

## PLYNNÉ PALIVÁ, DELENIE A ZLOŽENIE

Plynné palivá sú zmesi horľavých a nehorľavých plynov, ktoré pri spaľovaní so vzduchom alebo kyslíkom uvoľňujú teplo a používajú sa prevažne pre účely spaľovania.

Podľa STN 38 5502 – *Plynné palivá – Základné rozdelenie*, sa plynné palivá delia do štyroch skupín podľa spalného tepla:

**a) Plynné palivá so spalným teplom  $Q_s < 16,8 \text{ MJ.m}^{-3}$**

*Nízkovýhrevné* alebo aj inak nazývané *chudobné plyny*: konvertorový plyn, vysokopecný plyn, nízkotlaké generátorové plyny (chudobný, zmiešaný, vodný), štiepny plyn nízkokalorický.

**b) Plynné palivá so spalným teplom  $Q_s$  od  $16,8 \text{ MJ.m}^{-3}$  do  $20 \text{ MJ.m}^{-3}$**

*Strednýhrevné plyny* (vodný plyn, zmesné plyny- generátorový plyn so svietiplynom, zemný plyn so vzduchom).

**c) Plynné palivá so spalným teplom  $Q_s$  od  $20 \text{ MJ.m}^{-3}$  do  $50 \text{ MJ.m}^{-3}$**

*Plyny veľkej výhrevnosti* alebo inak nazývané *bohaté plyny* (koksárenský plyn, zemný plyn karbónsky a naftový, svietiplyn, tlakový hnedouhoľný plyn, zmesi propán-butánu so vzduchom a bioplyny –kalové plyny, plyny zo skládok).

**d) Plynné palivá so spalným teplom  $Q_s > 80 \text{ MJ.m}^{-3}$**

*Vysoko výhrevné plyny* (skvapalnené uhlíkovodíkové plyny – propán, bután a ich zmesi).

### Druhy a vlastnosti plynných palív

K základným vlastnostiam palív treba u plynných palív priradiť dve vlastnosti, dôležité z hľadiska bezpečnosti:

**a) Výbušnosť.**

Všetky plynné palivá sú za určitých podmienok výbušné. Výbušnosť a účinky výbuchu sú však u jednotlivých plynných palív rozličné.

**b) Jedovatosť.**

Spôsobuje ju oxid uhoľnatý, ktorý je prítomný vo všetkých plynných palivách s výnimkou zemného plynu a skvapalnených plynov. Už veľmi malý obsah oxidu uhoľnatého vo vzduchu je zdraviu škodlivý; vyššie koncentrácie môžu spôsobiť smrť (0,16% - možná smrť, 1,3% - za 1-3 min. istá smrť).

V porovnaní s tuhými, ba dokonca aj s kvapalnými palivami majú plynné palivá celý rad predností, a to:

- možnosť *dôkladnejšieho premiešania* paliva so Vzduchom, čo aj pri minimálnom prebytku vzduchu zabezpečuje úplné spaľovanie a menšie straty fyzikálneho tepla s odchádzajúcimi spalinami,
- možnosť *dosiahnutia vyšších teplôt* pri predohreve plynu a vzduchu, čo je zvlášť dôležité pre hutnícke a iné pece s vysokou teplotou,
- jednoduchosť spaľovania* a *ľahkosť regulácie* množstva, teploty, dĺžky plameňa, atmosféry pece a pomeru plyn -vzduch,
- ľahkosť dopravy* plynu z miesta ťažby alebo výroby na miesto spotreby.

Určitým nedostatkom plynných palív je ich malá objemová hmotnosť, čo sťažuje ich skladovanie v porovnaní s kvapalnými palivami. To však neprekáža zavádzaniu plynných palív tam, kde sa doteraz používali tuhé alebo kvapalné palivá, ak efektívnosť spaľovania závisí od vymenovaných parametrov a ak aj z technologického a ekonomického aspektu je ich použitie možné.

### Prirodzené plynné palivá

Ako prirodzené kvapalné palivá, tak aj prirodzené plynné palivá majú iba jedného predstaviteľa. U plynných palív je ním zemný (prírodný) plyn, ktorý sa však môže rôzne nazývať podľa toho kde sa vyskytuje:

- zemný plyn** (v užšom zmysle) je horľavý plyn prirodzeného pôvodu, vyskytujúci sa v samostatných ložiskách;
- sprievodný ropný plyn** je zemný plyn vyskytujúci sa spolu s ropou (v dutinách, ktoré ropa celkom nevyplňa); spôsobuje, že po navrtaní ropného ložiska je ropa vytlačovaná na povrch tlakom niekoľkých desiatok atmosfér;
- banský (uhol'ný, alebo karbónsky) plyn** je zemný plyn prevádzajúci uhlie a je príčinou otráv a výbuchov v šachtách baní.

### **Zemný plyn**

Pôvod zemného plynu je buď taký ako ropy., t.j. anorganický, príp. organický, ak ide o sprievodný ropný plyn, alebo taký ako uhlia, t.j. organický ak ide o banský plyn (karbónsky, degazačný). Zemný plyn zo samostatných ložísk môže byť jedného, alebo druhého pôvodu.

