

# 1. Jaderná elektrárna Dukovany

## 1.1 Schéma bloku jaderné elektrárny s vyznačením hlavních komponent

Schéma jaderné elektrárny Dukovany je na obrázku 1-1. Jsou v něm vyznačeny následující hlavní komponenty:

### PRIMÁRNÍ OKRUH

- 1 - Reaktor
- 2 - Parogenerátor
- 3 - Kompenzátor objemu
- 4 - Bazén skladování vyhořelého paliva
- 5 - Bazén výměny
- 6 - Zavážecí stroj
- 7 - Cirkulační čerpadlo
- 8 - Barbotážní věž
- 9 - Vzduchotechnika
- 10 - Ventilační komín
- 11 - Manipulační jeřáb

### SEKUNDÁRNÍ OKRUH

- 12 - Vysokotlaká část turbíny
- 13 - Nízkotlaká část turbíny
- 14 - Generátor
- 15 - Kondenzátor
- 16 - Přihřívák-separátor
- 17 - Regenerační ohříváky
- 18 - Napájecí nádrž s odplynovákem
- 19 - Potrubí páry do turbíny
- 20 - Potrubí chladicího cirkulačního okruhu
- 21 - Zapouzdřené vodiče pro vyvedení výkonu z generátoru
- 22 - Vysokonapěťový transformátor 400 kV
- 23 - Transformátor vlastní spotřeby 6 kV
- 24 - Manipulační jeřáb

## 1.2 Technická data elektrárny

Počet bloků	4	Průměr tělesa parogenerátoru	3,21 m
Typ reaktoru	tlakovodní energetický reaktor VVER 440/213	Délka tělesa parogenerátoru	11,80 m
<b>Výkon jednoho bloku</b>		<b>Hlavní cirkulační čerpadlo</b>	
Nominální tepelný výkon	1375 MWt	Počet na blok	6
Výkon na svorkách alternátoru	440 MWe	Příkon jednoho čerpadla	1,6 MW
Výkon dodávaný do elektrické sítě	388 MWe	Provozní výkon	cca 7000 m <sup>3</sup> /hod
Vlastní spotřeba	52 MWe	Jmenovité otáčky	1460 ot/min
<b>Technické parametry reaktoru</b>		Hmotnost čerpadla	cca 48 t
Výška reaktoru	23,67 m	<b>Turbína</b>	
Vnitřní průměr tlakové nádoby	3,542 m	Počet VT dílů	1
Síla stěny válcové části nádoby	340 mm	Počet NT dílů	2
Tloušťka nerezové výstelky	9 mm	Jmenovité otáčky	3000 ot/min
Hmotnost nádoby bez chladiva	215,15 t	Teplota vstupní páry	256°C
Hmotnost reaktoru	395 t	Tlak vstupní páry	4,3 MPa
<b>Aktivní zóna reaktoru</b>		<b>Generátor</b>	
Počet palivových kazet	312	Výkon	220 MW
Počet palivových proutků v kazetě	126	Napětí na svorkách	15,75 kV
Počet regulačních kazet	37	Jmenovitá frekvence	50 Hz
Výška aktivní zóny	2,5 m	Chlazení	vodík – voda
Průměr aktivní zóny	2,88 m	<b>Kondenzátor</b>	
Obohacení paliva	1,6/2,4/3,6/3,82*% U 235	Počet na jednu turbínu	1
Vsázka paliva (UO <sub>2</sub> )	42 t	Počet trubek	
Cyklus výměny paliva	čtyřletý s částečným přechodem na pětiletý	v jednom kondenzátoru	31 716
	* s profilovaným obohacením	Průtok chladicí vody	35 000 m <sup>3</sup> /hod
<b>Systém chlazení reaktoru</b>		Materiál	titan
Počet chladicích smyček	6	<b>Chladicí věže</b>	
Vnitřní průměr hlavního cirkulačního potrubí	500 mm	Počet na blok	2
Objem chladiva v primárním okruhu	209 m <sup>3</sup>	Výška	125 m
Pracovní tlak	12,25 MPa	Průměr v koruně věže (vnitřní)	59,49 m
Teplota chladiva na vstupu	cca 267°C	Patní průměr	87,94 m
Teplota chladiva na výstupu	cca 297°C	Tloušťka pláště	0,6-0,15 m
Průtok chladiva reaktorem	42 000 m <sup>3</sup> /hod	Počet šikmých stojek	104
<b>Parogenerátor</b>		Průtok vody jednou věží	cca 10,55 m <sup>3</sup> /s
Počet na blok	6	Odpar z jedné věže	max. 0,15 m <sup>3</sup> /s
Množství páry vyrobené v jednom parogenerátoru	452 t/hod		
Tlak páry na výstupu	4,61 MPa		
Teplota páry na výstupu	260,0°C		
Hmotnost parogenerátoru	cca 165 t		

