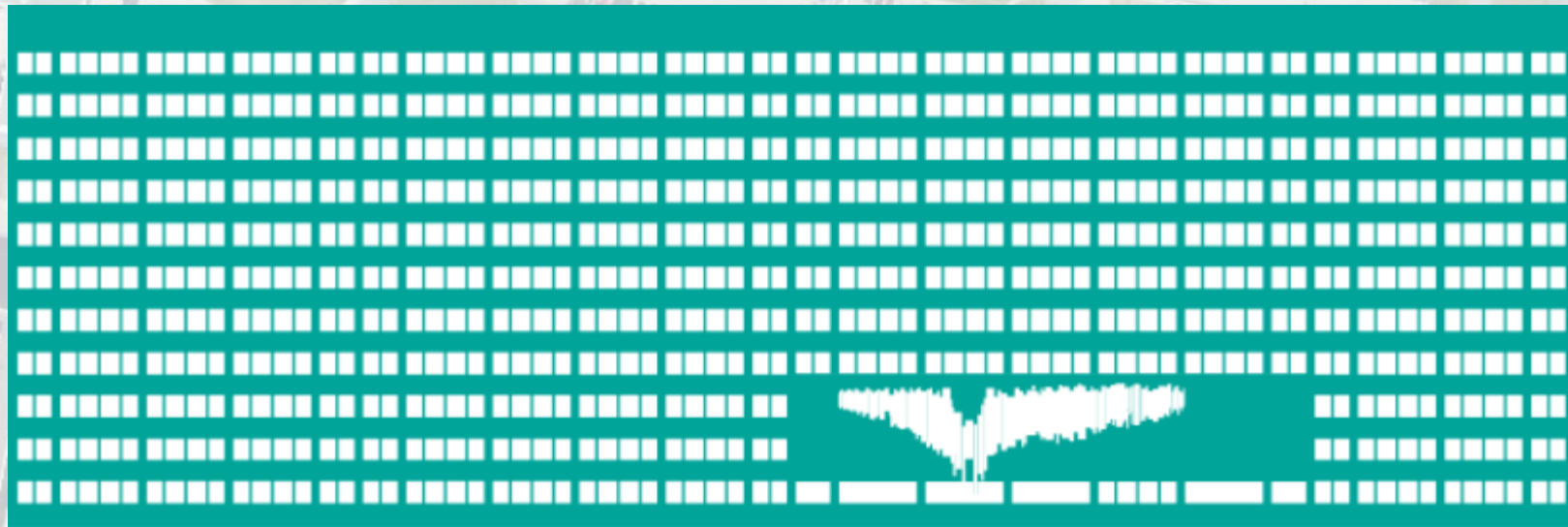




VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA



Charakteristiky paliv

Doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek

Osnova kapitoly

Uhlí – význam, složení, vlastnosti

Kapalná a plynná paliva

Postavení fosilních paliv v energetice

Jiné druhy paliv

„Palivo je taková látka, jíž oxidací se uvolňuje teplo a je jí dostatečné množství.“

Prchavá hořlavina

Zásadně ovlivňuje průběh vznícení paliva.

- Maximum látek se uvolňuje již při 200 až 400°C.
- Při této teplotě se zapalují i dehtové páry.
- Jejich zapálení inicializuje proces hoření a tedy způsobuje růst teploty.
- Díky tomu může být zapálen tuhý zbytek (450 až 650°C).

Tuhý zbytek

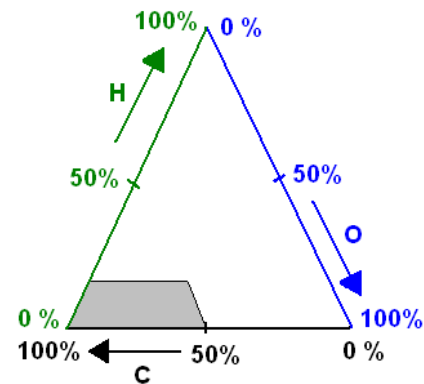
Obsahuje většinu energetického podílu hořlaviny

- Hoření probíhá pomalu (90 % z celkové doby hoření)
- Ovlivňuje tepelné podmínky v ohništi

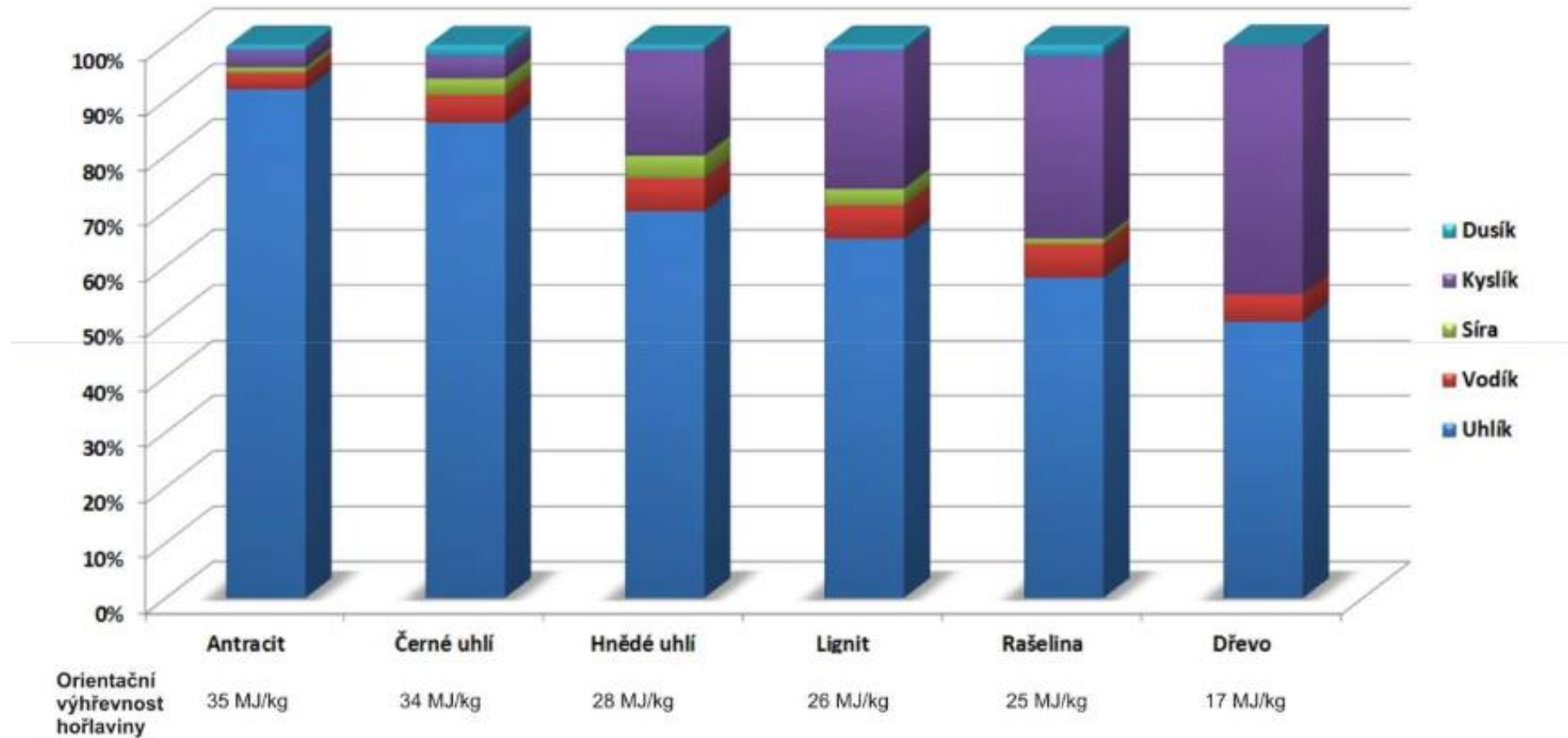
Uhlí

Uhlí je tuhé fosilní palivo přírodního původu.
Kryje asi 30 % spotřeby energie na světě.

Jednotlivé druhy se liší stářím, kterým je určeno prouhelnatění jeho organické hmoty a složení. Mění se tak podíly C, H, O, N a S v hořlavině. Rozhodující vliv na spalování mají první tři, zbylé dva prvky mají podstatný vliv na tvorbu emisí.



Čím je palivo geologicky starší, tím obsahuje více uhlíku a méně kyslíku.
Velice názorný je graf prvkového složení hořlaviny různých paliv.





