

Ing. Václav V a l á š e k, VÚHU, a. s.

Úvodní slovo k problematice "Paroplynové cykly výroby el. energie na bázi uhlí"

Po dostavbě dvou 1 000 MW bloků jaderné elektrárny Temelín, uvedení do provozu plánovaných přečerpávacích elektráren a po útlumu cca 2 000 MW instalovaného výkonu v klasických elektrárnách, pracujících na bázi uhlí, bude ČEZ, a. s. Praha disponovat celkovým instalovaným výkonem cca 12 500 MWe. Z tohoto objemu bude však stále na bázi uhlí pracovat celkový instalovaný výkon min. 6 800 MWe. Program snižování emisí škodlivin ČEZ počítá do roku 1998 na všech českých velkoelektrárnách s realizací odsiřovacího zařízení nebo s přechodem na fluidní spalování. Životnost odsiřovacího zařízení se obecně odhaduje na 12 až 15 let. Nelze předpokládat, že s jeho fyzickým a morálním opotřebením zanikne i výroba elektrické energie na bázi uhlí. V posledním desetiletí se ve všech průmyslově vyspělých zemích orientuje proces výroby elektrické energie + uhlí na ekologicky čistější způsoby, s vyšší účinností. Patří k nim především kombinovaný způsob výroby elektrické energie v paroplynových cyklech s tlakovým fluidním zplyňováním uhlí. Např. spolková země SRN Severní Porýní - Vestfálsko počítá na začátku 21. století s kompletním přechodem na elektrárny s paroplynovým cyklem přesto, že všechny klasické uhelné velkoelektrárny na jejím území jsou dnes odsiřeny.

Prvním krokem k realizaci tohoto záměru v České republice je výstavba demonstrační jednotky tlakového fluidního zplyňování v TP Vřesová. Na její realizaci se podílejí ZVU Hradec Králové, Výzkumný ústav potravinářské a chemické technologie z Hradce Králové, všechny lomové důlní státní podniky z oblasti severočeského hnědouhelného revíru a ministerstvo hospodářství ČR. Účast státu je zatím minimální, ČEZ se na této akci nepodílejí vůbec. Finanční krytí realizace DJ TFZ v TP Vřesová je zatím nedostatečné. Konečným cílem těchto prací je vývoj a realizace české paroplynové jednotky s instalovaným výkonem 250 MWe. Její realizace by představovala pouze třetinové investiční náklady v porovnání s dovozem obdobného zařízení.

Protože všeobecná informovanost široké i odborné veřejnosti o tomto způsobu výroby elektrické energie je nedostatečná, uspořádaly ZVU a VÚPCHT Hradec Králové ve spolupráci s VÚHU Most dne 24. února 1993 v Mostě seminář "Paroplynové cykly výroby elektrické energie na bázi uhlí".

Seminář byl určen mimo jiné i pracovníkům orgánů státní správy v pánevních okresech Podkrušnohoří. Základní přednášky ze semináře jsou uveřejněny v tomto čísle Zpravodaje SHD.

*Ing. Bohuslav M e l i c h a r, ZVU Hradec Králové
Ing. Pavel S c h u s t r, CSC., VÚPCHT Hradec Králové*

Paroplynové elektrárny na bázi uhlí

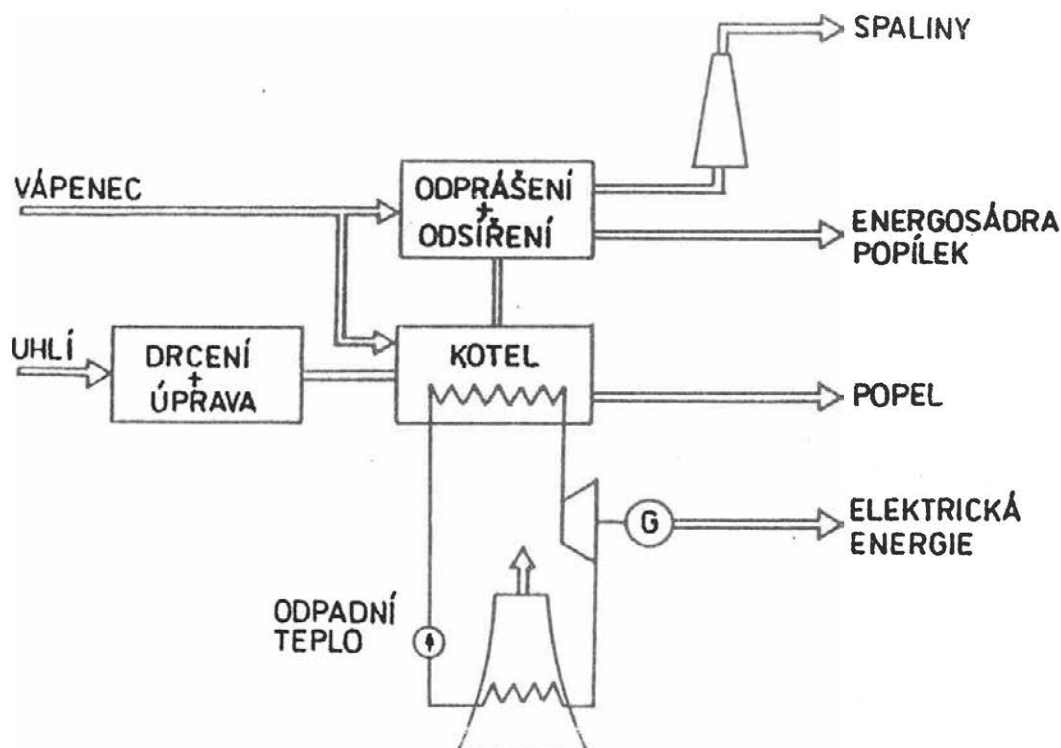
Světové zásoby fosilních paliv jsou tvořeny ze 75 % uhlím, 11 % zemním

plynem a 14 % ropou. Při zachování velikosti těžby vystačí známé zásoby uhlí na 280 let, zemního plynu na 58 let a ropy na 44 let. Je proto nutné odpovědět na otázku, zda je možná

EKOLOGICKY PŘIJATELNÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE Z UHLÍ.

