPERM XS (AREVA)
			[I.20]
Panely SICS umiestnené na BD a ND určené pre ochranné systémy RTS/DRTS a ESFAS	-	-	SPPA-T2000 (SIEMENS)
			[I.20]
Systém ochrany primárneho okruhu od prevýšenia tlaku (PV KO)			
<i>Hlavný poistný ventil KO</i>			
celkový počet na blok	ks	2	
<i>Odlahčovací ventil KO</i>			
celkový počet na blok	ks	1	[I.1], [I.18]

2.2.2.4.2 Výkonné bezpečnostné systémy

Systém skupinového a individuálneho riadenia pohonov HRK je určený pre reguláciu a zastavenie štiepnej reakcie v aktívnej zóne reaktora v závislosti na ochranných a radiacích signáloch prichádzajúcich zo systémov RCS, RLS, INCORE EXCORE a z BREAKER-ov [I.60].

Systém havarijného chladenia aktívnej zóny - počas havarijnej situácie zabezpečuje [I.20]:

- doplňovanie únikov z I.O. a zvyšovanie koncentrácie H_3BO_3 pri menších netesnostiach I.O. alebo trhline na zariadení II.O.,
- dochladzovanie I.O. a zaliatie AZ kyselinou boritou (H_3BO_3), ak je veľký únik z I.O.,
- zníženie tlaku a teploty v HP pomocou sprchového systému a odplavovaním RA látok mimo HP,
- vytváranie podtlaku v HP voči vonkajšiemu okoliu JE a tým k zabráneniu šírenia RA látok, ktoré sa počas havárie uvoľnili z I.O.,
- odvod zvyškového tepla z AZ po seizmickej udalosti.

Systém superhavarijného napájania PG slúži v havarijných prípadoch a v prípade zemetrasenia k dodávke demivody o teplote 20-35 °C zo zásobných nádrží demivody do PG. Za normálnej prevádzky bloku systém nepracuje a je v stave pohotovosti. Podrobnosti v [I.22].

Každý z hlavných parovodov má inštalované jednu PSA a dva PV PG.

PSA zabezpečujú regulované prepúšťanie pary, parovodnej zmesi do atmosféry v prípade nemožnosti použiť obtokových ventilov turbíny (PSK). PSA je tvorená jedným regulačným a jedným predradeným uzatváracím ventilom. Parametre PSA sú uvedené v Tabuľka 2.2-3. Podrobnosti v [I.59].

Úlohou systému havarijného oddelenia PG je izolácia netesného PG od ostatných parogenerátorov na strane pary a napájacej vody v prípade roztrhnutia parovodu, alebo narušenie tesnosti parogenerátora.

Súčasne plnia funkciu izolácie aj rýchločinné armatúry na parovodoch PG a na potrubí napájacej vody do PG ktoré oddeľujú seizmicky odolnú časť od seizmicky neodolnej časti v prípade zemetrasenia. Podrobnosti sú uvádzané v [I.58].

Systém PV PG slúži ako ochranné bezpečnostné zariadenie proti nedovolenému zvýšeniu tlaku v PG a parovodoch a na odvod zvyškového tepla z reaktora a jeho riadené vychladenie v prípade nefunkčnosti PSA. Parametre PV PG sú uvedené v Tabuľka 2.2-7 . Oproti projektu EMO12 je na MO34 redukovaný počet PV PG z troch na dva a zvýšená hĺtnosť na cca 280 t/hod. Podrobnosti v [I.23].

Systému rušičov vákua je určený pre riešenie projektových havárií ako aj nadprojektových havárií vrátane ťažkých havárií. Je kategorizovaný ako bezpečnostný systém.

Účelom systému rušičov vákua je zabrániť vytvoreniu nebezpečne hlbokého podtlaku v kontajnmemente, ktorý by mohol ohroziť integritu oblicovky kontajnementu. Otvorením rušičkou vákua dochádza k návratu tej časti atmosféry, ktorá bola v predchádzajúcej etape havárie premiestnená z hlavných priestorov HZ do plynojemov.

V oblasti projektovej havárie sú armatúry ovládané automaticky cez RPS. Armatúra sa začne otvárať, ak podtlak v kontajnmemente dosiahne hodnotu 18 kPa.

V oblasti ťažkej havárie nie je automatické otvorenie armatúr rušiča vákua vyžadované, armatúry je možné otvoriť diaľkovo ručne z príslušného bezpečnostného panelu na BD alebo ND.

Pri normálnej prevádzke bloku je systém rušičov vákua v pohotovosti.

Rušič vákua musí byť počas a po havárii typu LOCA plne funkčný.

Tabuľka 2.2-7 Výkonné bezpečnostné systémy

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Kazety HRK vrátane pohonov HRK			
počet skupín HRK kaziet	ks	6	
počet všetkých HRK kaziet	ks	37	[I.60]
Vysokotlakový systém havarijného chladenia AZ			
kapacita čerpadla	t/hod	65	redundancia
tlak na výtlaku čerpadla	MPa	12,753	3x100% [I.20]
Nízkotlakový systém havarijného chladenia AZ			
kapacita čerpadla	t/hod	800	redundancia
tlak na výtlaku čerpadla	MPa	0,69	3x100% [I.20]
Pasívny systém havarijného chladenia AZ			
<i>Akumulátory</i>			
počet	ks	4	
celkový objem	m ³	60	redundancia
objem vody	m ³	40	2x100%
objem dusíka	m ³	20	[I.20]
Sprchový systém hermetických boxov			
objemový prietok	m ³ /hod	380 ÷ 520	redundancia
tlak na výtlaku čerpadla	MPa	0,42	3x100%
pracovný objem nádrže	m ³	10	[I.21]
Systém na dochladenie pri seizmickej udalosti	t/hod	800	redundancia

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
kapacita čerpadla (čerpadlo systému JNG)	MPa	0,69	3x100% [I.20]
tlak na výtlaku čerpadla (čerpadlo systému JNG)			
Systém znižovania tlaku v kontajneroch			
<i>Vákuovobarbotážny systém</i>			
celkový objem roztoku H ₃ BO ₃ v žľaboch	m ³	1370	
počet žľabov na blok	ks	12 (12 poschodí)	
počet záchytných plynojemov	ks	4	[I.21]
Systém superhavarijného napájania PG			
nom. prietok čerpadla	m ³ /hod	60	
nom. tlak na výtlaku	MPa	6,32	redundancia
užitočný objem nádrže demivody	m ³	770	3x100% [I.22]
Zariadenia izolácie kontajnera (RČA)	-	-	
RČA na oddelenie zariadení seizmicky odolných od zariadení seizmicky neodolných	-	-	
Parogenerátor			
<i>Plášť</i>			
Značka materiálu podľa GOST		22K	
Značka materiálu podľa ASTM		Gr.A podľa A662 Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414	
<i>PSA</i>			
celkový počet	ks	6	[I.8]
výkon (hltnosť) PSA	t/hod	200	[I.8]
projektový tlak	MPa ^{ABS}	5,6	[I.8]
<i>RČA na parnej strane PG</i>			
celkový počet	ks	2x6	
maximálny prietok	t/hod	516,3	
prevádzkový tlak	MPa	4,74	
prevádzková teplota	°C	260	
<i>RČA na napájacom potrubí</i>			
celkový počet	ks	6	
maximálny prietok	t/hod	516.3	
prevádzkový tlak	MPa	5	
<i>Parné potrubie</i>			
pracovný tlak (absolútny)	MPa	4,74	
pracovná teplota	°C	260	
<i>Napájacie potrubie</i>			
pracovná teplota		217	
celkový počet spätných klapiek	°C	10	
<i>Systém ochrany sekundárneho okruhu od prevýšenia tlaku (PV PG)</i>			[I.23]
počet ventilov na každom PG		2 (1xkontrolný /1xpracovný)	
<i>Kontrolný PV PG</i>	ks		
otvárací pretlak		5,69 ± 0,02	pre nominálny

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Pracovný PV PG otvárací pretlak	MPa	5,79 ± 0,02	režim práce PV PG [I.1], [I.23]
Systém rušiča vákua	MPa		
počet armatúr		6	
počet spätných klapiek	ks	6	
	ks		

2.2.2.4.3 Podporné bezpečnostné systémy

Jadrovú bezpečnosť bloku zaisťujú tri nezávislé divízie bezpečnostných systémov. Každá z týchto divízií je vybavená zariadeniami nutnými pre dochladenie reaktora a zmiernenie poruchy pri rôznych typoch havárií.