Složení uhlí

Představu o množství hořlaviny h , popeloviny A a vody w v uhlí nám poskytují data z hrubého rozboru.

$$h + A + w = 1$$

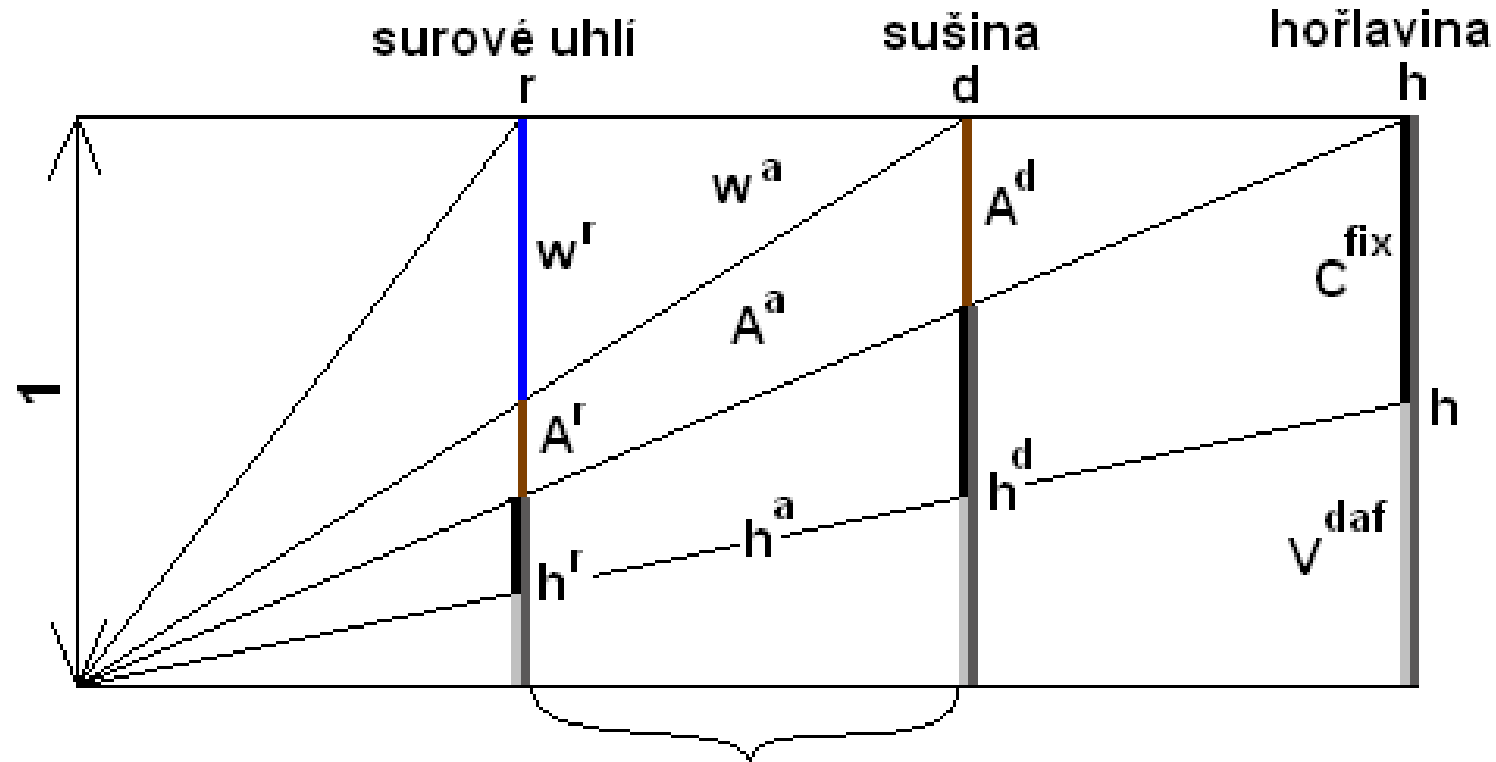
Hořlavinu můžeme dále rozepsat pomocí prvkového rozboru (index h).

$$C^h + H^h + N^h + O^h + S_{spal}^h = 1$$

Pak je složení surového uhlí (index r):

$$C^r + H^r + N^r + O^r + S_{spal}^r + A^r + w^r = 1$$

Složení se vyjadřuje ještě v suchém (index d) a analytickém vzorku (index a). Podíly jednotlivých prvků nebo složek se dají přepočítat z jednoho stavu na druhý, jak ukazuje následující snímek.



Vzorce pro přepoččet:

analytický stav

$$x^r = x^a \cdot \frac{1 - w^r}{1 - w^a} \quad x^d = x^a \cdot \frac{1}{1 - w^a} \quad x^h = x^a \cdot \frac{1}{1 - A^a - w^a}$$

Kde x je obecná složka paliva.

Černé uhlí energetické



Druh uhlí	Zrnitost [mm]	Obsah vody W^r [%]	Obsah popela A^d [%]	Obsah síry S^d [%]	Výhřevnost Q_i^r [MJ/kg]	Prchavá hořlavina γ_{daf} [%]
energetická směs praná (ESP)	0-30 (60)	8,0-10,0	7,5-8,5	0,5-0,6	28,0-29,0	27,0-30,0
Energetické tříděné prané (ETP)	10-30	4,0-6,0	5,0-6,5	0,6-0,7	31,0-32,0	28,0-32,0
	30-50					
	50-200					
Hrubý prach (HP)	0-20	8,0-10,0	20,0-26,0	0,6-0,7	23,0-25,0	25,0-32,0
Proplástek	0-30	10,0-14,0	38,0-45,0	0,6-0,8	15,0-18,0	29,0-30,0
Vhodné pro koksování		9,5-11,5	7,5-9,0	0,6-0,7		

Hnědé uhlí energetické



Klíč třídnosti Úpravna uhlí	Druh uhlí	Zrnitost [mm]	Výhřevnost Q_i^r [MJ/kg]	Obsah popela A^d [%]	Obsah síry S^d [%]
418	ko	40 - 100	19,9	10,0	1,3
427	o1	20 - 40	20,0	9,5	1,4
428	o2	10 - 20	19,8	10,5	1,7
435	hp1	0 - 10	16,5	20,5	1,7
136	hp2	0 - 10	13,5	33,0	1,4
439	p	0 - 10	18,7	11,5	1,8
155	ts1	0 - 40	18,2	17,0	1,8
152	ps2	0 - 40	14,5	28,5	1,6
153	ps3	0 - 40	11,1	42,0	1,3

Spalné teplo, výhřevnost

Teplo, které se uvolní dokonalým spálením jednoho kilogramu paliva při ochlazení spalin na počáteční hodnotu, přičemž zkondenzuje vodní pára, se nazývá spalné teplo Q_n^r . Pokud by spaliny nezkondenzovaly, jednalo by se o výhřevnost Q_i^r .

Rozdíl tedy tvoří výparné teplo vody, které je při 20°C 2453,5 kJ.kg⁻¹. Jedná se o vodní páru jak z paliva, tak vodní páru vzniklou spalováním vodíku.

$$Q_i^r = Q_n^r - (w^r + 9 \cdot H^r) \cdot 2453,5 \quad [kJ \cdot kg^{-1}]$$

Jak je vidět, vysušením se dá zvýšit výhřevnost paliva, jelikož dojde ke zvýšení podílu hořlaviny a zároveň k úbytku vody v palivu. Hodnoty výhřevnosti a spalného tepla se tedy přibližují.

Spalné teplo nebo výhřevnost uhlí lze určit i výpočtem z prvkového složení hořlaviny. Výpočtových vzorců je celá řada, nejstarším je vzorec Dulongův. Vzorce nejsou univerzální, platí pouze pro určitá uhlí. Dulongův vzorec je použitelný spíše pro geologicky starší uhlí.

$$Q_i^r = 33,91 \cdot C^r + 121,42 \cdot H^r - 15,18 \cdot O^r + 10,47 \cdot S^r - 2,45 \cdot w^r \quad [MJ \cdot kg^{-1}]$$

Spalné teplo se jinak určuje laboratorně:

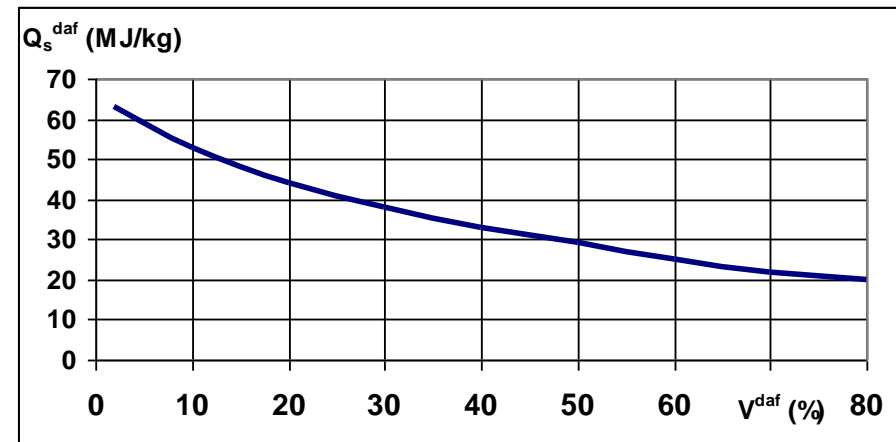
- 1g vysušeného uhelného prášku
- Kyslíková atmosféra
- Tlak cca 2,5 MPa
- Kalorimetrická bomba ponořená ve vodní lázni
- Ohřev vodní lázně \approx spalné teplo
- Korekce hodnoty