Současná technika přelomu tisíciletí toto umožňuje, protože vyřešila problémy podstatného zvýšení účinnosti elektráren, odsíření a odprášení spalin.

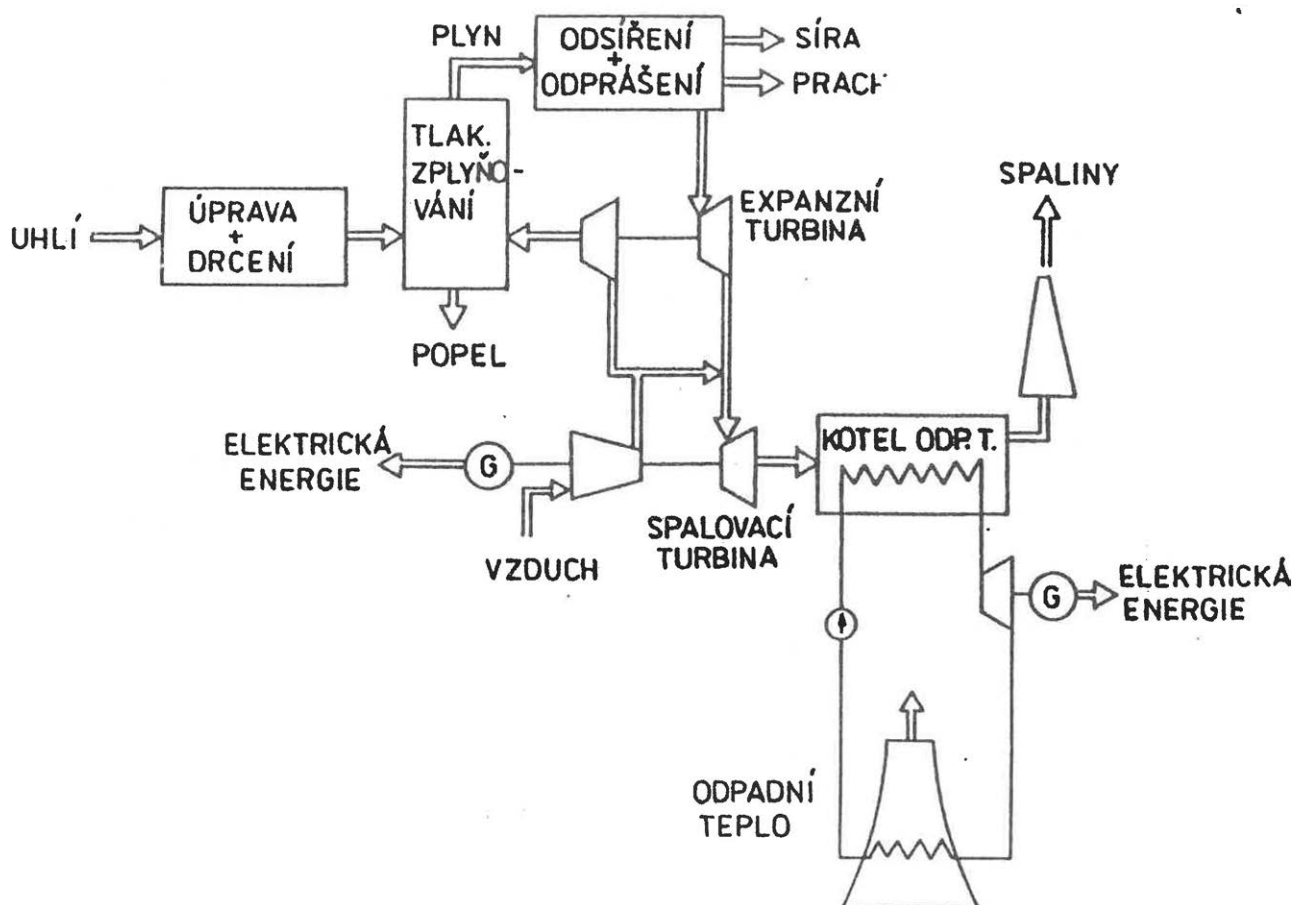
Klasické tepelné elektrárny, které dosahují typické účinnosti při spalování hnědého uhlí 32 % (černé uhlí 40 %) pracují podle schéma na obr. 1.



obr. 1: Schema klasické tepelné elektrárny

Zavedení tlakového fluidního spalování umožnilo do schématu klasické elektrárny vložit expanzní turbínu se vstupní teplotou spalin až 850 °C a tím zvýšit účinnost výroby elektrické energie o 5 až 10 %. Odsíření se provádí přidáváním vápence přímo do fluidního lože a tlakové spaliny se odprašují.