### 1.3 Modernizační akce dosud provedené na jaderné elektrárně Dukovany

#### A) Akce realizované v rámci "Dokompletace EDU"

1. A7 - Úprava algoritmů HCČ
2. A8 - Zvýšení spolehlivosti měření hladiny v parogenerátorech
3. A12 - Likvidace vodíku v hermetické zóně
4. A21 - Výměna VT kompresorů
5. A23 - Zálohování 4. systému ZN 1. kategorie
6. A30 - Teledozimetrický systém
7. A32 - Záchytné nádrže na Skryjském potoce
8. B1 - Chlazení střešní OK strojoven
9. B5 - Vybavení centrálního olejového hospodářství SHZ
10. B7 - Zdokonalení systému EPS bloků EDU
11. B10 - Halonové SHZ elektrozařízení bloků EDU

#### B) Akce realizované v rámci stavby "Modernizace EDU"

1. ZL 1702 - Instalace EPS ČS Jihlava
2. ZL 2180 - Vyrozumění obyvatel při havárii
3. ZL 2374 - Vybudování meziskladu vyhořelého paliva
4. ZL 3103 - Inovace rozvaděčů 0,4 kV
5. ZL 3582 - Ovládání armatur TH 10
6. ZL 3664 - Zajištění rezervního odbočkového transformátoru 32/16/16 MVA
7. ZL 3701 - Měření tlaku v boxu PG
8. ZL 3704 - Rekonstrukce ochrany od signálu "Roztržení HPK"
9. ZL 3818 - Teledozimetrický systém v okolí Edu - přenos dat RA kontroly
10. ZL 3863 - Nástřiky kritických a důležitých kabelových prostorů protipožární hmotou
11. ZL 4290 - Úprava klíčů PV KO
12. P590 - Optimalizace systému AKOBOJE
13. P591 - Záměna freonu na SZCH
14. P598 - Modernizace CHÚV
15. P602 - Trenažér BD
16. P606 - Střešní vestavby bytů zaměstnanců EDU
17. S150 - Rekonstrukce kondenzátorů
18. S357 - Likvidace pohavarijního vodíku
19. S439 - Náhradní trasa napájecí vody pro systémy proplachu čidel SKŘ
20. S568 - Ochrana jám TQ
21. S675 - Náhrada chladičů vody a oleje HR na DGS I
22. S765 - Úprava technologických kondenzátorů
23. S776 - Rekonstrukce el. zařízení DG
24. S952 - Vybudování mezistropu v místnosti PPR a SD
25. T130 - Vybudování nové telefonní ústředny
26. T248 - Rekonstrukce uzlu PV KO (Odlehčovací ventil)
27. T263 - Náhrada HNC
28. T317 - Výměna chladičů oleje a vody na DGS II
29. T370 - Náhrada TG čerpadel za bezucpávkové
30. T547 - Výměna akubaterií u 4. Systému ZN
31. T556 - Úprava signalizace od DG na BD

- 32. T703 - Přemístění sekčního kolektoru SHNČ
- 33. T764 - Vybudování kontinuálního měření SO
- 34. T802 - Rekonstrukce servisních přívodů vybraných spotřebičů úsekových rozvaděčů
- 35. T982 - Protipožární přepážky
- 36. T983 - Protipožární přepážky
- 37. T984 - Protipožární přepážky

## **2. Jaderná elektrárna Temelín**

## 2.1 Schema bloku jaderné elektrárny s vyznačením hlavních komponent

Schema jaderné elektrárny Temelín je na obrázku 2-1. Jsou v něm vyznačeny následující hlavní komponenty:

1. Reaktor
2. Potrubí primárního okruhu
3. Hlavní cirkulační čerpadlo
4. Kompenzátor objemu
5. Parogenerátor
6. Polární jeřáb
7. Bazén vyhořelého paliva
8. Zavážecí stroj
9. Hydroakumulátory
10. Ochranná obálka
11. Ventilační komín
12. Systém havarijního chlazení aktivní zóny
13. Dieselgenerátorová stanice
14. Strojovna
15. Napájecí nádrž
16. Hlavní parní potrubí
17. Vysokotlaký díl turbíny
18. Nízkotlaký díl turbíny
19. Generátor
20. Budič
21. Separátor
22. Kondenzátor
23. Tepelný výměník
24. Vstup a výstup chladicí vody
25. Čerpací stanice
26. Čerpadlo chladicí vody
27. Chladicí věž
28. Vývod výkonu z generátoru
29. Transformátor
30. Vyvedení výkonu
31. Zásobníky destilátu