V každej z týchto divízií je vytvorený jeden SZN ako podporný systém pre ostatné bezpečnostné systémy vlastnej divízie. Na zaistenie potrebnej miery redundancie a spoľahlivosti sú tieto SZN nezávislé a vzájomne oddelené dispozične (stavebne, požiarne) i elektricky (princíp 100% + 100% + 100%) i z hľadiska riadenia. Oddelené je silové a ovládacia kabeláž.

Vo väzbe na riešenie napájanej technológie (tri divízie) tvoria tieto tri SZN systém odolný voči jednoduchšej poruche v projektových stavoch. Neuvažuje sa so vzájomným zálohovaním zdrojov jednotlivých SZN. Funkcia SZN je nezávislá na stave PNVS a RNVS.

SZN sa skladá zo sietí I. a II. kategórie a núdzových zdrojov. Systém je navrhnutý pre plnenie bezpečnostnej funkcie BT II a je seizmicky odolný.

Na zaistenie prevádzkyschopnosti danej divízie bezpečnostných systémov je nutná prevádzkyschopnosť zdrojov a sietí I. i II. kategórie príslušného SZN.

Núdzovým zdrojom pre každý zo SZN je dieselgenerátor miestnený v separovaných kobkách DGS.

TVD chladí všetky z hľadiska jadrovej bezpečnosti dôležité spotrebiče, u ktorých sa požaduje nepretržitá dodávka chladiacej vody počas normálnej prevádzky, abnormálnej prevádzky ako aj v havarijných podmienkach. V havarijných podmienkach typu LOCA a pri seizmickej udalosti zabezpečuje TVD odvod zostatkového tepla reaktora. Systém TVD musí byť funkčný aj pri extrémnych vonkajších klimatických podmienkach.

TVD z bazéna ČS TVD je dopravovaná vonkajším spojovacím potrubím čerpadlami na chladenie technologických zariadení.

Systém TVD je spoločný pre oba bloky MO34 v časti bazénov čerpadiel TVD, bazénov VCHV a vonkajších potrubných rozvodov.

TVD je tvorená tromi redundanciami. Každá redundancia TVD je koncipovaná ako uzatvorený cirkulačný okruh s nútenou cirkuláciou s otvoreným bazénom, chladiacimi ventilátorovými vežami a s trvalým dopĺňaním strát vody. Každá redundancia TVD sa skladá z čerpadiel TVD, vonkajšieho spojovacieho potrubia, odbočiek pre DGS, vnútorného spojovacieho potrubia k spotrebičom v HVB, spojovacieho potrubia z HVB do príslušnej ventilátorovej chladiacej veže, ventilátorovej veže a spojovacieho potrubia do vtokového kanálu príslušnej redundancie TVD v čerpacej stanici.

Súčasťou systému TVD je aj mobilný záložný doplnovací systém.

Vzduchotechnické systémy tvoria neoddeliteľnú súčasť prevádzky jadrových zariadení. Zohrávajú významnú úlohu pri zabezpečovaní jadrovej bezpečnosti a ochrany zdravia pred ionizujúcim žiarením ako za bežnej prevádzky, tak i v prípade porúch a havárií.

Vo všeobecnosti možno úlohy vzduchotechnických systémov sformulovať nasledovne:

- vytvoriť vhodné podmienky prostredia pre činnosť obsluhujúceho personálu,
- vytvoriť vhodné podmienky prostredia pre bezpečnú a spoľahlivú prevádzku technologických zariadení,
- zabrániť úniku RAL do pracovného a životného prostredia,
- podieľať sa na zmierňovaní následkov zapríčinených ľubovoľnou poruchou alebo haváriou.

Z pohľadu dosiahnutia požadovaných parametrov prostredia pre daný objekt, priestor alebo miestnosť je použitých viacero principiálnych riešení. Z principiálneho hľadiska sú parametre prostredia zabezpečované:

- vykurovaním,
- vetraním,
- klimatizáciou,
- chladením.

Použitie riešenie vychádza z konkrétneho účelu objektu alebo priestoru. Vo väčšine prípadov ide o kombináciu uvedených spôsobov úpravy vzduchu.

Z koncepčného hľadiska sú parametre prostredia dosahované technickými prostriedkami:

- prírodných,
- odvodných a
- cirkulačných vzduchotechnických systémov.

Tabuľka 2.2-8 Podporné bezpečnostné systémy

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Systém zaisteného elektrického napájania I. kategórie			
<i>Olovená akubateria</i>			
menovité napätie	V	220 (DC)	[I.28]
<i>Tyristorový usmerňovač Gutor</i>			
menovité výstupné napätie	V	220 (DC)	
menovitý prúd	A	800	
<i>Tranzistorový striedač Gutor</i>			
menovitý výkon	kVA	170	
menovité výstupné napätie	V	400	
menovitá výstupná frekvencia	Hz	50	
Systém zaisteného elektrického napájania II. kategórie			
<i>Dieselgenerátor</i>			
menovité napätie	kV	6,3	[I.28]
menovitá frekvencia	Hz	50	
menovitý výkon motora	kW	3300	
menovitý výkon generátora	kVA	3727,5	
<i>Transformátor</i>			
menovité napätie	kV	6/0,42	
menovitá frekvencia	Hz	50	
menovitý výkon	MVA	1	
Systém technickej vody dôležitej			
<i>Čerpací agregát TVD</i>			
typ čerpadla		Sigma ATYP-400-CVFFV-530-68/2-LU-00	[I.62]
prietok	m ³ .h ⁻¹	302,4 ÷ 1 242	
počet čerpadiel TVD na 1 redundanciu	ks	6 (3+3 podľa napájania z bloku)	
<i>Ventilátorová chladiaca veža</i>			
množstvo odvádzaného tepla	MW	88,4	
prietok ochladenej vody	m ³ .h ⁻¹	4000	
chladiace pásmo	°C	19	
teplota výstupnej ochladenej vody	°C	33	
návrhová teplota vonkajšieho ovzdušia (vlhký teplomer)	°C	30	
<i>Mobilný čerpací agregát</i>			
pohon		spaľovací motor	
prietok	m ³ .h ⁻¹	80÷132	
Chladiaci VZT systém rozvodní pre spotrebiče dôležité pre bezpečnosť			
<i>Systém SAF07 (P-3,407, O-3,407, C-3,407, K-3,407)</i>		rozvodňa 0,4 kV - SZN 5s.	[I.61]
počet VZT jednotiek	ks	1	
počet ventilátorov	ks	4	
počet klimatizačných jednotiek	ks	1	

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka
Systém SAF08 (P-3,408, O-3,408, C-3,408, K-3,408)		rozvodňa 0,4 kV - SZN 4s.	
počet VZT jednotiek	ks	1	
počet ventilátorov	ks	4	
počet klimatizačných jednotiek	ks	1	
Systém SAF09 (P-3,409, O-3,409, C-3,409)		rozvodňa 0,4 kV - SZN 1s.	
počet VZT jednotiek	ks	1	
počet ventilátorov	ks	10	
počet klimatizačných jednotiek	ks	3	
Systém SAF54 (P-3,454, O-3,454, K-3,454)		rozvodne 6 kV a 0,4 kV – SZN 2s.	
počet VZT jednotiek	ks	1	
počet ventilátorov	ks	5	
počet klimatizačných jednotiek	ks	3	
Systém SAF58 (P-3,458, O-3,458, K-3,458)		rozvodne 6 kV a 0,4 kV – SZN 3s.	
počet VZT jednotiek	ks	1	
počet ventilátorov	ks	4	
počet klimatizačných jednotiek	ks	1	
Systém SAF59 (P-3,459, O-3,459, K-3,459)		rozvodňa 0,4 kV – SZN 2s.	
počet VZT jednotiek	ks	1	
počet ventilátorov	ks	2	
počet klimatizačných jednotiek	ks	1	
Cirkulačný VZT systém chladenia HSCHZ			
počet chladiacich jednotiek	ks	19	
vzduchový výkon 1 jednotky	m ³ /h	5100	
chladiaci výkon 1 jednotky	kW	8	
Filtračný VZT systém na prívode vzduchu do blokovej, núdzovej dozorne, dennej miestnosti			
Systém SAF36 (P-3,436, O-3,436)			[I.61]
počet filtračných staníc	ks	1	
počet ventilátorov	ks	3	
počet elektrických ohrievačov	ks	3	
Chladiaci VZT systém miestností SKR			
Systém SAF12 (K-3,412, K-3,412R)		SKR – 1. systém	
počet klimatizačných jednotiek	ks	2	
počet ventilátorov	ks	4	
počet cirkulačných klimatizačných jednotiek	ks	2	
Systém SAF61 (K-3,461, K-3,461R)		SKR – 2. systém	
počet klimatizačných jednotiek	ks	2	[I.61]
počet ventilátorov	ks	4	
počet cirkulačných klimatizačných jednotiek	ks	2	
Systém SAF12 (K-3,462, K-3,462R)		SKR – 3. systém	
počet klimatizačných jednotiek	ks	2	
počet ventilátorov	ks	4	
počet cirkulačných klimatizačných jednotiek	ks	2	