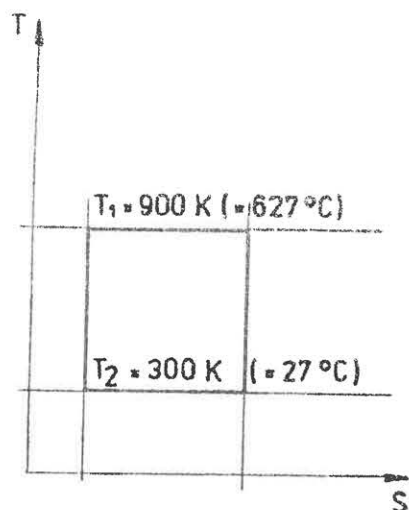
Nejvyšších parametrů dosahují elektrárny s integrováním paroplynovým cyklem (IPPC), které pracují dle schéma na obr. 2.



obr. 2: Schema elektrárny s integrovaným paroplynovým cyklem

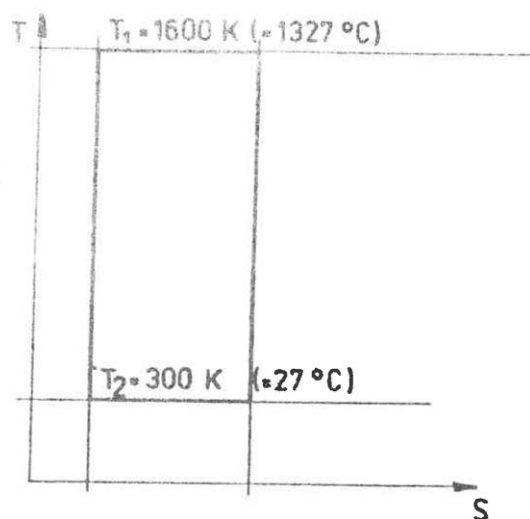
Nejdůležitější změnu do cyklu přináší spalovací turbína, která umožňuje zvýšit teploty v cyklu až na $1\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$ oproti $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ běžným v klasických elektrárnách. Zde se musíme trochu vrátit k teoretickým základům výroby energie v tepelných cyklech, tak jak je definoval začátkem minulého století francouzský fyzik Carnot. Účinnost výroby (přeměny) energie závisí pouze na absolutních teplotách přívodu a odvodu energie, jak je naznačeno v obr. 3. Ze vztahu pro výpočet teoretické, maximálně dosažitelné účinnosti vidíme, že pro nejvyšší teplotu prac. látky $627\text{ }^{\circ}\text{C}$, dosažitelnou v parním cyklu (teplota je omezena fyzikálními vlastnostmi materiálů, např. kotlů), se jedná o 66 %. Při zvýšení této teploty na $1\,327\text{ }^{\circ}\text{C}$ teoret. účinnost stoupne na 81 %. Toto je umožněno u IPPC tak, že plyn vyrobený sice při nižší teplotě vstupuje po spálení s teplotou cca $1\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$ do prvních řad speciálně chráněných a chlazených lopatek spalovací turbíny, ve kterých jeho teplota i tlak postupně klesá.

Cyklus tedy využívá maximální teploty pouze v omezené zóně, což je v praxi provozně ověřené. Vyšší účinnost IPPC tedy vyplývá přímo ze zákonů termodynamiky.

KLASICKÁ
ELEKTRÁRNA

$$\eta_{id} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 = 66 \%$$

IPPC



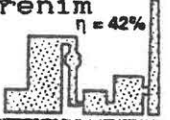
$$\eta_{id} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 = 81 \%$$

obr. 3: Ideální Carnotův cyklus; T_1 - teplotní úroveň přívodu tepla, t.j. teplota páry nebo spalín; T_2 - teplotní úroveň odvodu tepla t₁ kondenzace.

Funkce elektrárny s IPPC cyklem je zřejmá z obr. 2. Rozdrcené a vysušené uhlí je dopraveno do generátoru, kde je za tlaku 2,7 MPa (27 at) a teploty 900 °C zplyněno. Veškerá síra se přemění v sirovodík, který je z tlakového plynu odstraněn v odsiřovacím bloku a přeměněn na síru. Současně je plyn odprášen. Ve spalovací turbíně, kde plyn hoří při 1 300 °C, se vyrobí cca 60 % elektřiny. Čisté, odprášené spaliny s teplotou 550 °C, vyrábí páru v klasické parní elektrárně, kde se vyrobí zbývajících 40 % elektrické energie.

K ekologičnosti IPPC cyklu přispívá řada věcí. Tím, že se uhlí zplyňuje za tlaku 2,7 MPa, je objem plynu a tím i objem odsiřovacího zařízení podstatně menší než u dodatečného odsiřování spalín. Známými a spolehlivými metodami se místo odpadu získá využitelná chemická surovina - síra nebo kyselina sírová. IPPC elektrárna dosáhne při zpracování hnědého uhlí účinnosti 42,3 %, u černého uhlí 46 %. Toto 10 % zvýšení účinnosti však sníží spotřebu uhlí a tím i produkci CO₂ o plných 25 %.

Porovnání spotřeb surovin, emisí i množství odpadních látek u různých typů elektráren je znázorněno na obr. 4.