Podľa zloženia rozlišujeme zemné plyny:

- suché (chudobné), ktoré spomedzi uhl'ovodíkov obsahujú len metán (až 99%),
- vlhké (bohaté), obsahujúce homológy metánu - etán, propán, bután a vyššie uhl'ovodíky.

Banské plyny sú vždy suché, ropné plyny môžu byť suché i vlhké. Zloženie plynu z rôznych nálezísk je rôzne, avšak vždy v ňom prevláda metán.

Zemní plyn dodávaný plynárenskými rozvodnými systémami je možné rozdeliť do 2 základných skupín:

- **Zemní plyn H** sa vyznačuje nízkym obsahom nehorľavých zložiek ( $N_2$ ,  $CO_2$ ), ich celkový obsah je obvykle nižší ako 5 % obj. Do tejto skupiny patrí v európskom merítke plyn rozvádzaný vo väčšine krajín a pochádzajúci hlavne z nálezísk v Rusku, Nórsku, Veľkej Británii a severnej Afriky (Alžírsko, Tunisko, Líbya).
- **Zemní plyn L** s nižším spalným teplom obsahuje nezanedbateľné koncentrácie inertných zložiek, najmä  $N_2$ , ktorý sa z plynu ťažko odstraňuje. V Európe sa hlavné ložisko zemného plynu L nachádza v Holandsku. Tento zemní plyn sa dopravuje oddelene dopravným systémom plynovodov a využíva sa v Holandsku, Belgicku, severnom Francúzku, severozápadnej časti Nemecka. V mnohých európskych krajinách sa ťaží zemný plyn s rozdielnym obsahom nehorľavých zložiek. Jedná sa väčšinou o menej výdatné ložiská, vyťaženy zemný plyn sa využíva v najbližšom okolí a nedodáva sa plynárenskou rozvodnou sieťou.

Tabuľka : Charakteristické zloženie zemných plynov, obj. %

Zložka	Zemný plyn			
	TG	H1	H2	L
$CH_4$	98,39	93,0	93,20	81,8
$C_2H_6$	0,44	3,0	2,84	2,8
$C_3H_8$	0,16	1,3	0,76	0,4
$C_4H_{10}$	0,07	0,6	0,22	0,2
$C_nH_m$	0,03	-	0,15	-
$CO_2$	0,07	1,0	0,28	0,8
$N_2$	0,84	1,1	2,55	14,0

TG - zemný plyn dodávaný tranzitným plynovodom

H1, H2 - príklady v zahraničí dodávaných plynov typu H

L - holandský zemní plyn typu L

Všimnime si, že v zemnom plyne sa nachádzajú aj neuhľovodíky. Obsah týchto látok môže veľmi kolísať. Pravidelnou zložkou sú aj vzácne plyny (hélium, neón), ktoré ak sa nachádzajú vo väčšom množstve, sa zo zemného plynu pred jeho použitím získavajú.

V súčasnosti má zemný plyn široké použitie ako priemyselné palivo s ohľadom na jeho vysokú výhrevnosť - 33-42 MJ.m<sup>-3</sup> a nízky obsah škodlivých a balastných látok (buď v surovom stave, alebo po úprave).

Okrem toho je najcennejšou zo surovín pre chemický priemysel v prvom rade na výrobu vodíka, z ktorého sa vyrába čpavok a z neho umelé dusíkaté hnojivá. Pri výrobe vodíka vzniká buď uhlík v podobe sadzí, ktoré sa používajú pri výrobe pneumatík, tušov, farieb atď., alebo oxid uhoľnatý, z ktorého sa ďalej vyrába metanol.

U nás sa chudobný ropný plyn ťaží na Záhori, bohatý ropný plyn na južnej Morave. Karbónsky plyn sa vyskytuje na Ostravsku.

### **Umelé plynné palivá**

Kým prirodzené plynné palivo poznáme len jedno (zemný plyn), zoznam umelých plynných palív je rozsiahlejší, než zoznam všetkých ostatných druhov prirodzených i umelých palív. Je to spôsobené tým, že spôsobov výroby plynných palív je viac ako spôsobov výroby tuhých a kvapalných palív a že okrem toho aj pri výrobe tuhých a kvapalných palív vznikajú tiež plynné palivá. Napokon aj pri mnohých technologických pochodoch, ktoré sú vedené za iným účelom, než je výroba palív (napr. výroba surového železa), vznikajú plynné zmesi, ktoré môžeme zaradiť medzi plynné palivá (pri tomto príklade kychtový plyn).

Plyny, alebo zmesi plynov, ktoré vyhovujú obecnej definícii paliva a dajú sa vo väčšej miere použiť na vývoj tepla s cieľom sušenia, ohrevu, spekania, tavenia, kúrenia, varenia a podobne nazývame plynnými palivami, alebo vykurovacími plynmi.

Z tohto hľadiska medzi vykurovacie plyny počítame jednak prirodzené, jednak umelé plyny, ak hodnoty spalného tepla a obsahu škodlivín umožňujú využiť ich na spomenuté účely v zmysle uvedenej definície.