Parameter	Rozmer	Hodnota	Poznámka	
Cirkulačný systém chladenia miestností SKR				
<i>Systém KLA15 (3,4C-8)</i>				
počet chladiacich jednotiek	ks	1	[I.61]	
vzduchový výkon jednotky	m ³ /h	2400		
<i>Systém KLA16 (3,4C-9)</i>				
počet chladiacich jednotiek	ks	1		
vzduchový výkon jednotky	m ³ /h	2400		
<i>Systém KLA18 (3,4C-14)</i>				
počet chladiacich jednotiek	ks	1		
vzduchový výkon jednotky	m ³ /h	2400		
Chladiaci systém miestností SKR (miestnosti BREAKER-ov, RCS, RRCS, RLS)				
<i>Systém SAF16 (P-3,416, P-3,416R)</i>				
počet VZT jednotiek	ks	2	[I.61]	
počet ventilátorov	ks	4		
počet cirkulačných klimatizačných jednotiek	ks	2		

2.2.2.5 Časť ELEKTRO

Jeden blok MO34 obsahuje dva generátory. Každý generátor spojený s parnou turbínou vyrába elektrickú energiu pri menovitom napätí 15,75 kV a menovitej frekvencii 50 Hz.

Každý generátor MO34 je vybavený generátorovým vypínačom (GCB) na úrovni 15,75 kV a výstupným vypínačom (OCB) za zvyšovacím transformátorom na úrovni 400 kV. Blokove vypínače 400 kV (UCB) sú umiestnené v rozvodni Veľký Ďur.

Pridanie OCB oproti aktuálnemu stavu v EMO12 zlepšuje selektivitu porúch, ktoré môžu ovplyvniť zvyšovací transformátor bez potreby odpojenia celého bloku od siete; okrem toho, OCB sú alternatívnym pripojovacím miestom JE k sieti (sú vybavené synchro-taktom), aj keď preferovanou metódou je pripojenie cez GCB. OCB sa môžu využívať na synchronizáciu hlavne po zredukovaní na vlastnú spotrebu namiesto ručného prífázovania k UCB na strane Veľkého Ďuru.

Vlastná spotreba je počas normálnej prevádzky napájaná z pracovných zdrojov, ktoré zabezpečujú 2 odbočkové transformátory vlastnej spotreby (15,75/6,3/6,3 kV), alebo zo siete 400 kV. Odbočkové transformátory vlastnej spotreby sú pripojené cez zapuzdrené vodiče na strane vyššieho napätia k odbočke medzi generátorový vypínač a príslušný blokový transformátor, a na strane nižšieho napätia na jednu zo 6 kV rozvodní nezaisteného napájania.

Ak zlyhá napájanie z pracujúceho TG alebo zo siete 400 kV, automatiky AZR (automatický záskok rezervy) zabezpečia prechod postihnutej časti vlastnej spotreby na rezervné napájanie, Systém rezervného napájania je riešený pre všetky 4 bloky JE Mochovce tak, že každý blok má vlastný rezervný regulovateľný transformátor, pričom rezervné transformátory 1. a 3. bloku JE Mochovce sú súčasťou jedného a rezervné transformátory 2. a 4. bloku JE Mochovce sú súčasťou druhého zdroja rezervného napájania vlastnej spotreby. Pred rezervnými transformátormi sú inštalované vypínače 110 kV, slúžiace k selektívnemu vypínaniu porúch a k prevádzkovým manipuláciám. Medzi 1. a 3. blokom a 2. a 4. blokom sú vyhotovené káblové prepojenia 110 kV. Každé sekundárne vinutie rezervného transformátora je vyvedené najprv na príslušnú rozvodňu rezervného napájania a odtiaľ na rezervné prípojnice, ktoré tvoria medzi všetkými štyrmi

blokmi magistrálu. Jednotlivé sekcie magistrály je možné pomocou pozdĺžnych vypínačov podľa potreby navzájom prepojiť.

V prípade straty pracovného i rezervného napájania sú spotrebiče dôležité z hľadiska bezpečnosti napájané núdzovými zdrojmi a príslušnými SZN. Núdzové zdroje tvoria DG, akumulátorové batérie, Automaty neprerušovaného napájania (ANN) a zdroje neprerušovaného napájania (UPS).

Niektoré zo 6 kV rozvádzačov sú určené pre dôležité a bezpečnostné systémy. Tieto dôležité rozvádzače sa môžu okrem toho napájať z interných zdrojov energie, ktoré pozostávajú z 3,5 MVA záložných DG. Každý blok je vybavený 3 seizmicky odolnými DG, ktoré sú fyzicky a elektricky navzájom oddelené, pričom každý z nich poskytuje napájanie určitej časti bezpečnostných systémov a systémov na podporu bezpečnosti.

Okrem toho, zdvojený projekt MO34 obsahuje špecifické projektové prvky na zvládnutie nadprojektových scenárov, v ktorých sa predpokladá SBO - úplná strata napájania vlastnej spotreby [I.56]: v týchto opatreniach sa využíva výhoda konfigurácie pre niekoľko blokov a počíta sa s manuálnymi pripojeniami DG príslušnej redundancie medzi synchrónnymi blokmi a pripojením (na prípojnice nesúvisiace s bezpečnosťou) medzi štyrmi blokmi, ako aj použitiu mobilného DG.

Okrem toho, podobne ako vo väčšine súčasných projektov JE, obsahuje projekt MO34 náhradný striedavý zdroj (spoločný DG), ktorý je spoločný pre dva bloky, fyzicky oddelený od druhých generátorov a je plánovaný na zvládnutie scenárov ťažkých havárií, v ktorých je postulovaná strata napájania striedavým prúdom.

Jedným z prijatých opatrení zo záťažových testov je aj mobilný DG pre podmienky SBO. Opatrenie sa zaoberá mobilným DG 0,4 kV/720 kWe inštalovaným pre každý blok, umiesteným bezpečne v areáli za účelom zvládnutia vybitia batérií a garancie prevádzkyschopnosti zariadení nevyhnutných k zabráneniu poškodenia paliva. Navyše toto opatrenie zaisťuje napájanie vybraným blokovým spotrebičom behom SBO.

2.2.2.6 Časť SKR

Systémy SKR v projekte MO34 sú založené na komerčne dostupných digitálnych platformách, ktoré sú schválené pre bezpečnostné a iné ako bezpečnostné aplikácie v JE, ktoré zahŕňajú aj prevádzkový a monitorovací systém pre dozorne.

Generické vlastnosti systémovej platformy boli overené systémovými skúškami, nezávislými od elektrárne, ktoré sa vykonali za účasti nezávislých expertov. Okrem toho bolo použitie týchto systémov SKR potvrdené v prevádzke v priebehu početných projektov modernizácie tlakovodných reaktorov. Osvedčená prax odvodená z prevádzkových skúseností slovenských a zahraničných JE sa využíva pre MO34, najmä pre koncepčnú architektúru SKR. Pokiaľ ide o rozhranie človek – stroj (HMI), uplatňuje sa hybridná koncepcia dozorní, ktorá pozostáva z dvoch rôznych informačných systémov - počítačový systém riadenia procesov a informácií a bezpečnostný informačný a riadiaci systém používajúci konvenčné tlačidlá a ukazovatele.