Uhlí	Vápenec	Typ elektrárny	CO ₂	SO ₂	NO ₂	Popel	Energosádra	Odpadní teplo
g/kWh	g/kWh		g/kWh	mg/kWh	mg/kWh	g/kWh	g/kWh	MJ/kWh
HNĚDÉ 1 1000	112*	200 MW blok a) s odsířením $\eta = 32\%$	1160	1800	790	208	130	5,6
ČERNÉ 2 340	13**	600 MW blok b) s odsířením $\eta = 42\%$ 	830	600	600	34	20	4,3
ČERNÉ 2 335	25	600 MW blok b) PPC s tlak. fluid spalováním $\eta = 43\%$ 	810	585	585	celkem 62		3,6
ČERNÉ 2 310	-	600 MW blok b) integrov. paro- plynového cyklu $\eta = 46\%$ 	760	150	300	31	4(síra)	3,2
HNĚDÉ 1 756		250 MW blok c) integrov. paro- plynového cyklu s tlakovým fluid zplynováním $\eta = 42,3\%$	877	360 (150)	110	157	-	4,23

* mol poměr Ca/S = 1,8 ** mol poměr Ca/S = 2

obr. 4: Porovnání měrných spotřeb surovin, množství odpadních látek a emisí různých elektráren pro uhlí 1 - hnědé $Q_1^d = 11,3$ MJ/kg; $A^d = 31,5\%$; $S = 2,8\%$

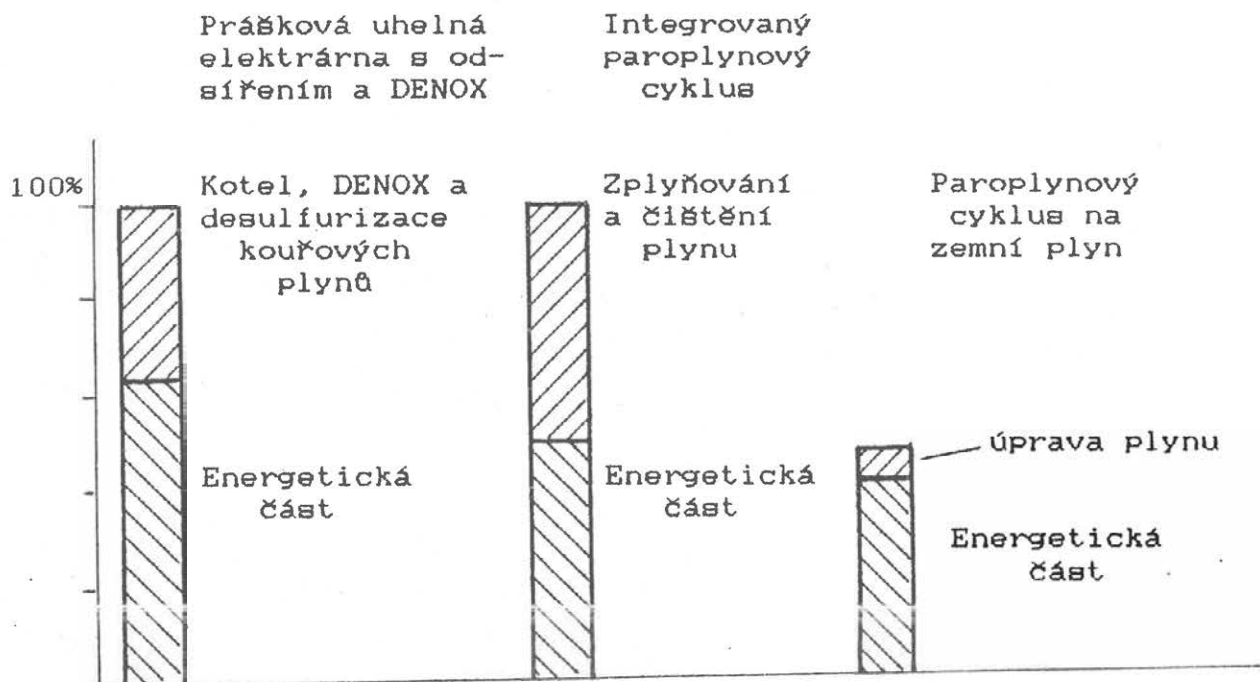
2 - černé $Q_1^d = 25,2$ MJ/kg; $A^d = 12\%$; $S = 1\%$

(Zdroj: a) VÚPEK; b) SIEMENS; c) VÚPCHT)

Elektrárna s IPPC je z pohledu měrné spotřeby emisí nejlepším řešením ekologicky přijatelné výroby elektrické energie z uhlí. Feasibility study, zpracovaná v roce 1991, prokázala i to, že při zabezpečení výroby většiny komponentů v České republice je IPPC elektrárna investičně srovnatelná s klasickou elektrárnou s odsířením, jak je zřejmé z následujících měrných investičních nákladů (ceny 1991) při výstavbě:

- IPPC 250 MW (na místě klas. elektr. bloku)	14 420 Kčs/kW
- celková rekonstrukce bloku 110 MW a dodatečné odsíření (mokrý vápencová metoda)	12 800 Kčs/kW
- jaderný blok 1 000 MW (výstavba)	43 700 Kčs/kW

Prakticky shodné závěry publikovala v roce 1991 firma Siemens:



Obr. 5 Investiční náklady tří koncepcí elektráren

Při využívání našich energetických zdrojů nejde teď o nic většího či menšího než o strategii a politiku rozvoje energetiky. Jde tedy o to, zda k elektrárnám, které koncepčně spíše odpovídají padesátým a šedesátým létům, budeme i v budoucnosti nákladně přistavovat odsiřovací jednotky, či zda v souladu se světovými koncepcemi rozvoje vytvoříme pro region severních Čech perspektivu ekologické koexistence využití uhlí a čistého a zdravého života.