Hořlavina

- Sumární obsah všech spalitelných látek obsažených v uhlí.
- Dělí se na prchavou hořlavinu V^{daf} a tuhý zbytek C^{fix} .
- V^{daf} se zjišťuje z úbytku hmotnosti žíháním ($d_s < 0,2$ mm, 7 minut, 850°C).
- C^{fix} konstantní výhřevnost cca $33,9 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- V^{daf} nemá konstantní výhřevnost, pohybuje se od 20 po $56 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Podíl prchavé hořlaviny klesá se s geologickým stářím uhlí. Antracit obsahuje 5-10 % a hnědé uhlí až 60 % prchavé hořlaviny.



Prchavá hořlavina

Zásadně ovlivňuje průběh vznícení paliva.

- Maximum látek se uvolňuje již při 200 až 400°C.
- Při této teplotě se zapalují i dehtové páry.
- Jejich zapálení inicializuje proces hoření a tedy způsobuje růst teploty.
- Díky tomu může být zapálen tuhý zbytek (450 až 650°C).

Tuhý zbytek

Obsahuje většinu energetického podílu hořlaviny

- Hoření probíhá pomalu (90 % z celkové doby hoření)
- Ovlivňuje tepelné podmínky v ohništi

Popelovina, popel

Popelovina je směs různě chemicky vázaných minerálů.

Při spalování dochází v popelovině k chemickým reakcím a produkty těchto reakcí tvoří popel.

Produkty některých reakcí jsou plynné nebo kapalně složky a popel má tedy nižší hodnotu než je hmotnost popeloviny. Jedná se o:

- spalování sirníků železa
- rozklad uhličitanů, chloridů a síranů
- oxidace FeO
- vazby SO₂ na CaO
- odpaření zbývající vody

$$M = f \cdot A$$



Podíl popelovin M je vyjádřen jako součin koeficientu f a podílu popela A . Hodnota součinitele f se pohybuje pro domácí uhlí od 1,1 do 1,2.

Podíly jednotlivých složek znázorňuje toto schéma.



Složení popelovin je velice rozmanité, jedná se především o jíly, karbonáty, sulfidy, sulfáty, oxidy a halogenní minerály. Při rozborech je vhodné určit SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , $\text{CaO} + \text{MgO}$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, SO_3 , ze kterých se usuzují fyzikální vlastnosti popela, a v poslední době Cl, F a těžké kovy. Popel (tuhé zbytky) opouštějí kotel ve formě škváry, strusky (teplota dosáhla teploty tečení) nebo popílku.

Popeloviny mohou způsobovat při spalování potíže.

-nalepování na plochy → technologické potíže, koroze

-abraze

Teplotu tečení popela můžeme odhadnout ze složení popeloviny, kdy se určuje tzv. Teuneho číslo, což je poměr kyselých a zásaditých oxidů.

$$K_T = \frac{\textit{kyselé}}{\textit{zásadité}} = \frac{\textit{SiO}_2 + \textit{Al}_2\textit{O}_3}{\textit{Fe}_2\textit{O}_3 + \textit{CaO} + \textit{MgO}}$$

Tavitelnost	K _T	Teplota tečení
	1	°C
lehce tavitelné	2,4	1150
středně tavitelné	2,4-2,5	1150-1400
těžce tavitelné	2,5	1400

Jednotlivé teploty tavitelnosti popela se určují experimentálně v laboratořích, určují se tzv. termoplastické vlastnosti popela.

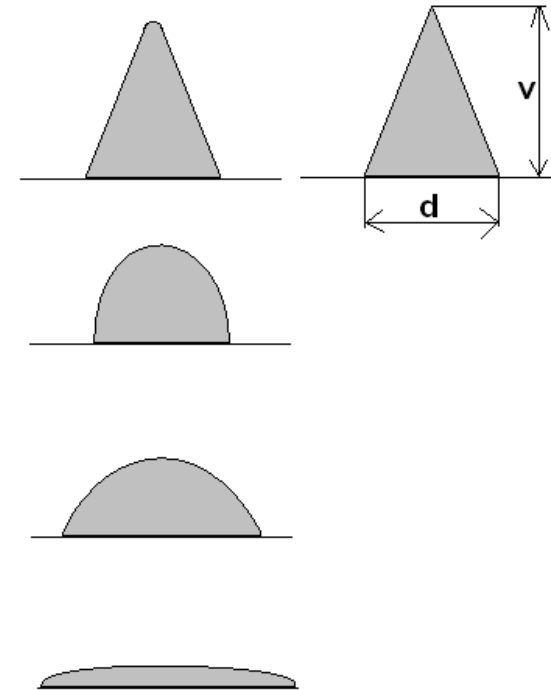
Dle normy ČSN ISO 540 se stanovují 4 teploty, vzorek popeloviny je upraven do tvaru kužele, kvádru nebo válečku.

DT – je teplota spékání (sintrace), kdy se zakulatí špička kužele.

ST – je teplota měknutí, kdy je $v = d$.

HT – je teplota tání, kdy je $d = 2v$.

FT – je teplota tečení, kdy je $v < 1/3 d$



Při použití vzorků s jiným tvarem je samozřejmě i jiný průběh deformace a teploty se určují při jiných tvarech deformovaného tělesa.

Velký vliv na uvedené teploty má i **prostředí**, ve kterém se vzorek nachází. Prostředí může být:

- oxidační
- poloredukční – nejnižší teploty tavení
- redukční

Použitá metoda může výsledné hodnoty velmi ovlivnit, proto je velice důležité při vyhodnocování výsledků **znát metodu**, kterou byly teploty zjištěny.

Tvorba nánosů

Tvorba nánosu v ohništi úzce souvisí s termoplastickými vlastnostmi popela. Nánosy dělíme na slinuté a stmelené.

Slinuté

- při teplotách vyšších než je teplota měknutí popela.
- snižuje se odvod tepla do stěn, roste teplota povrchu nánosu někdy až nad teplotu tečení
- tvoří se kompaktní nános

Stmelené

- při teplotách nižších než je teplota měknutí popela.
- při podkročení rosného bodu na teplosměnné ploše → vznik kondenzátu → nalepování popílku

Problémy s nánosy

Jak již bylo řečeno, nánosy způsobují velké technologické problémy a korozi. Nánosy mohou narůst až do tloušťky několika decimetrů.

- **značná hmotnost** → poškození ploch
→ uvolnění a pád do výsypky
→ neprůchodnost, poškození → odstavení
- snižuje se odvod tepla plochou → roste komínová ztráta, **klesá účinnost**
- popel může obsahovat složky podporující **vysokoteplotní korozi**, jako je V_2O_5 , Na_2SO_4 a $NaCl$.



Voda v palivu

Přimíšená voda

- dostává se do uhlí při těžbě, dá se jednoduše odstranit

Hrubá voda

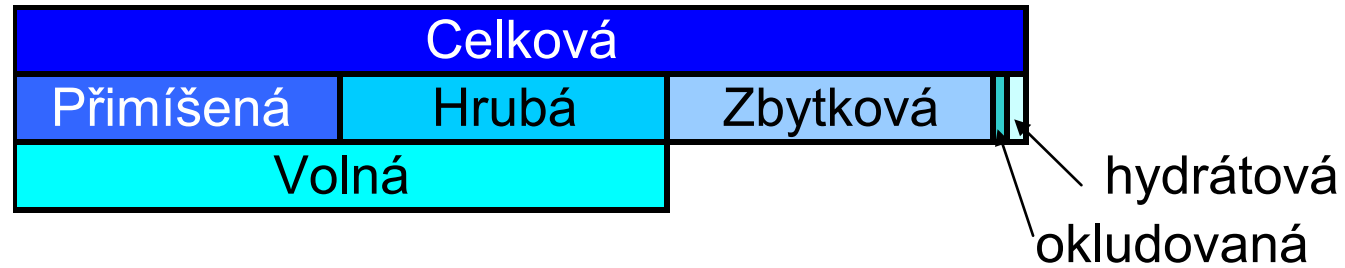
- voda odpařující se při volném vysýchání rozdrčeného vzorku na vzduchu (do 40 °C, vlhkost vzduchu cca 50%)

Zbytková (hygroskopická) voda

- voda kapilárně vázaná ve struktuře (zbytek po odpaření hrubé vody)
- uvolňuje se sušením vzorku paliva (zrno pod 0,2 mm) za zvýšené teploty při 105 °C

Celková (veškerá) voda je součet vody přimíšené, hrubé a zbytkové.