Časť SKR je podrobne opísaná v PpBS Kapitola 6.5 „Systémy kontroly a riadenia“ [I.24].

2.2.3 Porovnanie s referenčnou elektrárnou

Projekt JE Mochovce vychádza z koncepcie ruských reaktorov VVER 440/V 213, ktorý bol prevádzkovo overený. V súčasnom období sú v Slovenskej republike prevádzkované štyri reaktory typu VVER 440/V 213, a to dva bloky (EMO12) v JE Mochovce a dva bloky (EBO V2) v JE Jaslovských Bohuniciach.

Projekt MO34 je založený na projekte 1. a 2.bloku JE Mochovce (EMO12), ktoré sú v súčasnosti prevádzkované v areáli Mochoviec, ale zahŕňa významné projektové vylepšenia, ktoré sa týkajú riadenia ťažkých havárií, odolnosti voči interným a externým rizikám (vrátane zemetrasenia), SKR a projektu elektrických zariadení. Preto bola EMO12 pre potreby tejto správy vybraná ako referenčná elektrárň.

Modifikácie, zdokonaľovanie a úpravy systémov, aby MO34 bola na požadovanej medzinárodnej úrovni, úpravy systémov primárneho a sekundárneho okruhu, vyplývajúce zo skúseností z výstavby, spúšťania a prevádzky rovnakého typu elektrárne v EMO12 a Jaslovských Bohuniciach JE V2 sú uvedené v kap. 0.

Porovnanie hlavných parametrov dostavovaného MO34 a referenčnej EMO12 je uvedené v tabuľkovej forme v Tabuľka 2.2-9 až Tabuľka 2.2-29, ktoré sú rozdelené podľa jednotlivých systémov a zariadení. V tabuľkách sú porovnané jednotlivé systémy a prípadné zmeny medzi EMO12 a MO34. Údaje pre EMO12 sú použité z PpBS JE Mochovce 1. blok [I.35] a pre MO34 je literatúra uvedená v tabuľke. Údaje tlakov sú uvedené v absolútnych tlakoch.

Tabuľka 2.2-9 Všeobecná charakteristika EMO12 a MO34

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34
Typ elektrárne	-	Jadrová kondenzačná	Jadrová kondenzačná
Typ reaktora	-	VVER 440	VVER 440
Typové označenie	-	V 213	V 213
Počet x výkon blokov	ks x MW _e	2 x 440	2 x 440
Počet zariadení pre blok:	ks		
- Reaktor		1	1
- Hlavné cirkulačné čerpadlo		6	6
- Parogenerátor		6	6
- Turbogenerátor		2	2
- Blokový transformátor		2	2
Spôsob chladenia turbín	-	cirkulačný	cirkulačný
Vodný zdroj	-	Hron	Hron
Vyvedenie výkonu	kV	1 x 400	1 x 400
Rok zahájenia výstavby	rok	1982	1987
Rok ukončenia výstavby	rok	1998	

2.2.3.1 Primárny okruh

Tabuľka 2.2-10 až Tabuľka 2.2-18 popisujú základné charakteristiky hlavných systémov primárneho okruhu.

Tabuľka 2.2-10 Všeobecná charakteristika I.O.

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Počet cirkulačných slučiek	-	6	6	
Tepelný výkon	MW _t	1 375	1 375 ± 27 MW _t	[I.16], [I.2]
Moderátor	-	demi voda	demi voda	[I.2]
Chladivo	-	demi voda	demi voda	[I.2]
Stredná teplota chladiva na vstupe do reaktora	°C	267,0	268,0	[I.16], [I.36]
Stredná teplota chladiva na výstupe z reaktora	°C	295,9	290,2 ÷ 300,0 priemer 295,1	[I.2], [I.36]
Tlak chladiva na výstupe z reaktora	MPa ^{ABS}	12,36	12,36	[I.17], [I.36]
Výpočtový tlak v reaktore	MPa ^{ABS}	13,7	13,73	[I.2]
Vyhorenie paliva v prútku / v Gd prútku	MW dní/kg U			max. výpočtové vyhorenie [I.16], [I.36]
Prevádzka paliva v reaktore	rok	6	5 až 6	pre palivo 2 generácie a nominálnom výkone 1 375 MW _t [I.16], [I.36]
Prietok chladiva reaktorom v nominálnom režime	m ³ /hod	42350	42600	[I.16], [I.17], [I.36]

Tabuľka 2.2-11 Parogenerátor

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Typ	-	Horizontálny valcový	Horizontálny valcový	[I.3]
Typové označenie	-	PGV - 213	PGV - 213	[I.3]
Dĺžka	mm	11800	11800	[I.3]
Vnútorný priemer	mm	3210	3210	[I.3]
Parný výkon	t/hod	447,2	444	[I.3]
Tlak I.O. : - pracovný na vstupe do PG - výpočtový	MPa ^{ABS} MPa ^{ABS}	12,26 13,73	12,33 13,73	[I.3]
Tlak II.O. : - pracovný v PG - výpočtový	MPa ^{ABS} MPa ^{ABS}	4,61 5,59	4,74 5,59	[I.3]
Teplota I.O.: - na vstupe do PG - na výstupe z PG	°C °C	295,9 267,0	295,0 266,9	[I.3]
Teplota pary II.O.: - pracovná	°C	259	260,6	[I.3]
Teplota napájacej vody	°C	223	217,2	[I.3]
Objem sekundárnej vody v PG v nominálnom režime	m ³	48,4	48,4	[I.3]

Poznámka: Vyššie uvedené hodnoty sú iba výpočtové, skutočné pracovné parametre je nutné určiť experimentálne pri garančnom meraní.

Tabuľka 2.2-12 Hlavné cirkulačné čerpadlo

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Typové označenie	-	GCN - 317	GCN - 317	[I.4]
Počet na jeden reaktor	ks	6	6	[I.4]
Objemový prietok média	m ³ /hod	7100	7100	[I.43] (pre 1375 MW _t)
Teplota chladiva na vstupe do HCČ	°C	267,0	266,9	[I.4]
Tlak na saní	MPa	12,11	12,26	[I.4], [I.43]
Menovité napätie	V	6 000	6 000	[I.4], [I.43]
Počet otáčok za minútu	ot.min ⁻¹	1 500	1 500	[I.4], [I.43]
Prietok vody vloženého chladiaceho okruhu HCČ	m ³ /hod	42	42	[I.4]
Maximálna prípustná teplota vody vloženého chladiaceho okruhu HCČ	°C	45	45	[I.4]
Maximálne prípustný tlak vody vloženého chladiaceho okruhu HCČ	MPa	0,598	0,6	[I.4]

Tabuľka 2.2-13 Hlavné cirkulačné potrubie

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Materiál potrubia	-	nerez. oceľ	nerez. oceľ	[I.6]
Dĺžka slučky: min./ max.	mm	34 080 / 34 190	34 080 / 34 190	[I.6]

Tabuľka 2.2-14 Vložený okruh chladenia HCČ

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Tlak	MPa	0,45	0,44 ÷ 0,31	pretlak [I.9]
Prietok vody	m ³ /hod	380	380	[I.9]
Maximálna teplota	°C	45	45	[I.9]

Tabuľka 2.2-15 Kompenzátor objemu

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Typ	-	Parný	Parný	[I.5]
Počet na blok	ks	1	1	[I.5]
Pracovné médium	-	voda - para	voda - para	[I.5]
Výška	mm	12 000	12 000	[I.14]
Vnútorý priemer	mm	2 382	2 382	[I.14]
Celkový výkon elektroohrievačov	kW	1 620	1 620	z údajov počtu zohrievajúcich elementov a príkonu jedného elementu 108x15kW [I.5], [I.30]
Tlak výpočtový	MPa	13,7	13,7	[I.5]
Teplota výpočtová	°C	335	335	[I.5]
Teplota pracovná	°C	325	325	[I.5]
Objem KO				
- celkový	m ³	44	44	[I.5]
- vody (nom. režim)	m ³	29	29	
- parný	m ³	15	15	

Tabuľka 2.2-16 Poistné ventily kompenzátora objemu

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
1. Hlavný poistný ventil		14,61	13,9 ÷ 14,4	[I.1], [I.18]
- otvárací tlak	MPa	13,53	13,3 ÷ 13,4	
- uzatvárací tlak	MPa			
2. Hlavný poistný ventil		14,42	14,4 ÷ 14,9	[I.1], [I.18]
- otvárací tlak	MPa	13,04	13,8 ÷ 13,9	
- uzatvárací tlak	MPa			