Poznatky a zkušenosti energetiků ze ŠKODY Plzeň a strojařů ze ZVU Hradec Králové jsou na takové úrovni, že s minimální investicí do vývoje dávají záruky zahájení výstavby moderních IPPC bloků již od roku 1997, a to za ceny, které jsou 2,7krát nižší než dovoz obdobné technologie ze zahraničí a to i při nákupu spalovacích turbin v zahraničí. Pro pokračování v nastoupené cestě přípravy výroby, kde bylo do vývoje technologií pro IPPC již vynaloženo více než 60 mil. Kčs, je nutné potvrdit, že koncepce rozvoje české energetiky na přelomu tisíciletí počítá s IPPC a má tedy smysl probíhající vývoj podpořit a dokončit.

Je tedy v silách techniků a závodů České republiky zabezpečit ekologicky přijatelnou výrobu elektrické energie z domácí uhelné suroviny a dostát tak závazkům nás všech vůči budoucím generacím.

Ing. Vladimír D i t t r i ch, VÚPCHT Hradec Králové

Vývoj paroplynových elektráren

1. Úvod

V posledních letech se vývoj procesů výroby elektrické energie z uhlí jednoznačně orientuje na ekologicky čisté způsoby s vyšší účinností přeměny prvotní uhelné energie. Hlavním faktorem ovlivňujícím celkovou účinnost procesu je způsob převodu energie vázané ve fosilním palivu na energii, kterou jsou současné energetické stroje schopny zpracovat. Rozvíjejí se tzv. procesy 2. generace, které jsou reprezentovány především tlakovým zplyňováním uhlí a tlakovým spalováním uhlí. Tyto procesy vzhledem ke svým provozním parametrům (vysoký tlak, vysoká teplota, použití jemnozrnného uhlí) poskytují řadu výhod, jako je vyšší měrný výkon reaktoru, výroba tlakového plynu nebo spalín, nepřítomnost pyrolýzních a karbonizačních produktů z uhlí a vysoký stupeň konverze uhelné suroviny.

Začleněním těchto procesů do výroby elektrické energie vznikne integrované paroplynové zařízení. Jeho princip spočívá v tom, že uhlí se za tlaku zplyní nebo spálí, vzniklý plyn se odsíří, expanduje na plynové turbíně spřažené s generátorem a zjevného tepla se využije k výrobě přehřáté páry, která pohání spalovací turbínu.

Porovnání některých ukazatelů provozu klasické elektrárny a současné technicky reálné paroplynové elektrárny na bázi zplyňování uhlí udává následující tabulka:

%	klasická elektrárna	paroplynová elektrárna
Účinnost	33	44
SO ₂	100	3 - 10
NO _x	100	15 - 20
CO ₂	100	70 - 75
Prach	100	4 - 10
Spotřeba uhlí	100	75

V případě paroplynové elektrárny na bázi spalování uhlí je celková účinnost výroby elektrické energie nižší a i hodnoty ekologických ukazatelů jsou poněkud horší.

2. Vývoj paroplynových elektráren ve světě

2.1 Tlakové spalování uhlí

Procesům tlakového spalování uhlí jednoznačně dominuje firma ABB se svým tlakovým spalováním ve fluidním loži. Ve švédském Värtan nedaleko Stockholmu firma ABB v létě 1991 uvedla do provozu elektrárnu o celkovém výkonu 355 MW (135 MW_e a 220 MW_t) zpracovávající černé polské uhlí ($A^r = 13,2 \% \text{ hm.}$, $S^r = 1 \% \text{ hm.}$, $Q_i = 24 \text{ MJ/kg}$). Uhlí je do spalovacího reaktoru dopravováno ve formě pasty z mletého uhlí a vody (20 % hm.) spolu s CaO (v poměru 17 : 1) speciálními pístovými čerpadly. Uhlí je skladováno v podzemních zásobnících o kapacitě 110 000 t (asi 50 % roční spotřeby).

Během provozu byl obsah znečišťujících látek ve spalinách následující: SO₂ - 170 mg/Nm³, NO₂ - 140 mg/Nm³ a prach 14 mg/Nm³. Dále firma ABB vybudovala spolu se španělskou pobočkou firmy Babcock a Wilcox paroplynovou elektrárnu Escatron poblíž španělské Zaragozy o celkovém výkonu 310 MW (86 MW_e a 224 MW_t) spalující nekvalitní sirnaté uhlí ($A^r = 40 \% \text{ hm.}$, S^r až 10 % hm.). Dle posledních informací je tato elektrárna nyní mimo provoz. Do USA dodávaly firmy ABB a Babcock tlakové fluidní spalování na elektrárnu Tidd, která zpracovává pastu z černého uhlí. Kromě toho firma ABB zpracovává projekty na paroplynovou elektrárnu Waksamatsu v Japonsku a studii pro U. S. Clean Coal Technology Program na elektrárnu s tlakovým fluidním spalováním 360 MW.

2.2 Tlakové zplyňování uhlí

Mezi zplyňovací procesy 2. generace patří především zplyňování ve fluidní vrstvě a zplyňování hořákové.

Z řady technologií zplyňování ve fluidní vrstvě jsou nejvíce vyvinuty technologie HTW, KRW a U-Gas. Všechny tyto technologie jsou poloprovozně ověřeny a byly vyvíjeny i na zplyňování vzduchem, což je předurčuje k použití v paroplynových elektrárnách.