Volná vody je součet vody přimíšené a vody hrubé.



Mimo uvedené druhy je v uhlí ještě voda:

hydrátová

- krystalová voda minerálů, voda chemicky vázaná na popeloviny, běžně se neurčuje, uvolní se při teplotách rozkladu paliva a

okludovaná voda

- chemicky vázaná na hořlavinu, běžně se neurčuje, je zahrnuta v prchavé hořlavině a uvolní se rovněž až při teplotách rozkladu paliva.

Voda je v palivu balastní látkou, snižuje výhřevnost paliva a zvyšuje komínovou ztrátu.

Síra v palivu

Síra je v palivu obsažena jak v hořlavině, tak v popelu a dělí se na:

- pyritickou (pyrit, markenzit - FeS_2) $\rightarrow \text{SO}_2$
- organickou $\rightarrow \text{SO}_2$
- siřičkovou (FeS) $\rightarrow \text{SO}_2$
- síranovou (sádrovec - CaSO_4) \rightarrow zůstává v popelu



Spalitelnou sírou označujeme součet prvních tří výše uvedených.

Celkový obsah síry velice kolísá, u českého ČU se pohybuje kolem 0,7 % a u českého HU okolo 2 % v surovém stavu. Pro srovnání se uvádí měrná siřinatost.

$$S_M = \frac{1000 \cdot S_t^r}{Q_i^r} \quad [g \cdot MJ^{-1}]$$

Síra má sice energetický přínos, pro její negativní účinky, kterými je vznik SO₂, koroze a struskování, je v palivu nežádoucí.

Její obsah se dá snížit několika způsoby:

- **gravitační odlučování** uhelného prášku - snížení podílu až o 20 %
- **flotace** uhelného prášku - snížení podílu až o 50 %
- **magnetická separace** - separace pouze pyritu (podle složení až 70 %)
- chemické loužení (soli železa, alkál.sloučeniny) – velice drahé a složité, dá se však snížit podíl síry až o 70 %
- bakteriologické loužení – snížení až o 50 %, ale pouze v laboratoři, v provozních podmínkách nereálné.

Zrnitost uhlí

Zrnitost uhlí je charakterizována hmotovými podíly zrn určitých velikostí v jednotce.

- mechanizace – velký podíl jemné frakce
- zrnitost použitého uhlí musí být přizpůsobena technologii spalování
- tříděné uhlí – pro roštové kole, aby byl zajištěn rovnoměrný průchod vzduchu vrstvou paliva
- prachové podíly – pro práškové kotle – snížení nákladů na mletí

Rozměr paliva určuje jeho povrch. Čím je palivo jemnější, tím má větší povrch vztažený na hmotnostní jednotku. U uhelného prášku se jedná o hodnoty až **tisíce $m^2 \cdot kg^{-1}$** . Jelikož chemické reakce probíhají převážně na povrchu paliva, jemnost mletí je velice významný faktor ovlivňující **rychlost hoření.**

Zrnitost uhlí je charakterizována hmotovými podíly zrn určitých velikostí v jednotce.

Frakční charakteristika

- hmotnostní podíly zrn Y_x v určitém rozsahu velikosti zrn

$$Y_x = \frac{dR_x}{dx}$$

Zbytková charakteristika

- podíl zrn R_x , která zůstanou na síti s příslušnou velikostí mezer

$$R_x = \frac{m|_x^{x_{MAX}}}{m_{CELK}}$$

Propadová charakteristika

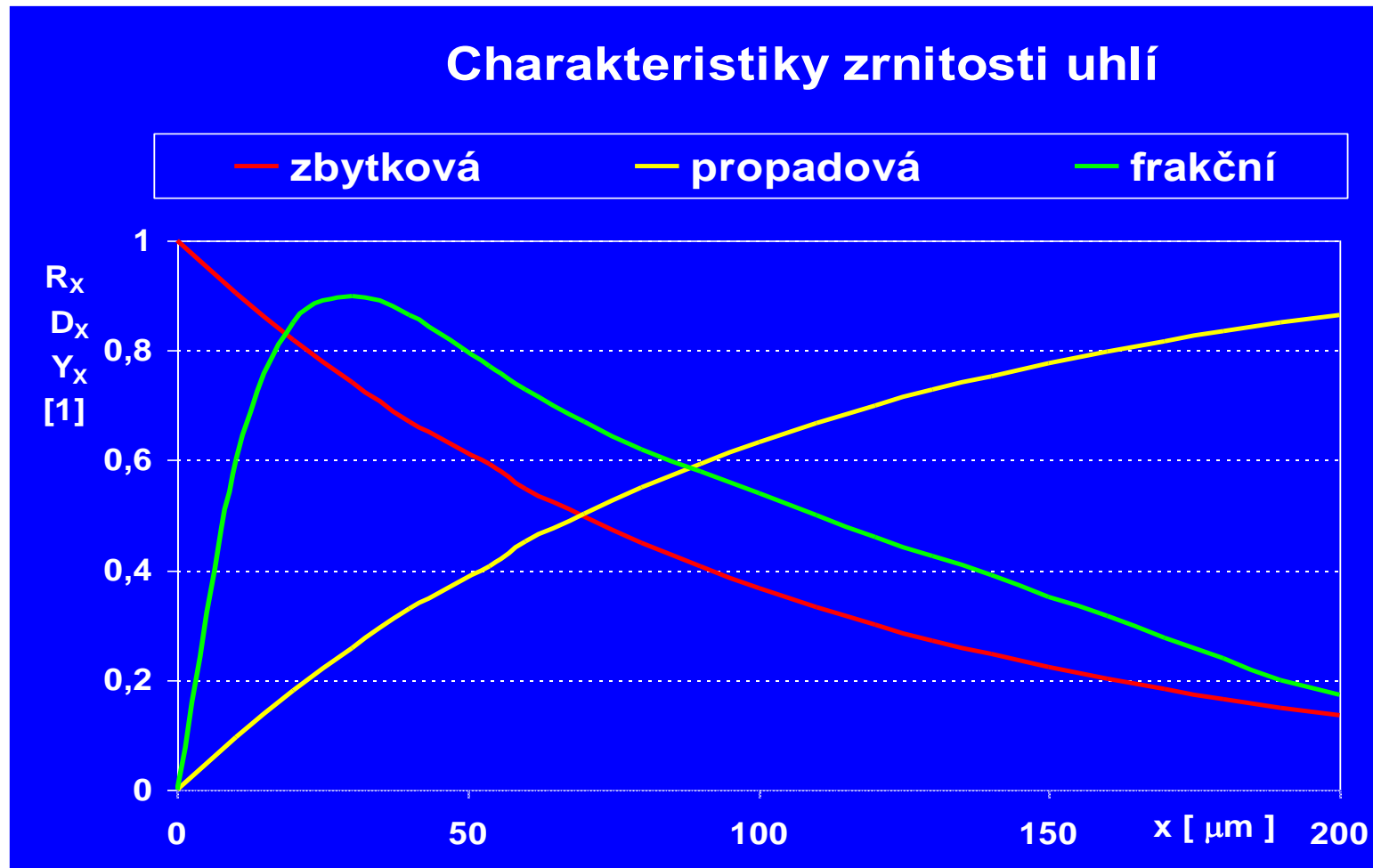
- podíl zrn D_x , která propadnou sítem s příslušnou velikostí mezer
- komplementární ke zbytkové charakteristice

$$D_x = \frac{m|_0^x}{m_{CELK}}$$

$$D_x = 1 - R_x$$

V rovnicích je m hmotnost paliva a x je rozměr paliva.

Charakteristiky zrnitosti uhlí



Zbytková charakteristika se dá matematicky popsat a nejlépe vyhovuje pro uhelný prášek a popílek.

Rosin-Rammlerův vztah:
$$R_X = e^{-b \cdot x^n} = e^{\left(-\frac{x}{x_0}\right)^n} \quad [1]$$

- exponent n vystihuje vnitřní skladbu velikosti zrn, čím je n větší, tím je zrnění rovnoměrnější, a tedy tím více se blíží monodisperzní skladbě ($n=1$)
- koeficient b vyjadřuje způsob a jemnost mletí
- parametr x_0 je charakteristikou zrnitosti, jeho velikost plyne z podmínky, že zbytek na síť pro tento rozměr R_{x_0} je 0,368 (odvozeno níže).