Tabuľka 2.2-17 Barbotážna nádrž

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Vnútorňý priemer telesa	mm	2 000	2 000	[I.34]
Materiál telesa	-	nerezová oceľ	nerezová oceľ	[I.5]
Pracovný tlak	MPa	0,108	0,147	[I.5]
Pracovná teplota	°C	40 ÷ 50	50	[I.5]
Množstvo pary, ktoré môže kondenzátor prijať	kg	1 500	1 500	[I.5]
Prietokné množstvo chladiacej vody	m ³ /hod	do 30	do 30	[I.42]
Pracovná teplota chladiacej vody	°C	30 ÷ 40	60	[I.5]

Tabuľka 2.2-18 Hlavná uzatváracia armatúra

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Počet na 1 blok	ks	12	12	[I.6]
Tlak :				
- pracovný na výstupe z reaktora	MPa	12,36	12,36	[I.2], [I.6]
- výpočtový	MPa	13,7	13,73	
Prietokné množstvo chladiča	kg/s	1 497,8	7250 m ³ /hod	[I.4]

2.2.3.1.1 Aktívna zóna

Porovnanie charakteristík AZ a vnútorných častí reaktora medzi EMO12 a MO34 je uvedené v Tabuľka 2.2-19 až Tabuľka 2.2-21.

Tabuľka 2.2-19 Všeobecná charakteristika AZ

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Počet kaziet v aktívnej zóne	ks	349	349	[I.16], [I.36]
Počet palivových kaziet	ks	312	312	[I.16], [I.36]
Počet riadiacich kaziet	ks	37	37	[I.16], [I.36]

Tabuľka 2.2-20 Palivový prútik

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Vonkajší priemer článku	mm	9,1 ± 0,05	9,1	[I.16], [I.36]
Vonkajší priemer palivovej tabletky	mm	7,57 ÷ 7,60	7,60 (7,585*)	[I.16], [I.36] * stredná hodnota
Výška stĺpca paliva:				
palivová kazeta	mm	2480	2480	[I.16], [I.36]
kazeta HRK	mm	2360	2360	[I.16], [I.36]
Použitie palivo		UO ₂	UO ₂	[I.16], [I.36]
Min. obsah uránu v materiáli palivovej kazety	%	87,9	87,9	[I.16], [I.36]
Materiál pokrytia	-	Zr + 1% Nb	Zr + 1% Nb	[I.16], [I.36]
Zloženie plniaceho plynu	-	He	He	[I.16], [I.36]

Tabuľka 2.2-21 Geometrické a termohydraulické parametre palivových kaziet

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Rozmer obálky kazety pod kľúč	mm	145	145 _{-0,77} ^{+0,27}	[I.41]
Počet palivových prútikov (neprofilované/profilované palivo)	ks	126 UO ₂ / 120 UO ₂ 6 UO ₂ + Gd ₂ O ₃	126 UO ₂ / 120 UO ₂ 6 UO ₂ + Gd ₂ O ₃	počnúc 2. zavážkou sa zavádza profilované palivo [I.16], [I.36]
Krok mreže palivových prútikov	mm	12,3	12,3	[I.16], [I.36]
Počet distančných mriežok po výške AZ	ks	11	10	[I.16], [I.36]
Výška aktívnej časti v pracovnom stave	mm	2 500	2 500	[I.41]
Výška aktívnej časti v studenom stave	mm	2 480	2 480	[I.16], [I.36]

2.2.3.2 Sekundárny okruh

Tabuľka 2.2-22 až Tabuľka 2.2-29 popisujú základné charakteristiky hlavných systémov sekundárneho okruhu.

Poistné ventily PG	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
počet	ks	3 (1 x kontrolný a 2 x pracovný)	2 (1 x kontrolný a 1 x pracovný)	na každom PG [I.23]
max. projektová teplota	°C	-	270/290	[I.23]
Kontrolný PV PG:				
- otvárací pretlak	MPa	5,66	5,69 ± 0,02	pre nominálny režim práce PV PG [I.1], [I.23]
- zatvárací pretlak - dolná medza	MPa	-	5,52	
- zatvárací pretlak - horná medza	MPa	-	5,64	
- parný výkon	t/hod	150	276	
Pracovný PV PG:				
- otvárací pretlak	MPa	5,77	5,79 ± 0,02	pre nominálny režim práce PV PG [I.1], [I.23]
- zatvárací pretlak - dolná medza	MPa	-	5,62	
- zatvárací pretlak - horná medza	MPa	-	5,74	
- parný výkon	t/hod	150	280	

Tabuľka 2.2-22 Turbína

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Typové označenie	-	ŠKODA K 220 - 44	ŠKODA K 265-44 modifikovaná na výkon 265 MW	[I.27], [I.50]
Druh	-	Kondenzačná	Kondenzačná	[I.29]
Počet VT telies	ks	1	1	[I.47]
Počet NT telies	ks	2	2	[I.47]
Pracovné médium	-	Sýta para	Sýta para	[I.37]
Nominálny výkon na svorkách	MW	220	264,7	[I.47], [I.29]
Nominálne otáčky	min ⁻¹	3000	3000	[I.47]
Nominálny tlak pary pred rýchlozávernými ventilmi	MPa ^{ABS}	4,315	4,4	[I.47]
Nominálna teplota pary pred rýchlozávernými ventilmi	°C	254,9	256,07	[I.47]
Nominálna teplota chladiacej vody	°C	20	19	[I.47]
Maximálna teplota chladiacej vody	°C	33	33,8	[I.47], [I.29]
Spôsob regulácie	-	elektricko-hydraulický TVER	Elektronický TCS	[I.27], [I.50]

Tabuľka 2.2-23 Hlavný kondenzátor TG

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Počet kondenzátorov pre turbínu	ks	2	2	[I.29]
Teplovýmenná plocha I ⁰ a II ⁰ stupňa	m ²	2 x 8150	2 x 8150	[I.37]
Materiál trubiek	-	Mosadz	Titán	[I.29]
Spôsob čistenia trubiek	-	Kontinuálne + mechanicky	mechanicky	[I.37]
Prietok vody na chladiacu vežu	m ³ /hod	35 000	35 000	[I.50]
Nominálna teplota chladiacej vody	°C	20	19	[I.29]
Maximálna teplota chladiacej vody	°C	33	33,8	[I.47], [I.29]

Tabuľka 2.2-24 Parné potrubie

V sekundárnej časti je systém parného potrubia tvorený 4 základnými systémami

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Systém ostrej pary	MPa	4,61	4,74	[I.6]
Systém pary pre vlastnú spotrebu	MPa	0,69	0,77	
Systém pary pre I. O.	MPa	0,49	0,49	
Systém pary z pomocnej kotolne	MPa	1,2	1,2	

Tabuľka 2.2-25 Vysokotlakové ohrievače

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
VTO 1				
Výhrevná plocha	m ²	1 300	1 300	[I.38]
Teplota na vstupe	°C	165,7	167,21	
Teplota na výstupe	°C	189,2	192,63	
VTO 2				
Výhrevná plocha	m ²	1 300	1 300	[I.38]
Teplota na vstupe	°C	189,2	192,63	
Teplota na výstupe	°C	221,8	222,17	

Tabuľka 2.2-26 Nízkotlakové ohrievače

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
NTO 1				
Výhrevná plocha	m ²	580	580	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	34,4	36,26	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	51,7	52,4	[I.38]
NTO 2				
Výhrevná plocha	m ²	680	680	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	51,7	53,39	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	72,7	76,56	[I.38]
NTO 3				
Výhrevná plocha	m ²	680	680	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	72,7	76,76	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	93,2	101,12	[I.38]
NTO 4				
Výhrevná plocha	m ²	650	650	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	93,2	103,0	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	114,9	122,41	[I.38]
NTO 5				
Výhrevná plocha	m ²	650	650	[I.29], [I.38]
Teplota na vstupe	°C	113	123,5	[I.38]
Teplota na výstupe	°C	141,7	146,37	[I.38]