Mezi hořákovými technologiemi dominuje s cca 90 referencemi po celém světě firma Texaco, zplyňující vodouhelnou suspenzi většinou vysoce kvalitních černých uhlí. Z evropských firem jsou nejdále firma Shell a firma Krupp Koppers se svým hořákovým zplyňováním PRENFLO. Všechny tyto firmy projektují nebo plánují výstavby paroplynových elektráren.

Historie výroby elektrické energie z uhlí v paroplynových elektrárnách

začala počátkem 70-tých let výstavbou pilotního zařízení 170 MW v Luenenu (SRN), kde bylo v provozu 5 generátorů typu Lurgi (sesuvné lože - proces 1. generace). Dále byla v letech 1984 - 1989 v Cool Water (USA) provozována demonstrační elektrárna s výkonem 100 MW se zplyňováním Texaco. V roce 1988 byla v Plaquemine (USA) firmou Dow Chemical zprovozněna 160 MW jednotka zplyňující vodouhelnou suspenzi ve vlastním procesu blízkém zplyňování Texaco. V Japonsku je od roku 1991 v provozu prototypová paroplynová jednotka s hořákovým zplyňováním uhlí postavená firmou IGC.

V současné době je nejdále firma Shell, jejíž paroplynová elektrárna Demkolec v Buggenum (Holandsko) je ve výstavbě a měla by být zprovozněna v letošním roce.

Firma Texaco připravuje v USA výstavbu celkem tří paroplynových elektráren (165 - 300 MW_e) s předpokládaným uvedením do provozu od roku 1996. V Evropě nabízí firma Krupp - Koppers dva projekty paroplynových elektráren 310 MW_e do Španělska (Puertollano) a 170 MW_e pro zásobování el. energií a teplem města Duisburg.

Z aplikací fluidních technologií v energetice je připravována výstavba paroplynové elektrárny KOBRA (Kombikraftwerk für Braunkohle) v Goldenbergu (SRN), kde je použito zplyňování HTW, vyvinuté firmou Rheinbraun. V USA se plánuje od roku 1996 provoz demonstrační elektrárny 89 MW_e s reaktorem KRW. Finská firma Tampella, která zakoupila licenci U-Gas, připravuje výstavbu testovací elektrárny na bázi zplyňování rašeliny a uhlí (provoz 1996).

Parametry projektů DEMKOLEC a KOBRA spolu s českým projektem integrovaného paroplynového cyklu jsou uvedeny v příložené tabulce "Porovnání evropských projektů IPPC".

3. Vývoj paroplynových elektráren v České republice

Začátkem 80-tých let bylo učiněno rozhodnutí o vývoji nového procesu konverze uhelné suroviny, který by navázal na více jak 40-ti letou úspěšnou tradici výroby tlakových generátorů v ZVU Hradec Králové. Byl zahájen vývoj zplyňovacího procesu 2. generace, který by splňoval přísné ekologické požadavky a současně vykazoval dostatečnou účinnost výroby plynu. Právě vzhledem k lepším ekologickým parametrům byl preferován zplyňovací proces před spalovacím.

Volba zplyňovací technologie, tj. rozhodnutí mezi fluidní technikou nebo hořákovým zplyňováním, byla provedena na základě vlastností našich energetických hnědých uhlí, kde převažují uhlí s vyšší popelnatostí a s vysokou tavitelností popela ($t_c > 1\,500\text{ }^{\circ}\text{C}$). U hořákových technologií s růstem podílu balastních látek v uhlí a s růstem teploty tavitelnosti popela se výrazně zvyšují tepelné ztráty, vzrůstá spotřeba kyslíku a klesá celková efektivnost výroby plynu. Technologie se zplyňováním ve fluidní vrstvě jsou vyvíjeny především na využití méně hodnotných uhlí, kde se vliv jakosti vstupní suroviny na kvalitu vyráběného plynu a efektivnost celého procesu projevuje méně výrazněji než u technologií hořákových.

P O R O V N Á N Í E V R O P S K Ý C H P R O J E K T Ů I P P C

Název projektu	DEMKOLEC	KoBra	Český IPPC 250 MW _e
Místo stavby	Buggenum - Netherland	Goldenberg - Verk Germany	Tušimice
Zahájení/dokonč. stavby	1989/1993	1992/1995 ⁺	po roce 1996/2000
Uvedení do provozu	1996		
Čistý výkon	253 MW _e	320 MW _e	268 MW _e
Čistá účinnost	43 %	45 + 46 %	42,3 %
Palivo	černé uhlí - Austrálie	Rheinische Braun- kohle	hnědé severočeské uhlí důl Nástup
	$Q_i^d = 25,4 \text{ MJ/kg}$	$A^d = 14,5 \text{ \%}; s < 2 \text{ \%}$	$A^d = 32,6 \text{ \%};$ $Q_i^r = 10,5 \text{ MJ/kg};$ $s_{daf} = 0,9 \text{ \% hm.}$
Zplyňovací proces	SHELL, hořákový výtvavný, 1 reaktor	HTV, nedopal odvážen 2 linie, do teplárny	Fluid. cirkulační 2 linie
tlak	2,8 MPa	2,5 MPa	2,7 MPa
zplyň.	kyslík	kyslík/vzduch	vzduch
palivo	83 t/h	150 t/h	216 t/h
Spec. výkon		22 t/m ² h	
Odsíření	nízkoteplotní Sulfinol ě	nízkoteplotní Purisol	vysokoteplotní HT (Sulfinol)
vyrobený plyn	11 MJ/kg		3,5 MJ/kg
plyn před turb.	4,3 MJ/kg (LHV)	4,4 MJ/kg	
Úprava plynu	sycení H ₂ O + přidávání N ₂	sycení H ₂ O pro sní- žení NO _x , přid. N ₂	
Spalovací turbína	SIEMENS V94.2	SIEMENS V94.3	2x SIEMENS V64.3
výkon	156 MW	200 MW	2 x 60 MW
vstup. teplota	1 120°C	1 120°C (1 300°C)	1 300°C
účinnost	23,4 %	34,6 %	33,3 %
kompres. poměr			15,8