Pro polydisperzní směs je $n=0$, kdy mají všechny velikosti zrn stejný poměrný zbytek na síť, platí:

$$R_X = e^{-1} = \frac{1}{e} = 0,368 \quad [1]$$

Díky platnosti Rosin-Rammlerova stačí palivo přesít jedním sítem a křivky dopočítat. V praxi se měří na dvou s otvory 90 a 200 mm.

Další charakteristiky uhlí

Melitelnost – je vlastnost uhlí dělit se na menší částice působením mechanických sil.

Hodnotí se:

podle mlecí práce [$\text{kWh}\cdot\text{t}^{-1}$] – při stejné jemnosti mletí
podle jemnosti mletí – při stejné mlecí práci

Samovznětlivost – je schopnost vznítit se samovolně při skladování

- oxidace probíhají i za běžných teplot → vývin reakčního tepla
- snadněji se zapaluje prchavá hořlavina – hnědé uhlí
- pro snížení množství vzduchu ve vrstvě paliva se palivo hutní(válcuje)
- při požáru je hašení málo účinné → co nejrychleji dopravit do kotle

Spékavost – je vlastnost uhlí spojovat se ve větší shluky. Příčinou je složení popeloviny. Mírné spékání je pozitivní (propad), spékání ve větší míře způsobuje velký nedopal a potíže při odvodu tuhých zbytků z roštu.

Obsah dusíku – při teplotách do 1200°C je podstatný podíl NO_x ve spalinách tvořen právě z dusíku v palivu. tento parametr se určuje převážně u nízkovýhřevných uhlí. V domácím uhlí je dusíku 0,9 až 1,1 %.

Pro určení zda je uhlí vhodné pro výrobu koksu se zjišťují **koksovací parametry:**

- index puchnutí SI
- dilatace dil_b
- prchavá hořlavina V^{daf} .

Uhlí vhodné pro koksování se pro energetiku většinou nepoužívá.

Kapalná a plynná paliva

Kapalných a plynných paliv se užívá v energetice v menší míře a používají se často současně s uhlím, a to z důvodu:

- najíždění
- stabilizace
- eliminace emisí NO_x .

Jiným případem kombinovaného spalování je termická likvidace odpadních plynů. V tomto případě se jedná opravdu o likvidaci těchto plynů, v nejlepším případě jich lze využít pro eliminaci emisí NO_x .



Ropa a ropné produkty

Ropa je žlutohnědá kapalina organického původu, složení ropy různého původu se příliš nemění.

	Hustota	Chemické složení					Výhřevnost
Druh oleje	ρ [kg/m ³]	C [%]	H [%]	O [%]	N [%]	S [%]	Q_i^r [MJ/kg]
Extra lehký	0,84	85,9	13,0	0,4	-	0,7	42,7
Lehký	0,89	85,5	12,5	0,8	-	1,2	42,3
Střední	0,85-0,93	85,3	11,6	0,6	-	2,5	40,8
Těžký (mazut)	0,95-0,97	84,0	11,0	1,1	0,4	3,5	40,2
Dehet	1,05	89,4	6,6	1,8	1,4	0,8	37,7
Ropa	proměnná	83-87	11-14	0,01-1,1	0,02-0,9	0,1-3,0	43,5-46,0

Parametry kapalných paliv

Teplota tuhnutí

Teplota vzplanutí



Teplota hoření

Teplota zápalnosti

- roste s hustotou (TTO cca 35°C)
- při přiblížení vzplanou páry a zhasnou
- dolní hranice výbušnosti
- podle této teploty se hodnotí třídy výbušnosti
 - I.třída – do 21°C
 - II.třída – od 21 do 65°C
 - III.třída – od 65 do 125°C

- při přiblížení vzplanou páry a stabilně hoří
- vzplanutí bez přiblížení ohně

Parametry kapalných paliv

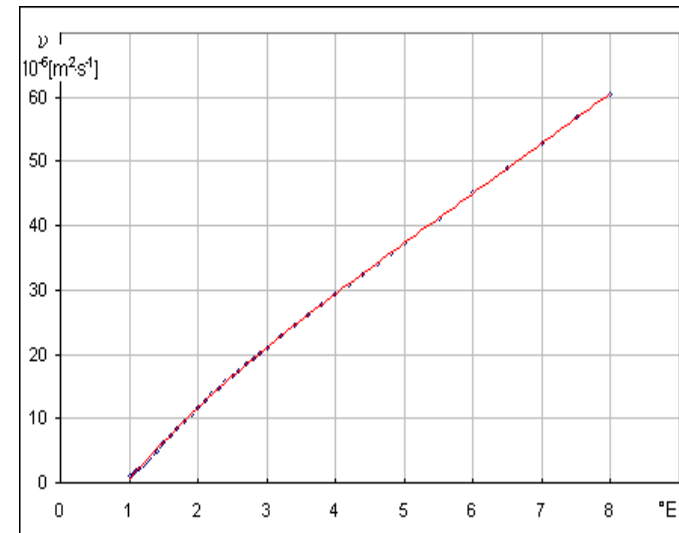
Vazkost - míra tekutosti

- význam při manipulaci (čerpání) a při rozprašování v hořáku
- užívají se jednotky °E – st. Englera

Pro dopravu v potrubí musí být vazkost nižší než 80°E a pro vyhovující rozprašení v hořáku 2 - 4°E. Snížení vazkosti je možno dosáhnout zvýšením teploty na cca 140-160°C.

Pro přepočítání mezi viskozitou ve °E a kinematickou lze následného grafu, pro přepočítání viskozity větší než 5°E lze užít vzorce :

$$\nu [m^2 \cdot s^{-1}] = E [^{\circ}E] \cdot 7,6 / 10^6$$



Parametry kapalných paliv

- Popelovina**
- výrazné nižší podíl než u uhlí
 - složky popela tvoří s oxidy síry **lehce tavitelné a korozivně aktivní** sloučeniny
 - část popeloviny v plameni sublimuje a následně kondenzuje na teplosměnných plochách a vytváří základ pro stmelených nánosů

Nízkoteplotní koroze - je způsobena působením **kyseliny sírové**, která vzniká z vodní páry a oxidu sírového. Vzhledem k tomu, že v palivu je velké množství vodíku, vzniká i velké množství vody.

Vysokoteplotní koroze – při teplotách nad 600 – 650°C dochází k oxidaci povrchu teplosměnných ploch (omezení teploty přehřáté páry na 540°C). Tento jev je výrazně urychlován přítomností V_2O_5 . Korozi lze omezit snížením koncentrace O_2 a SO_2 ve spalinách.

Zemní plyn a odpadní plyny

Zemní plyn představuje směs plynů a par, která obsahuje značný podíl metanu. Ložiska jsou tvořena nejčastěji porézními pískovci a často se vyskytují spolu s ropnými ložisky. Výhřevnost se pohybuje nad 35 MJ.m^{-3} .

Složky zemního plynu	Objemový podíl složky v zemním plynu [%]				
	Tranzitní ZP	Norský ZP (Ekofisk)	Alžírský ZP (Hassi R Mel)	Jihomoravský ZP	Holandský ZP (Groningen)
Methan CH_4	98,39	85,80	86,90	97,70	81,31
Etan C_2H_6	0,44	8,49	9,0	1,20	2,85
Propan C_3H_8	0,16	2,30	2,60	0,50	0,37
Butan C_4H_{10}	0,07	0,70	1,20	-	0,14
Pentan C_5H_{12}	0,03	0,25	-	-	0,09
Dusík N_2	0,84	0,96	0,30	0,60	14,35
Oxid uhličitý CO_2	0,07	1,50	-	-	0,89

Úprava ZP

- čištění od mechanických příměsí (abraze, koroze, toxicita)
- odstranění sirovodíků
- sušení – vychlazování, adsorbce
- přidání páchnoucích látek

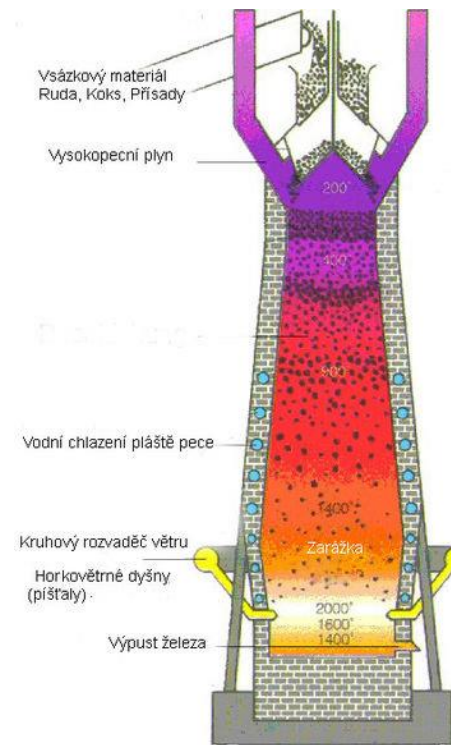
Odpadní plyny

Degazační (důlní) plyn

Uniká z dolů při těžbě, velmi proměnlivé složení od 96 % metanu až po tak nízké koncentrace, že je jeho využití problematické.