Tabuľka 2.2-27 Napájacia voda

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Napájacie čerpadlá	ks	5	5	[I.40]
Teplota napájacej vody	°C	164	164	[I.40]
Dopravované množstvo	t/hod	713,2	715	vypočítané z 789,5 m ³ /hod. [I.40]
Elektromotor: výkon / napätie	kW/V	2 100/6 000	2 100/6 000	[I.44]
Havarijné napájacie čerpadlá	ks	2	2	[I.39]
Teplota napájacej vody	°C	164	164	[I.46], [I.39]
Elektromotor výkon / napätie	kW/V	200/6 000	200/6 000	[I.44], [I.45]
Superhavarijné napájacie čerpadlá	ks/blok	3	3	[I.46]
Teplota demivody	°C	25	25	[I.46]
Elektromotor výkon / napätie	kW/V	250/6 000	250/6 000	[I.46]

Tabuľka 2.2-28 Prepúšťacia stanica do atmosféry, kondenzátora

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
PSA - celkový počet	ks	12	6	[I.8]
Výkon PSA	t/hod	200	200	[I.8]
Otvárací tlak	MPa ^{ABS}	5,4	5,4	[I.59]
Regulovaný tlak	MPa ^{ABS}	5,0 ± 0,05	5,0 ± 0,05	[I.59]
Uzatvárací tlak	MPa ^{ABS}	4,8	4,8	[I.59]
PSK –počet na turbínu	ks	4	2	[I.53]
nominálny výkon 1 PSK	t/hod	440	455	[I.53], [I.30]
Otvárací tlak	MPa ^{ABS}	4,9	4,9	[I.48], [I.30]
Regulovaný tlak	MPa ^{ABS}	4,7 ± 0,05	4,7 ± 0,05	[I.48] udržiava tlak v kolektore na hodnote zodpovedajúcej nastaveniu HPK z RCS plus 0,2 MPa, [I.30]
Uzatvárací tlak	MPa ^{ABS}	4,6	4,4	[I.48], [I.30]

Tabuľka 2.2-29 Chladiaci okruh

Parameter	Rozmer	EMO12	MO34	Poznámka
Usporiadanie chladiacich veží	-	prepojené	prepojené	
Druh chlad. veží	-	s prirodzeným ťahom	s prirodzeným ťahom	[I.50]
Stavebný materiál chladiacich veží	-	predpätý betón	predpätý betón	
Počet chlad. veží	ks/blok	2	2	[I.50]
Výkon jednej veže	kW	487 500	max. 524 200	
Počet chladiacich čerpadiel	ks/blok	2	2	
Objemový prietok jedného čerpadla	m ³ s ⁻¹	10,0	10,3	

2.2.4 Hlavné modifikácie a zdokonaľovania

2.2.4.1 Zdôvodnenie vykonaných modifikácií a zdokonalení JZ

Projekt blokov MO34 je podstatne vylepšený oproti a nad rámec referenčnej jadrovej elektrárne EMO12 (VVER 440/V213), z ktorej vychádza, a takisto v porovnaní s väčšinou iných jadrových elektrární VVER 440, ktoré sú v súčasnosti v prevádzke v rámci Európskej únie.

Bezpečnostné zlepšenia MO34 sa vyšpecifikovali s cieľom zlepšenia bezpečnostných vlastností elektrárne z hľadiska prevencie aj zmiernenia následkov havárie a vychádzajú mimo iných z týchto zdrojov:

- program zvyšovania bezpečnosti realizovaný na 1. a 2. bloku JE Mochovce
- požiadavky na jadrovú a požiaru bezpečnosť obsiahnuté v slovenskej legislatíve, odporúčania MAAE (NS-R-1 [II.8]), ako aj požiadavky na jadrovú bezpečnosť projektu JE uvedené v dokumente vydanom Asociáciou Európskych dozorných orgánov (WENRA Reference Levels [II.9])
- vyhodnotenie vlastných skúseností SE z realizácie programov zvyšovania bezpečnosti a z prevádzky jadrovej energetických blokov s reaktormi typu VVER 440/V213. Taktiež bolo prihladené na analogické

skúsenosti prevádzkovateľov, vrátane programov zvyšovania výkonu tohto typu reaktora v susedných krajinách (najmä JE Dukovany, JE Pakš)

Vzhľadom na skúsenosti z havárie jadrových zariadení vo Fukušime 11. marca 2011 boli taktiež vykonané záťažové testy pre MO34. Rozsah záťažových testov bol definovaný ÚJD SR a výsledky vykonaných záťažových testov sú zhrnuté v [I.54] a [I.55], kde obsah a štruktúra plne vyhovuje špecifikáciám podľa ENSREG. Na základe vyhodnotenia skúseností získaných počas záťažových testov a ich hĺbkovej previerky sa uskutočnili zmeny v projekte. Všetky zmeny v projekte MO34 boli uskutočnené v zmysle požiadaviek ÚJD SR so zreteľom na legislatívny rámec SR a v súlade s procesom vývoja bezpečnostných požiadaviek MAAE a prijatých referenčných úrovní WENRA.

Schválené modifikácie a zdokonalenia JZ zvyšujú jadrovú bezpečnosť a zahŕňajú aj implementáciu komplexných opatrení na zmierňovanie následkov ťažkých havárií, seizmické z odolnenie, zníženia interných rizík, zdokonalenie bezpečnostných systémov a ochrana blokov MO34 proti nárazu malého lietadla. Neustále sa taktiež sleduje ďalšie zvyšovanie jadrovej bezpečnosti a dané konkrétne modifikácie a zdokonalenia majú za cieľ dosiahnuť ešte tesnejšiu zhodu so súčasnými bezpečnostnými štandardmi.

V procese revízie úvodného projektu bolo identifikovaných približne 100 bezpečnostných zlepšení (schválených ÚJD SR). Najdôležitejšie zmeny týkajúce sa jadrovej bezpečnosti sú zhrnuté v nasledujúcich kapitolách, spracovaných podľa [I.54], [I.55] a [I.50].

2.2.4.2 Projektové opatrenia pre riadenie ťažkých havárií

V projekte MO34 boli v plnom rozsahu splnené odporúčania MAAE a WENRA pre riadenie ťažkých havárií tak, ako boli vo fáze projektovania stanovené špecifické predpisy pre riadenie ťažkých havárií. Takéto opatrenia, ktoré boli stanovené na základe obrovského množstva analýz, ktoré už predtým rozpracovali slovenské JE v prevádzke, sú zamerané najmä na zabezpečenie odolnosti kontajnementu v podmienkach ťažkej havárie. Do projektu boli zaradené predovšetkým tieto opatrenia:

- prijatie stratégie ochrany vnútra tlakovej nádoby pre chladenie vnútra nádoby roztavenej AZ, aby sa zabezpečilo zachovanie celistvosti tlakovej nádoby reaktora v prípade scenárov tavenia AZ: realizovateľnosť takejto stratégie bola dôkladne preukázaná v minulosti v JE Loviisa (ktorá je charakterizovaná veľmi podobným projektom, ako je projekt MO34);
- vylúčenie scenárov roztavenia AZ pri vysokom tlaku pridaním doplňujúceho špecificky určeného potrubia na rýchle odtlakovanie primárneho okruhu dokonca aj v podmienkach úplného výpadku elektrárne;
- ochrana kontajnementu proti nekontrolovanému horeniu vodíka prostredníctvom autokatalytických rekombinátorov a zapaľovačov;
- pridanie špecifického zásobníka bórovanej vody na zabezpečenie pohotovosti sprchovania kontajnementu a prívodu chladiva do reaktora a I.O. v počiatočnej fáze ťažkej havárie;
- zlepšenie systému monitorovania po havárii so stanovením súboru opatrení určených pre podmienky ťažkej havárie, a teda dostupných pre správne riadenie ťažkých havárií;
- pridanie mobilného DG pre jeden blok a spoločného DG pre oba bloky, ktoré sú fyzicky oddelené od inštalovaných troj-redundantných DG a sú určené na zabezpečenie napájania pri opatreniach na zvládnutie ťažkej havárie, aj pri scenároch úplnej straty napájania vlastnej spotreby.
- seizmická kvalifikácia zariadení pre ťažké havárie. Všetky zariadenia určené pre riadenie ťažkých havárií zamerané na zachovanie integrity hermetickej zóny musia byť preverené po zemetrasení.