⁺ není potvrzeno z dalších zdrojů

Název projektu	DEMKOLEC	KoBra	Český IPPC 250 MW _e
Parní turbína	128 MW	120 MW	156 MW
Flexibilita IPPC		26 + 110 % 8,5 %/min	25 + 105 %
Investor	SEP - DEMKOLEC	RWE ENERGY AG.	
Investiční nákl.	850 mil. Hfl (1989) (13,6 mld. Kčs)		3,65 mld. Kčs (1991)
měrné náklady	53 750 Kčs/kW		13 620 Kčs/kW

První teoretické práce v oblasti fluidního zplyňování uhlí byly v České republice zahájeny v ÚVP Běchovice v roce 1981. Vývoj pokračoval přes matematický model fluidního reaktoru a studené laboratorní modely k výstavbě zařízení MFR 300 v roce 1986. Na zařízení proběhly zkoušky s českým hnědým uhlím z lomu Jiří (A^d okolo 20 % hm.). Během několika sérií zkoušek bylo vzduchem zplyňováno okolo 80 kg/h uhlí s výrobou do 150 m³/h suchého plynu.

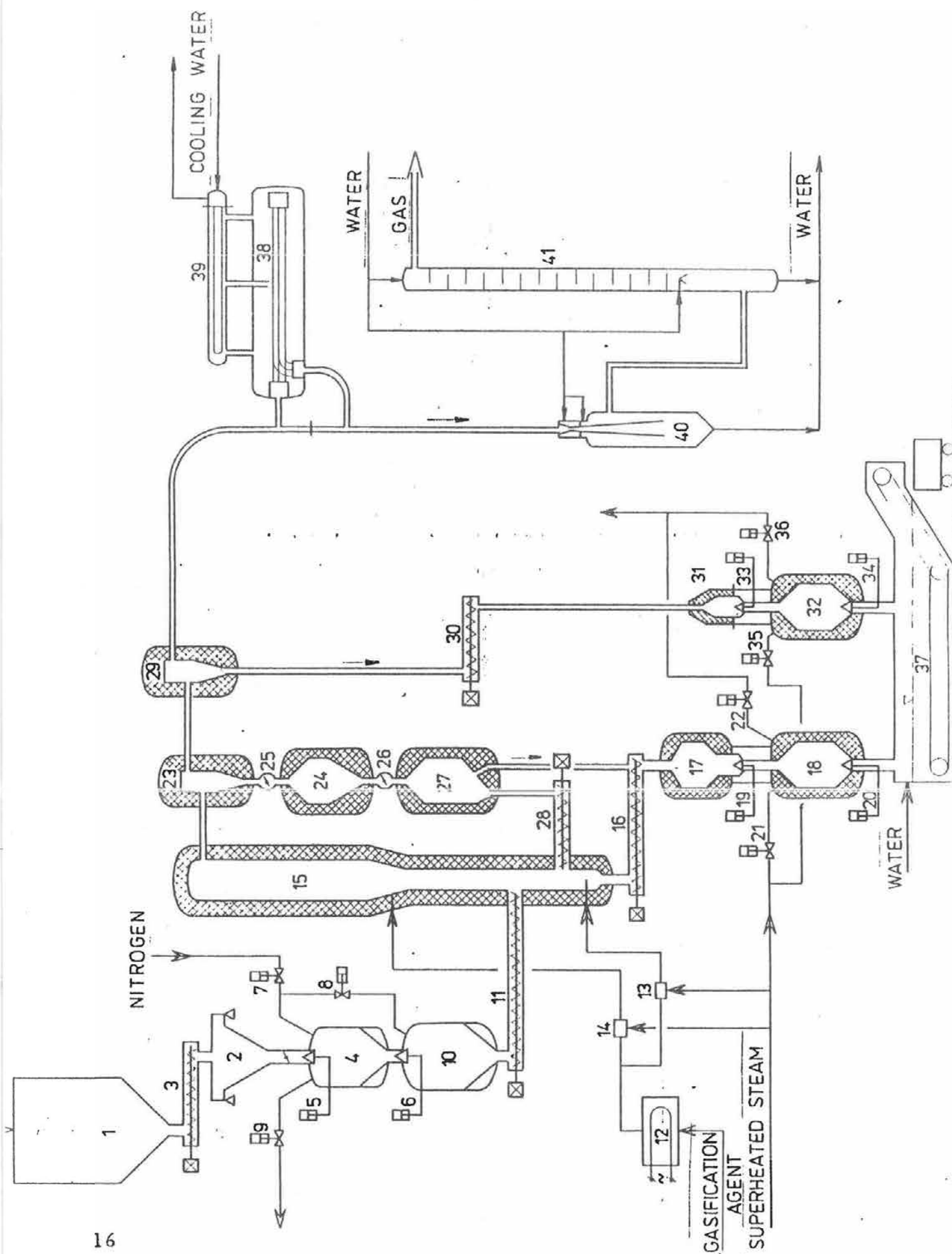
V roce 1984 byla podepsána smlouva o společném vývoji zařízení na tlakové fluidní zplyňování uhlí s Ústavem vysokých teplot akademie věd SSSR, na jejímž základě bylo v letech 1987 - 1988 vybudováno v Moskvě zařízení TFR 300. Toto zařízení umožňuje zplyňovat až 8,5 t/den uhlí ve fluidní vrstvě vzduchem nebo parokyslíkovou směsí při tlaku do 2,5 MPa.