Vysokopecní plyn

Vzniká jako vedlejší produkt výroby železa. Jedná se o nízkovýhřevný plyn s výhřevností cca 4 MJ.m^{-3} , obsahuje asi 60 % N_2 , 30 % CO , 2 % H_2 a zbytek je CO_2 . Jeho samotné spalování je problematické, ale díky velkému podílu CO se dá využít k redukci NO_x .



Koksárenský plyn

Vzniká při koksování uhlí. Jedná se o mnohem kvalitnější palivo než je vysokopecní plyn, má výhřevnost asi $16 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ a složení: 50 % H_2 , 23 % CH_4 , 10 % CO a zbytek tvoří hlavně N_2 , CO_2 . Používá se hlavně jako palivo pro ohřev koksárenských baterií. Obsahuje také sloučeniny síry, proto se spaliny musí čistit.



Konvertorový plyn

Vzniká při výrobě oceli v konvertoru. V oceli se redukuje obsah uhlíku kyslíkem. Hlavní spalitelnou složkou je tedy oxid uhelnatý, který obsahuje asi 73 %. Dalšími složkami jsou: 3 % H_2 , 16 % CO_2 a 8 % N_2 .



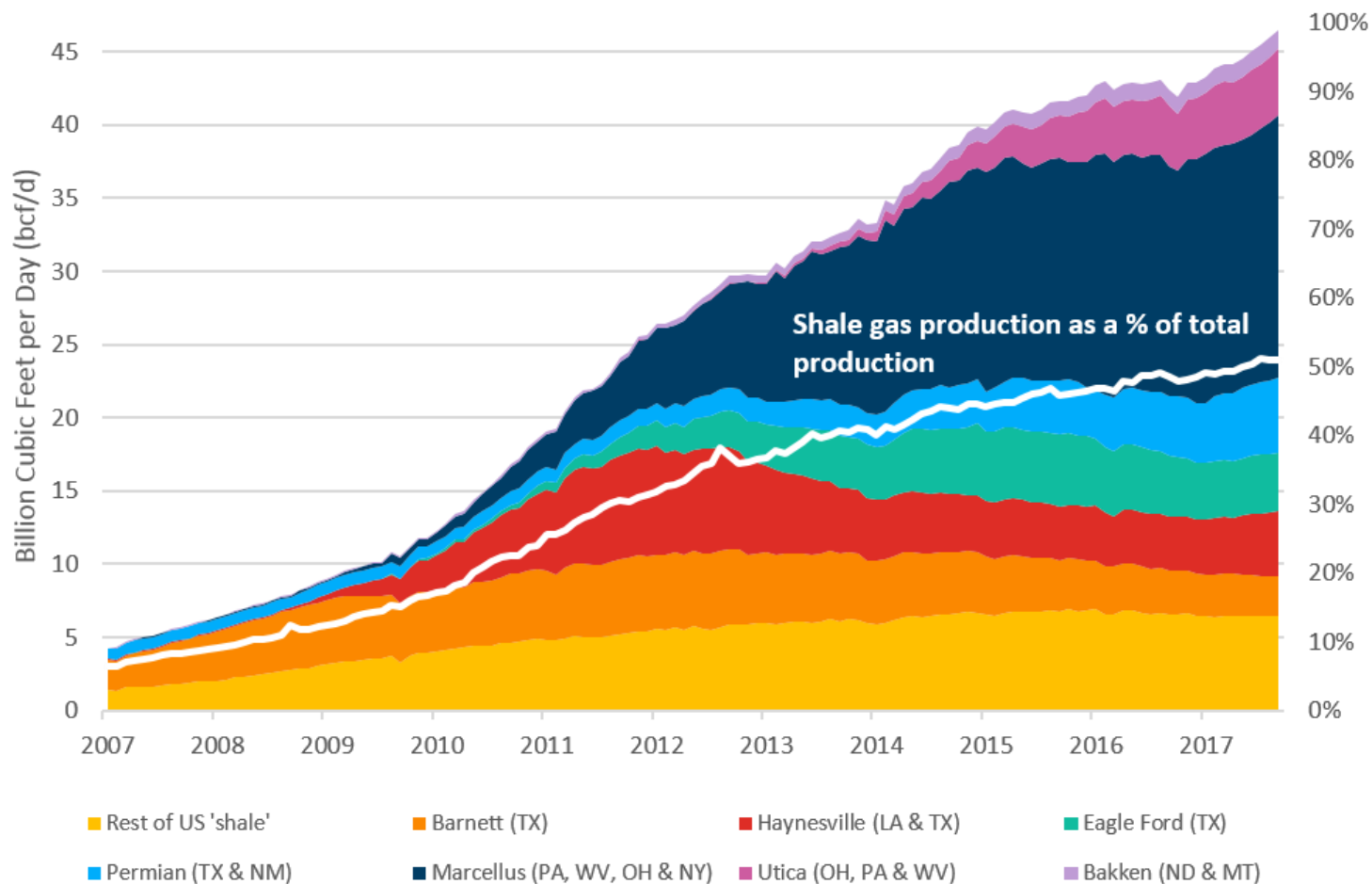
Břidlicový plyn

Břidlicový plyn (shale gas) se nachází hluboko pod povrchem a je uvězněn v nepropustných horninách, zejména břidlicích. Břidlice se často nachází v podloží klasických ložisek plynu, nicméně díky jejich nepropustnosti, je složitější vytěžit z nich plyn. Kromě břidlic se může metan nacházet i v dalších nepropustných horninách jako jsou například písky

<https://www.youtube.com/watch?v=3byfKoaPAoI>

Produkce břidlicového plynu

U.S. Shale Gas Production by Play



Center for Strategic and International Studies | Energy and National Security Program
Source: Adapted from U.S. Energy Information Administration Data (October 2017).

Uměle vyrobené plyny



Bioplyn

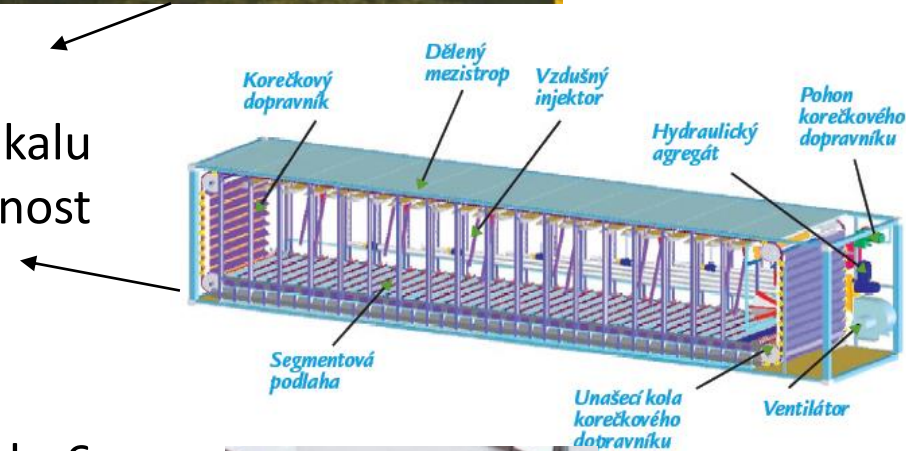
Vzniká anaerobní fermentací exkrementů a kalu odpadních vod. Hlavní složkou je metan (výhřevnost okolo $22-25 \text{ MJ.m}^{-3}$).

Dřevoplyn (energoplyn)

Hlavní složkou je CO , H_2 a metan, výhřevnost okolo 6 MJ.m^{-3} . Využití je omezeno velkým množstvím dehtů.

Směsné plyny

Vyrobeny dle potřeby technologie z odpadních plynů ve směšovacích stanicích.