## 2.2 Technická data elektrárny

Počet bloků	2	Průměr tělesa parogenerátoru	4,2 m
Typ reaktoru	Tlakovodní energetický reaktor VVER 1000	Délka tělesa parogenerátoru	14,5 m

### Výkon jednoho bloku

Nominální tepelný výkon	3000 MWt
Výkon na svorkách alternátoru	981 MWe
Výkon dodávaný do elektrické sítě	912 MWe
Vlastní spotřeba	69 MWe

### Technické parametry reaktoru

Výška tlakové nádoby	10,9 m
Vnitřní průměr tlakové nádoby	4,5 m
Síla stěny válcové části nádoby	193 mm
Tloušťka nerezové výstelky	7 – 18 mm
Hmotnost reaktoru bez chladiva	cca 800 t
Hmotnost tlakové nádoby	322 t

### Aktivní zóna reaktoru

Počet palivových kazet	163
Počet palivových proutků v kazetě	312
Počet regulačních svazkových tyčí	61
Výška aktivní zóny	3,6 m
Průměr aktivní zóny	3,1 m
Obohacení paliva	max. 5 % U 235
Vsázka paliva (UO <sub>2</sub> )	92 t
Cyklus výměny paliva	čtyřletý

### Systém chlazení reaktoru

Počet chladicích smyček	4
Vnitřní průměr hlavního cirkulačního potrubí	850 mm
Objem chladiva v primárním okruhu	337 m <sup>3</sup>
Pracovní tlak	15,7 MPa
Teplota chladiva na vstupu	cca 290 <sup>o</sup> C
Teplota chladiva na výstupu	cca 320 <sup>o</sup> C
Průtok chladiva reaktorem	84 800 m <sup>3</sup> /hod

### Parogenerátor

Počet na blok	4
Množství páry vyrobené v jednom parogenerátoru	1470 t/hod
Tlak páry na výstupu	6,3 MPa
Teplota páry na výstupu	278,5 <sup>o</sup> C
Hmotnost parogenerátoru	cca 416 t

### Hlavní cirkulační čerpadlo

Počet na blok	4
Příkon jednoho čerpadla	5,1 – 6,8 MW
Provozní výkon	cca 21 200 m <sup>3</sup> /hod
Jmenovité otáčky	1000 ot/min
Hmotnost čerpadla	cca 156 t

### Ochranná obálka (kontejment)

Výška válcové části	38 m
Vnitřní průměr válcové části	45 m
Tloušťka stěny	1,2 m
Tloušťka nerezové výstelky	8 mm

### Turbína

Počet VT dílů	1
Počet NT dílů	3
Jmenovité otáčky	3000 ot/min
Hmotnost VT dílu	206 t
Hmotnost NT dílu	480 t

### Alternátor

Jmenovitý zdánlivý výkon	1111 MVA
Účinník	0,9
Napětí na svorkách	24 kV
Jmenovitá frekvence	50 Hz
Chlazení	vodík - voda
Hmotnost	564 t

### Kondenzátor

Počet na jednu turbínu	3
Počet trubek v jednom kondenzátoru	cca 32 000
Délka trubky	12 m
Materiál	titan

### Chladicí věže

Počet na blok	2
Výška	154,8 m
Průměr v koruně věže	82,6 m
Patní průměr	130,7 m
Tloušťka pláště	0,9 – 0,18 m
Počet šikmých stojek	112
Průtok vody jednou věží	cca 17,2 m <sup>3</sup> /s
Odpar z jedné věže	max. 0,4 m <sup>3</sup> /s