Medzi vykurovacie plyny nepočítame také, ktoré slúžia na vývoj tepla pri špeciálnych prácach, ako sú napr. zváranie a rezanie kovov plameňom (acetylén) a pod. Obyčajne však za vykurovacie plyny považujeme aj plyny pre pohon motorov (pohonné plyny).

Plynné palivá môžeme rozdeľovať na skupiny podľa rôznych hľadísk. Najjednoduchšie je delenie podľa spalného tepla, ako to bolo už uvedené alebo výhrevnosti. Toto roztriedenie je však nedostatočné, pretože prihliada iba k jednej vlastnosti a k jednému použitiu paliva. Sú preto snahy zavádzať pri delení plynných palív aj iné hľadiská, ktoré však obyčajne vedú k zložitosti a neprehľadnosti.

Pre našu potrebu bude najúčelnejšie pridržiavať sa delenia alebo zatriedenia jednotlivých plynných palív do skupín *podľa spôsobu ich vzniku, výroby či výskytu*, a to nezávisle od toho, či dané plynné palivo je *hlavným, vedľajším, alebo odpadným produktom*.

Prvou skupinou v tomto delení sú prírodné plyny, ktoré už boli spomenuté.

Umelé plynné palivá sa potom dajú zhruba zaradiť do týchto hlavných skupín:

a/ *vykurovacie plyny vyrobené pretváraním* (reformovaním), t.zn. buď pyrolýzou, alebo konverziou prirodzených plynných palív,

b/ *vykurovacie plyny vyrobené odplynovaním* (suchou destiláciou, alebo karbonizáciou) prirodzených tuhých palív,

c/ *vykurovacie plyny vyrobené splynovaním* prirodzených i umelých tuhých a kvapalných palív,

d/ *vykurovacie plyny vyrobené spojením (kombináciou) rôznych spôsobov*,

e/ *skvapalnené vykurovacie plyny.*

Podáme prehľad a stručnú charakteristiku niektorých plynných palív - hlavných predstaviteľov vymenovaných piatich skupín podľa spôsobu výroby.

## **Vykurovacie plyny vyrobené pretváraním**

### ***Reformovaný zemný plyn***

Je to zemný (ropný, alebo uhoľný) plyn, umelo zriedený vodíkom a oxidom uhoľnatým, aby mal zníženú výhrevnosť kvôli dosiahnutiu vhodnejších vlastností pri spaľovaní v horákoch. Plyny bohaté na metán a neobsahujúce vodík majú za obvyčajných podmienok horenia pomerne malú zapaľovaciu rýchlosť a sú menej vhodné na Spaľovanie napr. v malých spotrebičoch (v domácnostiach). Reformovaním sa zo zemného plynu dá pripraviť plyn s dobrou zápalnosťou a istotou horenia.

Reformovaný zemný plyn sa vyrába neúplným spálením metánu, ktorý obsahuje, so vzduchom, teda prebieha konverzia (premena) metánu na zmes vodíka a oxidu uhoľnatého (obsahuje pritom podľa spôsobu konverzie rozličné množstvá oxidu uhličitého, kyslíka, dusíka, zbytkového metánu a aj pomer vodíka ku oxidu uhoľnatému je rôzny). Potom sa táto zmes plynov mieša a pôvodným zemným plynom tak, aby vznikol plyn o spalnom teple asi  $17-18 \text{ MJ.m}^{-3}$ .

### ***Konverzný zemný plyn***

Ako vyplýva z popisu výroby reformovaného plynu, je konverzný zemný plyn zo zemného plynu vyrábaný a zasa do zemného plynu pridávaný, takže v zmysle použitia nie je samostatným palivom.

Je však správne uvádzať ho samostatne, keďže má aj iné dôležité použitie, a to v chemickom priemysle, hlavne na výrobu syntéznych plynov.

Konverzný zemný plyn je plyn vzniknutý neúplným spálením metánu vzduchom a reformovaný zemný plyn je plyn vzniknutý zmiešaním krakovaného plynu s pôvodným zemným plynom.

## **Vykurovacie plyny vyrobené odplyňovaním**

### ***Svietiplyn***

Pôvodný svietiplyn bol plyn na osvetľovanie, vyrábaný v plynárňach z čierneho uhlia s vysokým obsahom prchavej horľaviny pri vysokých teplotách ( $1150 \text{ }^\circ\text{C}$  i viac). Bolo snahou vyrábať plyn s čo najväčšou výhrevnosťou, dávajúci svietivý plameň.

Svietiplyn sa neskôr vyrábal tlakovým splyňovaním hnedého uhlia kyslíkom a vodnou parou, alebo plyn vyrábaný v karbonizačných plynárňach, prípadne tiež zmes týchto plynov, do ktorých sa niekedy pridáva aj koksárenský plyn.

V karbonizačných plynárňach sa vyrába tým spôsobom, že sa čierne spekavé uhlie zahrieva v peciach za neprístupu vzduchu na teplotu  $1000$  až  $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Odplynením vzniká surový karbonizačný plyn, ktorý obsahuje ešte aj iné zložky, ktoré sa z neho musia odstrániť (decht, čpavok, sírovodík, benzol a iné.). V komorách pecí potom zostáva žeravý koks, ktorý sa vypúšťa, prípadne pred koncom odplyňovacej periódy sa tiež čiastočne splyňuje vháňaním vodnej pary, ktorá sa v styku so žeravým koksom rozkladá na vodík a oxid uhoľnatý (tzv. mokrý proces).