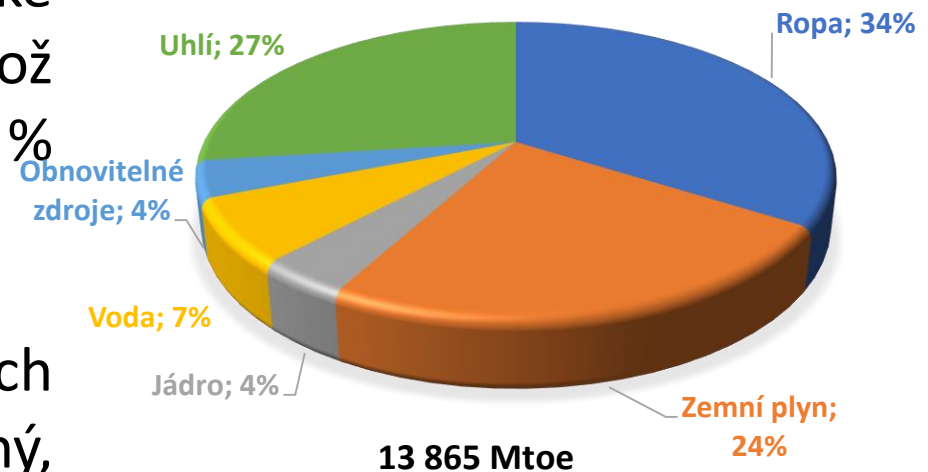


Postavení fosilních paliv v energetice

Fosilní paliva mají v dnešní době naprosto dominantní postavení ve spotřebě paliv.

Současná energetická poptávka v Evropské Unii je kryta z 80 % fosilními palivy, z čehož 42 % tvoří ropa, 22 % zemní plyn a 16 % tuhá fosilní paliva.

Ve světě je situace obdobná, podíl fosilních paliv na celkové spotřebě energie je stejný, liší se pouze podíl jednotlivých druhů fosilních paliv, viz graf z roku 2018, zdroj: The Space options 2019.



Budoucnost fosilních paliv

Fosilní paliva kryjí naprostou většinu spotřeby energie na světě a dle předchozích grafů to tak i v blízké budoucnosti zůstane.

V blízké budoucnosti se tedy nedá očekávat, že budou fosilní zdroje nahrazeny jiným zdrojem, bez fosilních paliv se neobejdeme.



Jiné druhy paliv



Biopaliva

Mezi biopaliva můžeme považovat veškerá paliva pocházející z biomasy. Za biomasu můžeme považovat velkou škálu materiálů od dřeviny – ve všech podobách, přes traviny, kaly odpadních vod, zbytky ze zemědělské výroby, vytríděné odpady až po kejdu zemědělských zvířat.

Výhody

- neutrální bilanci CO_2 , emise SO_2 jsou nepatrné
- chemická energie biomasy = akumulovaná energii slunečního záření
- zdroj s obnovitelným charakterem
- domácí zdroj energie lokálního významu
- pěstování, úprava a prodej - nové pracovní příležitosti.
- utváření a péče o krajinu

Pevná biopaliva

Jedná se dřeviny, traviny a stébelniny upravené do formy vyhovující dané technologii. Jedná se buď o volné kusové dřevo, balíky, pakety, štěpku, brikety a pelety. Jejich náhrada za fosilní tuhá paliva vyžaduje v některých případech značné technologické úpravy spalovacího zařízení, pro některé formy biomasy lze použít spalovací zařízení využívající fosilní paliva.

Parametry biomasy

Složení hořlaviny biomasy se příliš nemění:

C - 50 %, H – 6 %, O – 42,5 % a N – 0,5 %.

Výhřevnost hořlaviny se také nemění, pohybuje se kolem $18,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

Biomasa je charakteristická **velkým množstvím prchavé hořlaviny**, jejíž podíl se pohybuje od 70 do 85 % (dlouhá spalovací komora).

Popelovina

V biomase je zpravidla **malé množství popelovin**, množství se pohybuje od 0,2 do asi 8 %. U obilovin se jedná o množství v horní polovině, u dřeva u spodní hranice.

Nejen množství popelovin je u biomasy charakteristické, podstatné jsou i **vlastnosti popela**. Popelovina z biomasy má mnohem **nižší teploty tavení** a to z důvodu většího množství draslíku, sodíku a chloru v popelovině. Tyto vlastnosti jsou pozorovatelné hlavně u stébelnin.

Obsah vody

Tento parametr je pro biomasu také charakteristický. Množství vody v biomase je totiž **velice proměnlivé**. S rostoucím množstvím vody v palivu klesá výhřevnost paliva, takže je třeba využívat biomasu co možná nejvíce vysušenou.

Vlhkost v palivu W^r (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Výhřevnost paliva Q_i^r (MJ/kg)	18,50	16,40	14,31	12,21	10,12	8,02	5,93	3,83	1,74

Kapalná biopaliva

Jedná se o metyl-estery řepkového oleje – bionafta a bioetanol. Jejich výroba je zatím poměrně nákladná a bez dotací by tato paliva nemohla cenově konkurovat palivům z ropy. Jejich množství je také omezené množstvím pěstebních ploch řepky a obilovin. Paliva se užívají především pro pohon spalovacích motorů.



Plynná biopaliva

Bioplyn

Dřevoplyn (energoplyn) Podrobněji popsány výše.



Odpady

Mezi odpady vhodné k použití jako paliva můžeme považovat spalitelné průmyslové odpady (oleje, kaly a piliny) a komunální odpady, které již nelze materiálově využít.

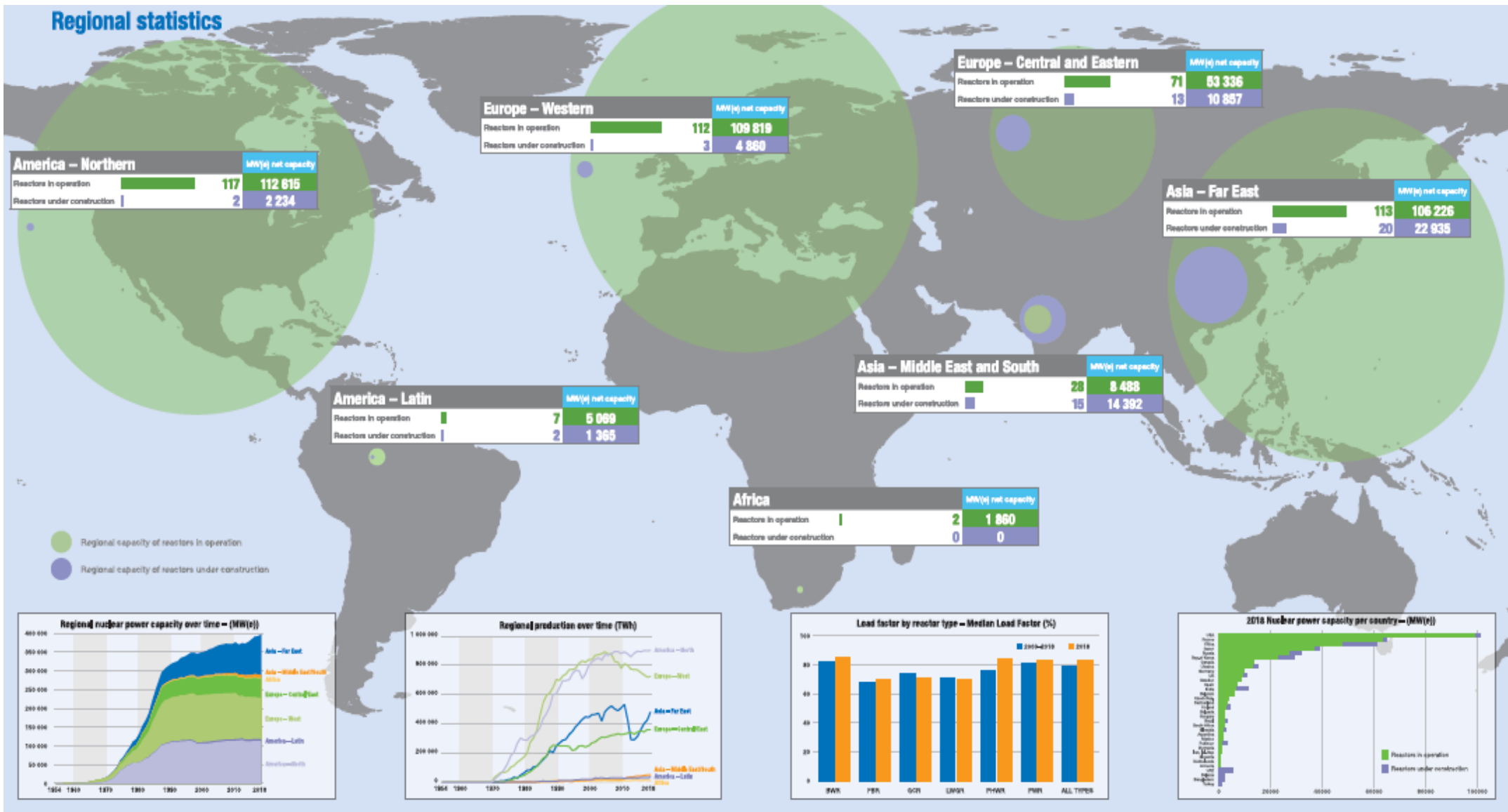
Jejich spalování je výhodné z několika důvodů. Využije se jejich energetický potenciál, zmenší se jejich objem a eliminuje se infekční riziko (např. u nemocničních odpadů).