### 2.3. Realizované změny v projektu

Číslo položky	Položka	Důvod	Poznámka
1	Záměna systému kontroly a řízení (SKŘ)	1,3	SKŘ 1.a 2. bloku. Záměna se netýká SKŘ společných a pomocných systémů.
2	Jaderné palivo, absorpční tyče (životnost)	1,3	Nové jaderné palivo přináší výrazné zvýšení jaderné bezpečnosti, snížení množství radioaktivních odpadů a snížení provozních nákladů.
3	Radiační monitorovací systém (RMS)	3,2	Systém navržený v původním projektu nesplňoval technické ani legislativní požadavky.
4	TMDS	4,1	Diagnostický systém primárního okruhu byl "bílým místem" v úvodním projektu (uveden v knize A1X).
5	Sipping	2,3	Původní ruský systém (KGO) nesplňoval požadavky nové legislativy a západních standardů.
6	Bitumenační linka	1	Požadavek na snížení radioaktivních odpadů (RAO) definoval PRE-OSART.
7	Zavážecí stroj - řídicí systém (SKŘ)	3	Změna původního systému fy. GANZ systémem fy. ANSALDO
8	Kompaktní skladování vyhořelého jaderného paliva	4	Kompaktní mříž umožňuje podstatné zvýšení skladovací kapacity v bazénu vyhořelého paliva
9	Simulátor	1,2	Zabezpečení výcviku operativního personálu
10	Technické podpůrné středisko	1	Plnění doporučení přijatých po havárii elektrárny TMI
11	Střídače, usměrňovače (AEG)	3	Záměna původní ruské instrumentace ABP (ANN) pro napájení bezpečnostních systémů, 4., 5. systému a systémů ochran byla vyvolána požadavkem na zvýšení JB
12	Průchodky (Škoda+ISTC Company)	3	Zajištění bezpečných hermetických průchodek.
13	Náhrada jističů J2UX	3	Přetrvávající negativní provozní zkušenosti z EBO, EDU (požáry apod.)
14	Průchodky blok. trafa (Passoni Villa bushings)	3	Záměna původních ruských průchodek vvn byla vyvolána negativními provozními zkušenostmi z čs. energetiky
15	Doplnění rezervního zdroje napájení pro 2.HVB	1	Důsledné dodržení zásad blokového napájení vlastní spotřeby
16	Společná rezervní DGS (diesel generátorová stanice)	1,4	Systémy "související s jadernou bezpečností" doplněny havarijním zdrojem z důvodů zajištění tohoto druhu napájení pro významná a drahá zařízení bloku.
17	Zvýšení kapacity akumulátorových baterií	1	Změna AKU byla vyvolána negativními provozními zkušenostmi; zvýšení kapacity umožňuje překlenout poruchové stavy v režimu úplné ztráty napájení
18	Nasazení "rezervních ochran" a zajištění plné selektivity v radiálních sítích 6 kV/nn	4	Celoselektivní schéma zajišťuje eliminaci následků poruch v elektročásti bloků (zkraty, zemní spojení, ...).
19	Systém kompenzátoru objemu - plynulá regulace elektrických ohříváků (EOKO)	1	Nižší čerpání životnosti strojních komponent primárního okruhu.
19	Rekombinátory vodíku v kontejnmentu	1	Eliminace pohavarijního vodíku v kontejnmentu.
21	Pohavarijní monitorovací systém vodíku	1	Kontrola vývinu pohavarijního vodíku v kontejnmentu.
22	Záměna armatur	3	Náhrada poruchových armatur.
23	Rekonstrukce stabilního hasicího zařízení (SHZ) venkovních výkonových traf	1	Doplnění stávajícího ručního spouštění SHZ o automatickou aktivaci + úprava košů sprchového zařízení a zvýšení počtu trysek, instalace mezistěn
24	Sekundární regulace napětí (SRKOČ)	4	Technické požadavky ČEZ, a.s. definované v souvislosti s přípravou na provoz s UCPTE