Samotný svietiplyn sa však z plynární obvyčajne nedodával v tej forme ako bol vyrobený a z hospodárskych dôvodov sa zriedoval lacnejšími plynmi (vodným plynom, generátorovým plynom a i.), čím sa zvyšovalo jeho množstvo a znížila výhrevnosť. Pre zriedený svietiplyn sa používalo označenie *mestský plyn*.

### ***Koksárenský plyn***

Vzniká pri výrobe koksu z koksárenského čierneho uhlia karbonizáciou (koksovaním) pri teplotách 1050-1100 °C. Tvorí sa za podobných podmienok ako sviatplyn. Na rozdiel od plynárni je v koksovniciach karbonizačný proces vedený so zameraním na kvalitu koksu ako hlavného výrobku a plyn je vedľajším produktom. Má preto nižší obsah uhl'ovodíkov a vyšší obsah vodíka, je teda menej výhrevný.

Tabuľka 3 Priemerné zloženie koksárenského plynu.

<b>Zložka</b>	<b>[ %]</b>
H <sub>2</sub>	46-61
CH <sub>4</sub>	21-30
N <sub>2</sub>	3-13
CO	5-8,5
CO <sub>2</sub>	1-4
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,5-3,5
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	1,5-3,5
O <sub>2</sub>	0,4-1,7
<b>Výhrevnosť:</b>	<b>15,07 – 18,5 MJ.m<sup>-3</sup></b>
<b>Hutnota:</b>	<b>0,52 - 0,58 kg.m<sup>-3</sup></b>

Zloženie a vlastnosti koksárenského plynu závisia na druhu použitého uhlia, druhu vyrábaného koksu, veku koksovej batérie, spôsobe karbonizácie, atď. Koksárenský plyn, odsírený a vyčistený, používaný vo verejnom plynárenskom systéme sa tiež označuje ako sviatplyn. Spotrebuje sa prevažne v hutiach a ukážka priemerného zloženia koksárenského plynu je uvedená v tabuľke 3.

### ***Plyn z nízko-teplotnej karbonizácie***

Je vždy vedľajším produktom, či sa nízko-teplotnou karbonizáciou (polokoksovaním) získava bezdymné tuhé palivo, alebo neprehriaty decht.

Zloženie destilačných plynov je pritom veľmi rôzne podľa druhu karbonizovaného paliva (čierne, hnedé uhlie a iné), podľa druhu zariadenia a jeho prevádzky a podľa konečnej úpravy (napr. odlúčenie benzínu a etylénu, vypieranie oxidu uhličitého a pod.). Výťažky sú tiež rôzne, no vždy oveľa menšie ako u vysokoteplotnej karbonizácie .

Z plynov nízko-teplotnej karbonizácie sa získava benzín a etylén, alebo sa priamo spaľujú vo vlastnej prevádzke.

### **Vykurovacie plyny vyrobené splynovaním**

#### ***Vysokopecný plyn***

Vysokopecný plyn vzniká pri redukčnom procese vo vysokej peci nedokonalým spaľovaním koksu a uvoľnením CO<sub>2</sub> z vápenca, ktorý je súčasťou vsádzky. Je teda vedľajším produktom pri výrobe surového železa vo vysokej peci. Zloženie vysokopecného plynu je závislé na akosti vyrábaného surového železa, na mernej spotrebe koksu, na zložení vsádzky a na rade ďalších podmienok prevádzky vysokej pece.

Vysokopecný plyn sa vyznačuje tým, že má nízky obsah metánu CH<sub>4</sub> a vodíka H<sub>2</sub>. Je takmer úplne bez síry, je bez zápachu, avšak prudko jedovatý pre vysoký obsah CO. Ukážka priemerného zloženia vysokopecného plynu je uvedená v tabuľke ďalej.

Zužitkováva sa na vykurovanie ohrievačov vetra, koksárenských batérií, na kúrenie v

kotolniach, a to buď samostatne, alebo v zmesi s plynmi o vyššej výhrevnosti.

### ***Konvertorový plyn***

S výrobou ocele v konvertoroch je spojený aj vznik konvertorového plynu. Konvertorový plyn sa po čistení a pri určitom zložení zachytáva do plynojemu, zvyšný konvertorový plyn sa buď spáli na fakli alebo vypustí do ovzdušia bez spálenia.

Hlavnou zložkou konvertorového plynu je oxid uhoľnatý (CO), ktorý je toxický a prudko jedovatý a z toho vyplývajú zvýšené bezpečnostné opatrenia. Obsah CO sa v priebehu tavby v konvertore mení z 0% na začiatku na max. asi 87% a opäť na 0% na konci.