Zařízení TFR 300, jehož schéma je na připojeném obrázku, se skládá z následujících částí:

- zplyňovací generátor, včetně systému přívodu upraveného uhlí a vypouštění popele a popílku
- systém přívodu zplyňovadla do generátoru a jeho přehřev
- systém přívodu páry, její směšování se zplyňovadlem a systém tlakování popelových výpustí
- zařízení pro využití tepla generátorového plynu
- zařízení pro chlazení generátorového plynu vodou
- systém vodního chlazení technologických aparátů
- soustava automatiky procesu zauhlování a odpopelování generátoru
- systém přívodu vzduchu M+R a dusíku
- soustava místního měření a zásobování el. energií
- soustava hašení požáru
- zastřešená ocelová konstrukce.

Základní provozní parametry TFR 300

Pracovní tlak	1,1 - 2,5 MPa
Reakční teplota v generátoru	750 - 1 000 °C
Spotřeba uhlí	290 - 350 kg/h
Zrnitost uhlí	0 - 5 mm
Zplyňovací médium	vzduch + pára nebo O ₂ + pára
Množství vyrobeného plynu	430 - 680 m ³ /h



V letech 1989 - 1992 byla provedena řada zkoušek zplyňování různých druhů uhlí vzduchem.

V první fázi bylo testováno ruské kamsko - ačinské uhlí ($A^d = 4 - 8 \% \text{ hm.}$). Zde bylo dosaženo konverze hořlaviny až 87,8 % a spalné teplo vyrobeného suchého plynu se pohybovalo okolo 4,6 MJ/m³.

Dále byl zplyňován ukrajinský promprodukt (odpad ze zpracování černého spékavého uhlí) s extrémním obsahem popela $A^d = 49,7 \% \text{ hm.}$ I zde byla prokázána funkčnost zařízení, i když spalné teplo vyrobeného plynu 2,7 MJ/m³ odpovídá jakosti vstupní suroviny a velikosti zařízení, kde vliv ztrát tepla do okolí se při této kvalitě vstupního uhlí projevil výrazněji.

V další sérii zkoušek bylo zplyňováno české vřesovské uhlí z lomu Jiří ($A^d = 19,1 \% \text{ hm.}$). Zde bylo dosaženo konverze hořlaviny 79,2 % a spalné teplo vyrobeného plynu se pohybovalo okolo 4,2 MJ/m³.

Uvedené technologické výsledky jsou silně ovlivněny malými rozměry zařízení, což se projevuje především vysokými ztrátami tepla do okolí (více jak 10 % z energie vstupující ve formě uhlí a zplyňovadla) a malou výškou experimentálního reaktoru (cca 1/3 předpokládané provozní výšky). Ztráty tepla snižují energetickou hodnotu získaného plynu, neboť na jejich krytí je třeba část vyrobeného plynu spálit. Malá výška fluidní vrstvy snižuje dobu zdržení částic uhlí v reakční zóně, což se negativně projeví na proreagování uhlíku a tím i zvýšení nedopalu ve zbytku ze zplyňování. Přesto bylo prokázáno, že i při zplyňování vzduchem lze získat energetický plyn použitelný pro přímé spalování v plynové turbíně a použít vyvíjenou technologii do předpokládaného integrovaného paroplynového cyklu. Při použití průmyslového reaktoru, kde strážlivý odhad ztrát tepla do okolí by neměl přesáhnout 1 %, lze očekávat při vzduchovém zplyňování uhlí z lomu Jiří spalné teplo vyrobeného plynu 5,1 - 5,2 MJ/m³.

Pro nasazení fluidního zplyňování uhlí do průmyslového měřítka je bezpodmínečně nutné jako další vývojový krok vybudovat střední ověřovací jednotku, na které se při déletrvajícím provozu v dostatečně velkém měřítku prověří jednotlivé technologické a strojní prvky spolu s celým systémem řízení a regulace provozu. Výstavbu takové demonstrační jednotky s prosazením okolo 10 t/h uhlí připravuje ZVU Hradec Králové se svými partnery v tlakové plynárně Vřesová.

Zde bude vhodně využito stávajícího vybavení plynárny tak, aby pořizovací náklady na vybudování demonstrační jednotky byly v maximální možné míře vynaloženy pouze na nová, v provozním měřítku dosud neověřená technologická zařízení. K dnešnímu dni jsou zpracovány podklady pro výstavbu demonstrační jednotky včetně zadání stavby na PKV.

Parametry demonstrační jednotky pro dva zplyňovací režimy:

	Vzduch	O ₂ + pára
Průměr reaktoru (mm)	700	700
Tlak (MPa)	2,7	2,7
Uhlí (kg/h)	8 600	12 300
Vzduch (m ³ /h)	15 230	-
Kyslík (m ³ /h)	-	3 700
Pára (kg/h)	1 520	4 000
Množství vlhkého plynu (m ³ /h)	25 310	20 860
Zbytek po zplyňování (kg/h)	1 980	2 830