Číslo položky	Položka	Důvod	Poznámka
25	Terminál elny (TELETE)	4	Technické požadavky ČEZ, a.s. definované v souvislosti s přípravou na provoz s UCPTE
26	Úpravy systému technické vody důležité (TVD) a technické vody nedůležité (TVN)	4	Po provedení hydraulických výpočtů bylo nutné realizovat úpravy pro zajištění funkčnosti systémů
27	Záměna čerpadel	3	Zrušení výrobců, nevhodné charakteristiky, ...
28	Úpravy jímky kontejnmentu	1	Úpravy síťových konstrukcí v souladu s provedenými zkouškami v Rusku
29	Sání z kontejnmentu (jednoduchá porucha)	1	Opláštění 1. uzavírací armatury a přilehlého potrubí pod kontejnmentem
30	Titanové trubky v kondenzátorech	4	Zvýšení životnosti, přechod na výhodnější chemický režim zvýšením pH
31	Pohony regulačních tyčí (LKP)	3	Zvýšení životnosti a spolehlivosti použitím inovovaných pohonů Škoda
32	Chemická kontrola	4	Vyšší kvalita chemické kontroly dává předpoklad dosažení vyšší životnosti důležitých komponent, zejména parogenerátorů.
33	Bezpečnostní analýzy	1,2	Zpracování analýz v souvislosti se změnou paliva a ASŘTP.
34	ATWS	1	Provedení analýz v souladu s nejnovějšími poznatky v jaderné energetice.
35	PSA - úroveň 1 a 2 (Pravděpodobnostní bezpečnostní analýzy)	1	1. úroveň - řeší pravděpodobnost poškození aktivní zóny 2. úroveň - řeší pravděpodobnost úniku vlivem poškození kontejnmentu
36	Nadprojektové analýzy	1	Rozbor vybraných nadprojektových havárií.
37	IV###V (nezávislá verifikace a validace SW)	2	Nezávislé ověření správnosti SW havarijních ochran reaktoru a bezpečnostních systémů
38	LBB	1	Ověření míry zajištění integrity potrubních systémů primární části (prevence před LOCA)
39	EOP	4,1	Havarijní nouzové postupy (symptomaticky orientované havarijní předpisy)-prevence havárií
40	SAMG	1,4	Návody na likvidaci havarijních stavů (logická návaznost na EOP)-zmírnění následků havárií
41	Požární bezpečnost, kabely, EPS	2,4	Nasazení nehořlavé a oheň nešířící kabeláže a elektrické požární signalizace (EPS) od firmy CERBERUS.
42	Seismicita -analýzy	1	Zpracování nového seismického zadání (0.1 g) a spekter odezvy pro jednotlivá podlaží seismických objektů - seismická requalifikace
43	Průkazná dokumentace	2	Zajištění zpracování dokumentace průkazů pro Vybraná zařízení (pevnost, životnost, seismicita, ...)
44	ISE (informační systém elektrárny)	4,1	Nasazení počítačového informačního systému
45	Úpravy vnitřních vestaveb parogenerátorů (PG)	4	Úpravy v uzlu napájení a separace PG (zvýšení životnosti, ...)
46	Doplnění nového měření hladiny v PG	2	Zajištění oddělení bezpečnostních divizí
47	Řídicí systém polárního mostového jeřábu	3	Nahrazení původního řídicího systému ROBOTRON (NDR), který nezajišťoval plnění požadovaných funkcí.
48	Filtrační stanice pro nouzovou dozornou (ND)	1	Doplnění filtrů ve vzduchotechnických systémech zajišťuje obyvatelnost ND i v havarijních podmínkách
49	Úpravy vzduchotechnických systémů blokové dozornou (BD)	1	Zajištění požadovaných podmínek obyvatelnosti BD pro personál (hlučnost, teplota ...)



Číslo položky	Položka	Důvod	Poznámka
50	Tlumiče GERB	2	Plnění seismických požadavků
51	Doplnění systému drenčarového hašení pro hlavní cirkulační čerpadla	2	Plnění požadavků dozorného orgánu
52	Doplnění systémů zpracování (likvidace) pohavarijních kapalných RAO	1	Snížení objemu radioaktivních odpadů (RAO).
53	Doplnění systému sběru bórových vod a systému separace po výměně aktivních vod	1	Snížení objemu radioaktivních odpadů (RAO).
54	Záměna azbestového těsnění	4,2	Náhrada teflonem zajišťuje vyšší životnost technologického zařízení
55	Nové výměníky aktivních havarijních systémů	3	Nízká kvalita původně navržených výměníků
56	Doplnění odlehčovacího ventilu kompenzátoru objemu	1	Předcházení zapůsobení hlavních pojišťovacích ventilů kompenzátoru objemu
57	Záměna rychločinných armatur na parovodech parogenerátorů	3	Ochrana důležitých a drahých komponent
58	Modernizace hlavních cirkulačních čerpadel	4,1	Zajištění požadovaného průtoku aktivní zónou, upevnění oběžného kola, vyvážení rotoru, ...
59	Organizované ukládání vysokoaktivních RAO	2	Změna původní koncepce ukládání radioaktivních odpadů (RAO)
60	Náhrada freonu	2	Rekonstrukce stanice zdroje chladu použitím absorpčních jednotek

Legenda :

- 1 -doporučení misí, auditu, ... (MAAE, NUS Halliburton, TUV, apod.)
- 2 -požadavek státního odborného dozoru nebo nové legislativní ustanovení
- 3 -náhrada komponenty (systému) z důvodu nevyhovující kvality, ukončení výroby, atd.
- 4 -rozhodnutí ČEZ