- zdvojenie funkcií systému rezervného zdroja vody a spoločných DG v podmienkach ťažkých havárií.

Na požiadavku bezpečnostného výboru bola vypracovaná samostatná analýza, ktorá rieši odozvu JE na následky ťažkých havárií [I.32].

2.2.4.3 Zlepšenie zariadenia SKR

V MO34 je nainštalované digitálne SKR. Pre technológiu digitálnej elektroniky je charakteristické jej rozsiahle zvýšenie funkčnosti, zvýšená spoľahlivosť a znížené nároky na údržbu.

Moderná obrazovka založená na rozhraní človek – stroj (HMI) poskytuje všetky výhody panelu digitálneho SKR. Týmto sa podporí reakcia operátora na akékoľvek podmienky v elektrárni. K hlavným vlastnostiam patrí rýchly a usmernený prístup k príslušným informáciám a diagnostika, informácie orientované na úlohu, podpora na pochopenie situácie, integrácia informácií, riadenia a dokumentácie, ľahké a rýchle modifikácie.

Systém zobrazovania bezpečnostných parametrov, ako súčasť systému riadenia procesov a informácií, je špeciálne určeným rozhraním pre operátora, aby zabezpečoval všetky dôležité informácie pre čo najefektívnejšie riadenie elektrárne v najnepravdepodobnejších havarijných podmienkach.

2.2.4.4 Seizmické z odolnenie

Na základe požiadavky ÚJD SR bol projekt MO34 zdokonalený, aby sa dosiahla vyššia seizmická odolnosť elektrárne. Takže sa posudzovala revidovaná úroveň zemetrasenia, ktorá zodpovedá PGA = 0,15 g, aby sa prehodnotili existujúce stavebné konštrukcie MO34 a aby sa navrhli nové systémy a komponenty elektrárne.

Zvýšenie požiadaviek na seizmickú odolnosť jadrovej elektrárne malo tieto hlavné dôsledky pre projekt MO34:

- prepočet seizmickej odolnosti seizmicky kvalifikovaných stavebných konštrukcií s následným stanovením potreby menších konštrukčných odolnení ocelových konštrukcií;
- prepočet vstupných údajov pre seizmický projekt technologického zariadenia (napr. seizmických spektier odozvy podlažia).

2.2.4.5 Projektové opatrenia na zníženie interných rizík

V projekte MO34 sú riešené v [I.31] všetky otázky MAAE týkajúce sa interných rizík vrátane tých, ktoré sú vyvolané:

- Letiacimi predmetmi,
- Švihmi potrubí,
- Pádom ťažkého bremena,
- Vnútorými požiarimi a explóziami,
- Vnútorými záplavami,
- Elektromagnetickou interferenciou.

2.2.4.6 Zdokonalený projekt bezpečnostných systémov a zariadení súvisiacich s bezpečnosťou

Projekt bezpečnostných systémov a zariadení pre MO34, ktoré súvisia s jadrovou bezpečnosťou, integruje opatrenia vychádzajúce z výsledkov záťažových testov uskutočnených v súlade s požiadavkami ENSREG.

Súhrn konkrétnych vylepšení vyplývajúcich zo záťažových testov je v dokumentoch [I.55], [I.56], [I.57], [II.10], [II.11] a [II.12].

Najvýznamnejšie položky z bezpečnostných opatrení implementovaných na MO34:

- seizmické z odolnenie,
- zvýšenie spoľahlivosti SHNČ,
- výmena celého SKR za systémy overené v prevádzke JE,
- inštalácia zariadení nového bezpečnostného systému pre odvod zostatkového tepla z primárneho okruhu,
- zohrievanie vody v nádržiach systémov havarijného chladenia,
- kvalifikácia vybraných zariadení na podmienky prostredia počas havárií,
- funkčná kvalifikácia vákuo-barbotážneho systému.

2.2.4.7 Ochrana blokov MO34 proti nárazu malého lietadla

Slovenské elektrárne informovali Európsku komisiu v roku 2007 v súlade s článkom 41 Zmluvy Euratom o investičnom projekte týkajúcom sa dokončenia MO34. Komisia vydala svoje stanovisko k tomuto investičnému projektu v súlade s požiadavkami článku 43 Zmluvy Euratom a hoci uznala bezpečnosť projektu, odporučila, aby SE v úzkej spolupráci s národnými orgánmi vypracovali referenčný scenár, vrátane deterministického dopadu z externých zdrojov (napr. náraz malého lietadla) a podľa toho aby vyvinuli doplňujúce prvky, funkčné schopnosti a stratégie riadenia zamerané na odolanie takému scenáru, aby zosúladiť MO34 so súčasnou praxou. Odporúčanie Európskej komisie bolo zahrnuté do rozhodnutia ÚJD SR č. 266/2008 vydaného v auguste 2008, a toto sa stalo záväzným pre projekt dokončenia MO34.

Na základe toho SE a inžinierske spoločnosti zapojené do revízie úvodného projektu MO34 vypracovali v roku 2008 metodológiu na určovanie potrebných projektových zmien na splnenie vyššie uvedených požiadaviek. V tejto metodológii, o ktorej sa diskutovalo a o ktorej bol ÚJD SR informovaný v niekoľkých fázach, sa počítalo s nasledujúcimi krokmi:

1. Definícia projektového lietadla;
2. Špecifikácia bezpečnostných funkcií elektrárne, ktoré musia zostať zachované po náraze projektového lietadla;
3. Identifikácia dostupných systémov JE na zabezpečenie plnenia bezpečnostných funkcií uvedených v bode 2 počas a po takej udalosti;
4. Identifikácia zoznamu medzných dopadov pre následné podrobné analýzy bezpečnosti;
5. Definícia akceptačných kritérií pre analýzy bezpečnosti, ktoré sa majú vykonať;
6. Definícia predpokladov, ktoré sa majú prijať v analýzach bezpečnosti;
7. Vykonanie bezpečnostných analýz;
8. Vyhodnotenie výsledkov;
9. Určenie potrebných zlepšení projektu;
10. Vypracovanie požadovanej projektovej dokumentácie.

Podľa požiadavky ÚJD SR sa činnosti 1÷8 vykonali v stupni utajenia vyhradené, pretože vykonané analýzy obsahujú citlivé informácie aj z hľadiska fyzickej ochrany elektrárne.

V týchto analýzach sa vzali do úvahy primárne účinky nárazu lietadla (t.j. celkové konštrukčné poškodenia, lokálne poškodenia – perforácia, rozštiepenie, rozdrvenie – a vyvolané vibrácie) a sekundárne účinky (t.j. vyvolané požiare/ výbuchy). Konečným výsledkom týchto činností bolo určenie stavebných konštrukcií JE, ktoré sú dôležité pre bezpečnosť elektrárne a nie sú dostatočne a úplne chránené proti postulovanému externému nebezpečenstvu.

Pre takéto prípady sa do projektu zaradili externé ochranné bariéry - takéto bariéry sú naprojektované s vlastnými základmi, a teda sú konštrukčne úplne oddelené od ostatných stavebných konštrukcií JE.

Na požiadavku bezpečnostného výboru bola vypracovaná samostatná analýza, ktorá rieši odozvu JE na následky nárazu lietadla [I.33].