CO vzniká od samého začiatku fúkania O<sub>2</sub> do konvertora, ale v malej koncentrácii. Maximálna koncentrácia podľa prevádzkových záznamov bola 0,4% CO v 0. minúte, 9,2% v 1. minúte. V dôsledku toho je konvertorový plyn nehorľavý. Horenie konvertorového plynu začína až na dolnej medzi výbušnosti a to je pri 12,5% CO vo vzduchu.

### ***Plyn z kuplovní***

Vzniká v kuplovniach a jeho zloženie sa mení podľa vybavenia kuplovne (ak je zavedený sekundárny vzduch, plyn je chudobnejší). Je veľmi málo výhrevný.

Na 1 kg uhlíka v kokse vzniká asi 7,5 m<sup>3</sup>, na 1 tonu liatiny je to asi 700-800 m<sup>3</sup>.

Dá sa použiť na predohrievanie vzduchu.

### ***Chudobný plyn***

Vzniká pri splynovaní koksu, alebo antracitu v generátoroch vzduchom, bez prídavku, alebo len s malým prídavkom vodnej pary. Od prídavku vodnej pary závisí jeho spalné teplo.

Z 1 tony koksu, alebo antracitu vzniká 5000-5500 m<sup>3</sup> chudobného plynu.

Používa sa napr. v plynárňach na vykurovanie komôr, resp. retort a v malých ohrievacích zariadeniach v strojárstve.

### ***Vodný plyn***

Vzniká splynovaním koksu, alebo antracitu silno prehriatou vodnou parou. Je 2-3 krát výhrevnejší, ako chudobný plyn, z 1 tony koksu sa však vyrobí len asi 1600 m<sup>3</sup> plynu.

Používa sa v priemysle všade tam, kde je potrebná vyššia teplota plameňa, než dáva chudobný plyn. Nazýva sa tiež modrý (nekarburovaný) plyn.

### ***Karburovaný vodný plyn***

Je to vodný plyn, karburovaný (obohacovaný) buď za horúca splodinami tepelného rozkladu plynového oleja (vyššími uhl'ovodíkmi, metánom, vodíkom, oxidom uhoľnatým), alebo za studenú parami uhl'ovodíkov s nízkym bodom varu (benzénu, propánu, butánu, pentánu, ľahkého benzínu).

Pri druhom spôsobe karburácie sa výhrevnosť vodného plynu nedá zvýšiť viac ako o 2,5-3 MJ.m<sup>3</sup>, pretože množstvo pridávaných pár uhl'ovodíkov je obmedzené ich kondenzáciou pri chladení plynu.

Pri prvom spôsobe možno výhrevnosť až zdvojnásobiť. Na 1000 m<sup>3</sup> karburovaného vodného plynu o spalnom teple približne 17-18 MJ.m<sup>3</sup> sa spotrebuje asi 300 kg koksu, 500 l plynového oleja a 550 kg pary.

Karburovanými vodnými plynmi sú aj tzv. dvojplyn a trojplyn. Všetky sa používajú ako náhrada za sviatplyn, alebo koksárenský plyn.

### ***Zmiešaný plyn***

Vzniká pri splynovaní tuhých (obyčajne prirodzených) palív, t.j. hnedého a čierneho uhlia, rašeliny i dreva vzduchom s prídavkom značnejšieho množstva pary (50-120 g vodnej pary na

1 m<sup>3</sup> vzduchu).

Zmiešaný plyn je zmesou chudobného a vodného plynu s rôznym podielom destilačných plynov podľa paliva a spôsobu výroby. Niekedy sa označuje ako parovzdušný plyn, obvykle je nazývaný generátorovým plynom. Jeho spalné teplo je bližšie k spalnému teplu chudobného plynu.

Z 1 tony paliva vzniká obyčajne 1500-5500 m<sup>3</sup> plynu podľa akosti paliva (obsahu a zloženia prchavých látok).

Používa sa vo veľkej miere vo všetkých odvetviach priemyslu, zvlášť v hutách, sklárňach a keramických závodoch.

### ***Olejový plyn***

Vyrába sa rozkladom (štiepením, krakovaním) plynových olejov za neprístupu vzduchu pri teplote 700-800 °C. Surovinou je buď vhodný minerálny olej (z ropy), alebo dechtové oleje z neprehriatych dechtov z hnedého uhlia, či z bridlíc, alebo zmes minerálneho a dechtového oleja. Má výnimočne vysokú výhrevnosť, hlavne ak surovinou je minerálny olej, pretože obsahuje okolo 40% etylénu,

Z 1 tony plynového oleja sa vyrobí asi 440 m<sup>3</sup> olejového plynu o spalnem teple 46 MJ.m<sup>-3</sup>. Používa sa v stlačenom stave na 1-1,2 MPa.

Iné druhy olejových plynov sú tzv. Blauov plyn, Jonesov plyn, Daytonov plyn.

### ***Tlakový hnedouhoľný plyn***

Tlakový hnedouhoľný plyn sa vyrába v Lurgiho generátoroch splyňovaním hnedého uhlia zmesou vodnej pary a kyslíka pri tlaku 1,90 MPa. Vyrobený surový plyn obsahuje veľa oxidu uhličitého, ktorý sa z neho musí vypierať, a iné nečistoty, ktoré je potrebné odstrániť.

Splyňuje sa zmesou asi 9 % kyslíka čistoty asi 91 až 95 % a vodnou parou o teplote 400 až 500 °C pri tlaku 1,90 MPa, prípadne 2,5 MPa.

Pri tomto výrobnom pochode môže byť surovinou aj nespokávané čierne uhlie, antracit, polokoks, brikety a pod.

Výťažok plynu z hnedého uhlia je asi 900-1200 m<sup>3</sup>, z antracitu a čierneho uhlia asi 1400-1600 m<sup>3</sup> na 1 t horľaviny.

Používa sa ako náhrada za svietiplyn a koksárenský plyn.

### ***Syntézny plyn***

Týmto menom sa označuje skupina plynov, používaných na syntetickú výrobu amoniaku (čpavku), metanolu a vyšších alkoholov, uhľovodíkov (umelého benzínu) a pod. V podstate sem patria plyny, ktoré obsahujú oxid uhoľnatý a vodík, alebo vodík a dusík v určitej koncentrácii a vzájomnom pomere.

Označenie syntézny plyn (synplyn) je teda len druhové vo vzťahu k použitiu tohto plynu (že sa používa na syntézu); inak zahŕňa v sebe plyny ako zložením, tak spôsobom výroby značne rozdielne. Uvádzame ho tu preto, že vždy obsahuje vodík, ktorý sa doposiaľ vyrába najčastejšie z vodného plynu,

Výhrevnosť u syntetického plynu nie je dôležitá. Dôležité je, aby obsahoval čo najviac vodíka a oxidu uhoľnatého, a to v takom pomere, ktorý sa pre danú syntéznu výrobu vyžaduje.

Najdôležitejšie údaje o plynach, patriacich do tejto skupiny sú v Tab. Chemické zloženie a kalorické vlastnosti plynov vyrobených splyňovaním tuhých a kvapalných palív.

## **Vykurovacie plyny vyrobené kombinovaným spôsobom**

### ***Zmesný plyn***

Označenie „zmesný plyn“ sa vžilo pre vykurovací plyn, používaný v hutách a pripravený

zmiešaním koksárenského plynu s vysokopecným, alebo niekedy s generátorovým plynom. Pozdejšie sa toto označenie spresnilo na také zmesi, v ktorých pomer koksárenského plynu k vysokopecnému plynu sa pohybuje v rozmedzí 1:2 až 1:9.

Podľa výhrevnosti a pomeru obidvoch zložiek sa mení aj výhrevnosť zmesného plynu.

Zmesný plyn sa používa vo veľkej miere v hutách tam, kde samotným vysokopecným plynom nie je možné dosiahnuť dostatočné teploty a tam, kde koksárenský plyn je technologicky menej vhodný (v ohrievacích peciach valcovní a pod.). Týmto použitím zmesného plynu sa jednak rozširuje oblasť využitia vysokopecného plynu a jednak sa šetrí koksárenský plyn.

## Skvapalnené vykurovacie plyny

Získavajú sa zachytávaním zo zemného plynu, z plynov po krakovaní ropy a olejov, z plynov po syntézach benzínov a pod.

Spoločné vo výrobe majú to, že sa po získaní skvapalňujú. Sú to totiž uhl'ovodíky, ktoré za obvyčajnej teploty sú plynné a ktoré pomerne nevysokým tlakom možno skvapalniť a uvoľnením tlaku zasa previesť do plynného stavu.

Patria sem propán  $C_3H_8$ , bután a izobután  $C_4H_{10}$ , propylén  $C_3H_6$ , butylén  $C_4H_8$ .

Podľa výhrevnosti skvapalnených plynných palív sú to najvýhrevnejšie palivá vôbec.

Slúžia na najrozličnejšie účely. Nahradzujú mestský plyn tam, kde nie je zavedený, hodia sa na pohon motorových vozidiel, používajú sa na karburáciu plynov (za účelom zvýšenia ich výhrevnosti) a pod.

### Propán - Bután

Skvapalnený vykurovací PB plyn je zmes nižších uhl'ovodíkov, ktorých charakteristickou vlastnosťou je, že sú pri bežnej teplote a atmosférickom tlaku plynné a už pri malom zvýšení tlaku bez ochladenia opäť menia skupenstvo plynné na kvapalné. Ľahký prechod z jedného skupenstva do druhého dáva veľa výhod, ktoré sú v praxi účelne využívané.

Vykurovacia zmes sa skladá z propánu, n - butánu, i - butánu, propylénu, butylénu, metánu a etánu. Tieto uhl'ovodíky sú v plynnom stave a dajú sa za normálnych teplôt skvapalniť tlakom niekoľkých atmosfér. Vykurovacia zmes je v kvapalnom stave číra, bezfarebná kvapalina špecifického zápachu, ľahko prchavá. V kvapalnom stave sa uskladňuje v tlakových nádržiach. Zmes je 1,5 krát ťažšia ako vzduch a preto klesá k zemi, kde sa zhromažďuje.