LITERATÚRA**I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vo vlastníctve SE, a.s.**

- [I.1] 3LP/1001 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky
- [I.2] Prováděcí projekt Tlakovodní reaktor, Technická zpráva,
- [I.3] Prováděcí projekt Parogenerátory, Technická zpráva
- [I.4] Prováděcí projekt HCČ, Technická zpráva
- [I.5] Prováděcí projekt Systém kompenzace objemu, Technická zpráva
- [I.6] Prováděcí projekt Spojovací potrubí, Technická zpráva
- [I.7] Prováděcí projekt DPV M-A Popis ovládání
- [I.8] Vykonávací projekt Výpočet objemu uvolňovanej vzdušniny cez PSA a PVPG
- [I.9] Prováděcí projekt Vložené okruhy chlazení, Technická zpráva
- [I.10] Prováděcí projekt Systém odluhu parogenerátoru, Technická zpráva
- [I.11] Prováděcí projekt Systém kompenzace objemu, Technická zpráva
- [I.12] Prováděcí projekt Systém snížení tlaku v HP a lokalizace RA úniků
- [I.13] Vykonávací projekt Zariadenia pre hermetickú zónu
- [I.14] Plán - Revize IPZK Kompenzátor objemu V-213 (3. blok)
- [I.15] PpBS Kapitola 6.1.1 Projekt jadrového paliva
- [I.16] PpBS Kapitola 6.1.3 Jadrový projekt
- [I.17] PpBS Kapitola 6.1.4 Termo - hydraulický projekt
- [I.18] PpBS Kapitola 6.2.4 Návrh komponentov primárneho okruhu
- [I.19] PpBS Kapitola 6.3 Ochranná obálka jadrového zariadenia
- [I.20] PpBS Kapitola 6.4.1 Systém havarijného chladenia AZ
- [I.21] PpBS Kapitola 6.4.2 Systém hermetického priestoru
- [I.22] PpBS Kapitola 6.4.5.2 Systém superhavarijného napájania PG
- [I.23] PpBS Kapitola 6.4.5.4 Systém PV PG
- [I.24] PpBS Kapitola 6.5 Systémy kontroly a riadenia
- [I.25] PpBS Kapitola 6.5.02 Systém automatických ochrán reaktora (RTS/DRTS, EXCORE, SMS, RTB)
- [I.26] PpBS Kapitola 6.5.3 Systém zaistenia bezpečnosti ESFAS
- [I.27] PpBS Kapitola 6.5.6.3 Riadiaci a ochranný systém TG
- [I.28] PpBS Kapitola 6.6 Elektrické napájanie
- [I.29] PpBS Kapitola 6.8 Systém premeny energie

- [I.30] PpBS Kapitola 7.2.0 Súhrn vstupných dát pre deterministické analýzy bezpečnosti
- [I.31] PpBS Kapitola 7.2.3.1 Analýzy bezpečnosti pre vnútorné udalosti
- [I.32] Príloha PpBS - Odozva JE na následky ťažkých havárií
- [I.33] Príloha PpBS - Pád lietadla
- [I.34] Plán - PLKVZ- 2. etapa - Barbotážní nádrž 3. blok
- [I.35] Predprevádzková bezpečnostná správa pre 1. blok jadrovej elektrárne Mochovce, Škoda Praha a.s., September 1997.
- [I.36] Technical safety analysis report for Units 3,4 of NPP «Mochovce» - part 4.4. - draft, 6.6.1.4
Теплогидравлический проект
- [I.37] Preliminary operating instructions for the turbine Mochovce – 265 MW
- [I.38] Vyplnený údajový list VTO, NTO ohrievače a NT dochladzovač pre 3. blok
- [I.39] AFW PUMP – Design review report
- [I.40] M10 data sheet – main feedwater pumps
- [I.41] Prováděcí projekt, Návrhová specifikace, Hlavní cirkulační čerpadlo
- [I.42] Prováděcí projekt, Systém snížení tlaku v HVB a lokalizace Ra úniků , Tepelný výměník
vakuobarbotážního kondenzátoru
- [I.43] Průkazná dokumentace, Hlavní cirkulační čerpadla, Analýza hlavního cirkulačního čerpadla -
Hydraulický výpočet, Hydraulické parametry čerpadla
- [I.44] M10 data sheet – main feedwater pumps
- [I.45] Vyplnený údajový list HNČ pre 3. blok
- [I.46] Vyplnený údajový list SHNČ pre 3. blok
- [I.47] Steam turbine heat & mass balances for TG31, TG32, TG41, TG42
- [I.48] Electrical load and secondary side pressure control philosophy
- [I.49] PTS - Electrical generators (ELE1)
- [I.50] Všeobecné údaje o jadrovej elektrárni Mochovce 3,4 na účel oznamovania v súlade s čl. 37
Zmluvy EURATOM
- [I.51] Technické podmínky, Technické podmínky pro hlavní cirkulační čerpadla GCN-317
- [I.52] Calculation report - Heat and mass balances
- [I.53] Bypass Valves to Condenser Data Sheets, Calculation Sheets
- [I.54] Finálna správa o záťažových skúškach Mochovce 3 a 4
- [I.55] Správa o záťažových skúškach 3. a 4. bloku Mochovce
- [I.56] Základní projektová koncepce pro implementaci opatření ze Stress testů, Doplnění opatření ze
Stress testů do ÚP MO34
- [I.57] Průvodní technická zpráva, Doplnění opatření ze Stress testů do ÚP MO34

- [I.58] PpBS kapitola 6.4.5.7 Systém havarijného oddelenia PG
- [I.59] PpBS kapitola 6.4.5.3 Systém PSA PG
- [I.60] PpBS kapitola 6.5.5.3 Systém skupinového a individuálneho riadenia HRK - RRCS
- [I.61] PpBS kapitola 6.7.3 Vzduchotechnické systémy
- [I.62] PpBS kapitola 6.4.5.5 Systém technickej vody dôležitej
- [I.63] Dodatok k ÚP Celková modifikácia spoločnej DG stanice - Stavebná časť
- [I.64] Dodatok k ÚP Celková modifikácia spoločnej DG stanice - Technologická časť

II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] Zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 9. september 2004
- [II.2] Vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam, 12. január 2006
- [II.3] BNS I.1.2/2014 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 01/2014
- [II.4] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Viedeň, 5/2004
- [II.5] IAEA TECDOC 936 Terms for Describing New, Advanced Nuclear Power Plants, IAEA 1997
- [II.6] IAEA-EBP-WWER-03 Safety Issues and their Ranking for WWER-440 Model 213 Nuclear Power Plants, IAEA 1996
- [II.7] IAEA INSAG-10 Defence in Depth in Nuclear Safety, IAEA 1996
- [II.8] IAEA NS-R-1 Safety of Nuclear Power Plants: Design, Safety Requirements, IAEA 2000
- [II.9] WENRA Reactor Safety Reference Levels, WENRA January 2008
- [II.10] ÚJD SR National Report on the Stress Tests for Nuclear Power Plants in Slovakia, 30. December 2011
- [II.11] ENSREG Peer Review Country Report – Slovakia
- [II.12] ENSREG EU Stress Tests Peer Review Final Report 26. April, 2012

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 2.2-1	Schéma MO34 [I.50].....	9
---------------	-------------------------	---

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 2.2-1	Základné technické charakteristiky MO34 [I.2]	8
Tabuľka 2.2-2	Základné charakteristiky primárneho okruhu	10
Tabuľka 2.2-3	Základné charakteristiky II.O.	12
Tabuľka 2.2-4	Základné charakteristiky turbíny.....	14
Tabuľka 2.2-5	Základné charakteristiky generátora	14
Tabuľka 2.2-6	Ochranné bezpečnostné systémy	16
Tabuľka 2.2-7	Výkonné bezpečnostné systémy.....	17
Tabuľka 2.2-8	Podporné bezpečnostné systémy	21
Tabuľka 2.2-9	Všeobecná charakteristika EMO12 a MO34	25
Tabuľka 2.2-10	Všeobecná charakteristika I.O.	26
Tabuľka 2.2-11	Parogenerátor.....	27
Tabuľka 2.2-12	Hlavné cirkulačné čerpadlo	27
Tabuľka 2.2-13	Hlavné cirkulačné potrubie	28
Tabuľka 2.2-14	Vložený okruh chladenia HCC	28
Tabuľka 2.2-15	Kompenzátor objemu	28
Tabuľka 2.2-16	Poistné ventily kompenzátora objemu	28
Tabuľka 2.2-17	Barbotážna nádrž	29
Tabuľka 2.2-18	Hlavná uzatváracia armatúra	29
Tabuľka 2.2-19	Všeobecná charakteristika AZ.....	29
Tabuľka 2.2-20	Palivový prútik	30
Tabuľka 2.2-21	Geometrické a termohydraulické parametre palivových kaziet.....	30
Tabuľka 2.2-22	Turbína	31
Tabuľka 2.2-23	Hlavný kondenzátor TG.....	32
Tabuľka 2.2-24	Parné potrubie	32
Tabuľka 2.2-25	Vysokotlakové ohrievače.....	32
Tabuľka 2.2-26	Nízkotlakové ohrievače	33
Tabuľka 2.2-27	Napájacia voda.....	33
Tabuľka 2.2-28	Prepúšťacia stanica do atmosféry, kondenzátora	34
Tabuľka 2.2-29	Chladiaci okruh.....	34