Tabuľka : Priemerné zloženia propán - Butánu

	letný	zimný
C2 - uhl'ovodíky a inertné plyny % max.	7	
C3 - uhl'ovodíky % min.	30	55
C4 - uhl'ovodíky %	30-60	15-40
C5 - a vyššie uhl'ovodíky % max.	3	2
Nenasýtené uhl'ovodíky % max.	60	65
Sírovodík mg/kg max.	0,2	
Celková síra mg/kg max.	200	
Odparok mg/kg max.	100	

Poznámka :

C5 uhl'ovodíky a vyššie môžu byť nahradené čiastočne alebo celkom C4 uhl'ovodíkmi, pričom súčet obsahov uhl'ovodíkov C4 a C5 a vyšších neprekročí pri letnom druhu 63 % a zimnom 42 %.

Propán - bután nie je jedovatý. Pri nedokonalom spaľovaní však vznikajú spaliny obsahujúce jedovatý kyslíčník uhoľnatý.



Vdychovanie nízkej koncentrácie plynu so vzduchom má mierne narkotické účinky na centrálnu nervovú sústavu, ktorá vedie k depresiám. Vdychovanie vysokej koncentrácie plynu so vzduchom môže spôsobiť kómu, ktorej predchádza stav podobný opitosti a strata svalovej koordinácie. Narkotické účinky sa prejavujú až pri koncentráciách ďaleko vyšších ako je medza zápalnosti. Vzhľadom k tomu, že môže vo vzduchu nahradiť kyslík, pôsobí ako jednoduchý asfyziant (látka spôsobujúca dusenie).

Tabuľka : Zloženia niektorých druhov plyných palív

Plyn	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Q <sub>n</sub>
	%	%	%	%	%	%	MJ.m <sup>-3</sup>
Konverzný ZP	30-35	1-5	14-15	0,5-0,9	3-4	44-46	6,9-7,3
Reformovaný ZP	18-22	30-35	8-10	0,4-0,6	2,0-2,5	27-29	17,5
Chudobný	1-7	1-3	24-34		1-17	54-70	4,1-4,6
Zmiešaný	13-19	0-1,5	17-27		6-8	49-50	5,17-6,24
Vodný	44-53	0-4	40-45		1,5-6	1-8	11,3
Vysokopečný	1,5-4	0,2-0,4	26-34	0-0,33	6-12	58-60	3,56-4,4
Z kuplovne			6-16	0,3-1,5	11-15	72-78	0,84-2,01
Konvertorový			66,4		15,8	17,8	8,4

## PLYNNÉ BIOPALIVÁ

### BIOPLYN

Každá organická hmota po odumretí podlieha rozkladu, pri ktorom sa uvoľňuje bioplyn. Vzhľadom na to, že bioplyn neustále vzniká pri hnití, jeho využitie pre energetické účely predstavuje jeden z najekonomickejších spôsobov ekologického zneškodňovania odpadov. Bioplyn sa v súčasnosti účelovo získava hlavne zo skládok komunálneho a poľnohospodárskeho odpadu. Reakciu vzniku bioplynu je možné zapísať nasledovne :

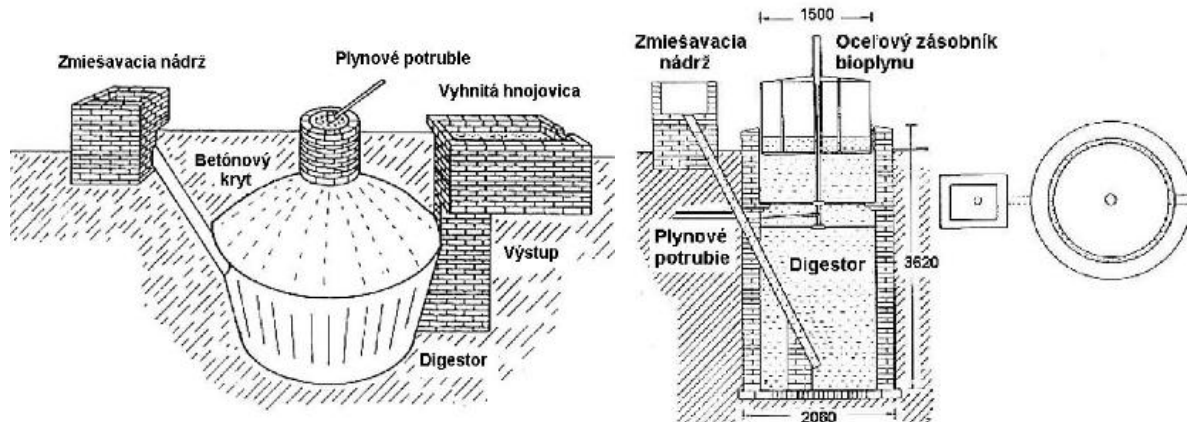


Zloženie bioplynu závisí od vstupných surovín a podmienok jeho výroby, vo väčšine prípadov je však nasledovné:

<b>Metán</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	55 – 70 %
<b>Oxid uhličitý</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	30 – 45 %
<b>Sírovodík</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	1 – 2 %
<b>Dusík</b>	<b>N<sub>2</sub></b>	0 – 1 %
<b>Vodík</b>	<b>H<sub>2</sub></b>	0 – 1 %
<b>Oxid uhoľnatý</b>	<b>CO</b>	Stopy
<b>Kyslík</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	Stopy

Bioplyn predstavuje hodnotné palivo a energia v ňom obsiahnutá je len asi o tretinu nižšia ako v zemnom plyne. Z tohto dôvodu je dnes cielene vyrábaný, v špeciálne vybudovaných zariadeniach, vo viacerých krajinách sveta (vrátane Slovenska). Vstupnú surovinu tvorí zväčša hnojovica alebo organické kaly, z ktorých sa bioplyn vyrába v digestoroch. Objem digestorov sa pohybuje od jedného metra kubického (domáci digestor) až do niekoľko tisíc m<sup>3</sup> (veľké farmy). Vstupná surovina v digestore vyhníva od 10 dní do niekoľko týždňov v závislosti na zložení a okolitej teplote. Hoci baktérie pri rozklade organickej látky samotné vytvárajú teplo, v našich klimatických podmienkach v zimnom období toto teplo nie je dostatočné, a preto je potrebné digestor ohrievať vonkajším zdrojom - zvyčajne spaľovaním

časti vznikajúceho bioplynu. Teplota, pri ktorej vyhnívanie v digestore prebieha optimálne, by nemala klesnúť pod 35 °C. Bioplyn je z digestorov odčerpávaný, skladovaný a následne spaľovaný zvyčajne v plynovej turbíne.



Obr. Schéma malého zariadenia na výrobu bioplynu z Číny

## SKLÁDKOVÝ PLYN

Veľká časť bežného domáceho odpadu končí na komunálnych skládkach odpadov. Keďže tieto odpady sa skladajú prevažne z organických látok a na skládkach sú vhodné podmienky pre hnitie, sú tieto miesta zdrojom bioplynu. Na rozdiel od procesu hnitia, ktorý prebieha v digestoroch, sú podmienky na skládkach odlišné. Nie je tu ani dostatočná teplota ani vlhkosť, čo celý proces hnitia spomaľuje a tvorba bioplynu prebieha po rokoch a nie po týždňoch. Výsledný produkt - skládkový plyn - je tiež zmesou metánu a oxidu uhličitého, podobne ako bioplyn. Zo skúseností vyplýva, že počas životnosti skládky vznikne asi 150-300 m<sup>3</sup> plynu z každej tony odpadu. Obsah metánu v skládkovom plyne predstavuje asi 50 až 60%, čo vedie k energetickej hodnote plynu na úrovni 5-6 GJ na tonu odpadu.

Technológia získavania plynu zo skládok po ich uzatvorení pozostáva z prekrytia skládky ílovou vrstvou alebo iným nepriepustným materiálom (čím sa vytvorí vhodné prostredie) a umiestnení sústavy zberných potrubí s otvormi do ktorých vniká plyn. Na niektorých novších skládkach sú potrubia umiestňované už pred zavázaním odpadov. Sieť potrubí môže mať dĺžku až niekoľko kilometrov. Skládkový plyn sa bežne využíva na výrobu elektriny a tepla. používané sú pri tom veľké spaľovacie motory. Na chod 500 kW motora je potrebná dodávka asi 10 GJ plynu za hodinu.

## DREVOPLYN

Pri výrobe drevoplynu dochádza k premene tuhých palív (najčastejšie dreva) na plyné s cieľom získať čo najvyšší obsah energie v plynnej forme. Celý proces prebieha v splynovačom zariadení. Ku splynovaniu organického materiálu dochádza tak, že vzduch prechádza cez predohriaty materiál, pričom v ňom prebieha chemická reakcia s následným vznikom drevoplynu a ako nespáliteľný zvyšok sa tvorí popol. Zloženie vznikajúceho drevného plynu sa mení v závislosti na použitej biomase a obsahu vlhkosti v palive. Bežné zloženie drevoplynu je nasledujúce:

<b>Oxid uhoľnatý</b>	<b>CO</b>	20 – 30 %
<b>Vodík</b>	<b>H<sub>2</sub></b>	10 – 25 %
<b>Metán</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	0 – 4 %
<b>Oxid uhličitý</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	2 – 15 %
<b>Dusík</b>	<b>N<sub>2</sub></b>	45 – 60 %

Energetická bilancia vyjadrujúca pomer získanej a vloženej energie je pre väčšinu biopalív pozitívna, čo platí aj pre drevoplyn. Drevoplyn je možné získať nielen z dreva, ale aj z viacerých iných vstupných surovín ako je napr. slama, škrupiny z orechov alebo obilie. Potenciál získania drevoplynu z dreva alebo zo slamy je veľký, čo je možné dokumentovať na nasledujúcom príklade. Pri pestovaní obilia je možné z jedného hektára získať asi 6400 kg slamy. Keďže slamu je možné považovať za odpad pri produkcii obilia, nie je potrebné uvažovať energiu vloženú na jej pestovanie. V bilancii vystupuje len jej doprava a spracovanie, ktoré predstavujú asi 20,1 GJ/ha. Zisk energie je asi 57,1 GJ/ha, z čoho vychádza pozitívna energetická bilancia v pomere približne 1:2,8 (vložená/získaná energia).