Vlastnosti se velice liší podle druhu odpadu, u komunálního odpadu je nutná neustálá homogenizace, aby měl odpad stále podobné vlastnosti. Je nutné zajistit dostatečnou teplotu po určitý čas, aby došlo k dokonalému spálení škodlivých organických látek.

Používají se nejčastěji kotle s vratisuvným roštem nebo válcové pece.



Jaderné elektrárny ve světě (2018)

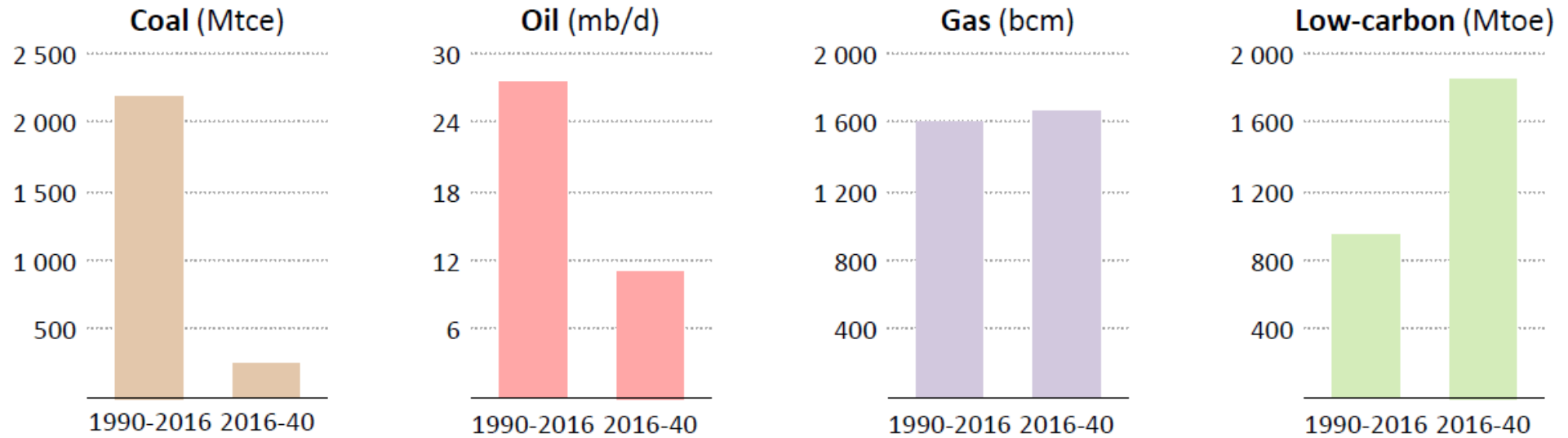


Charakteristiky paliv

Change in primary energy demand, 2018-2040 (in Mtoe)

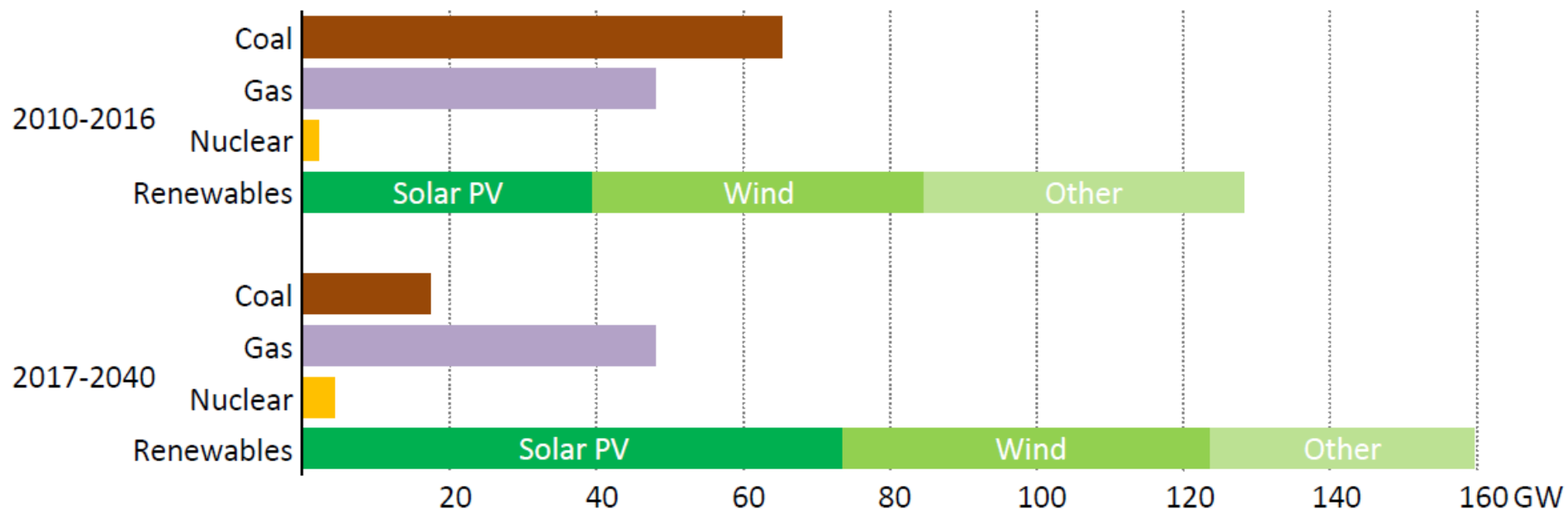


Change in world energy demand by fuel

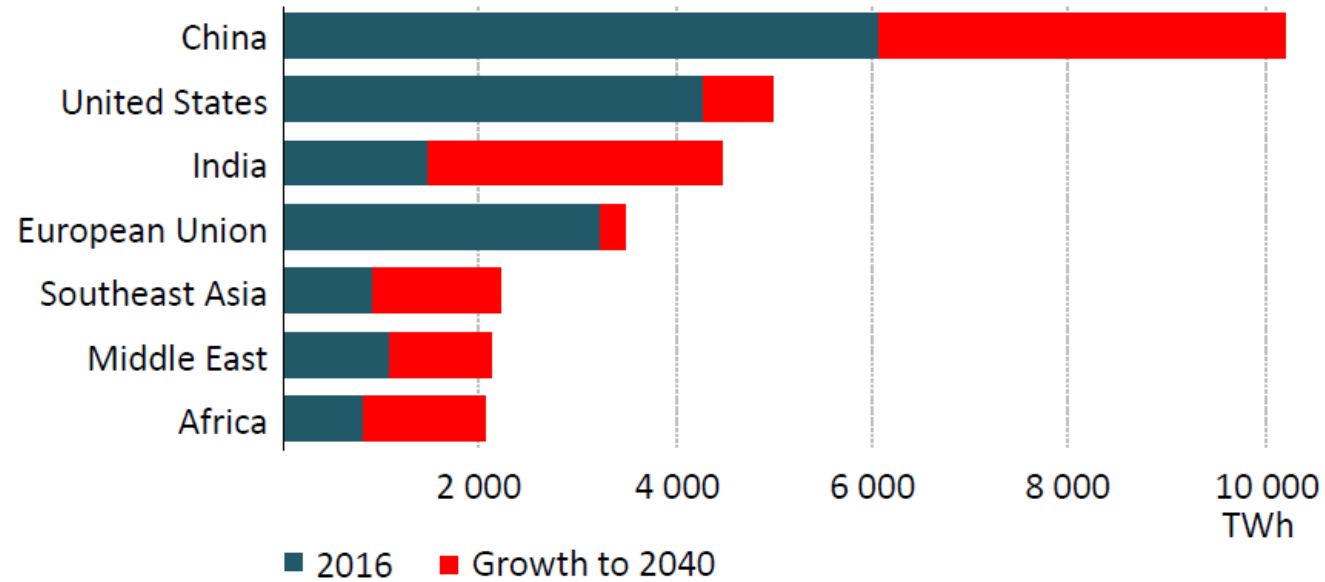


Low-carbon sources & natural gas meet 85% of the increase in global demand:

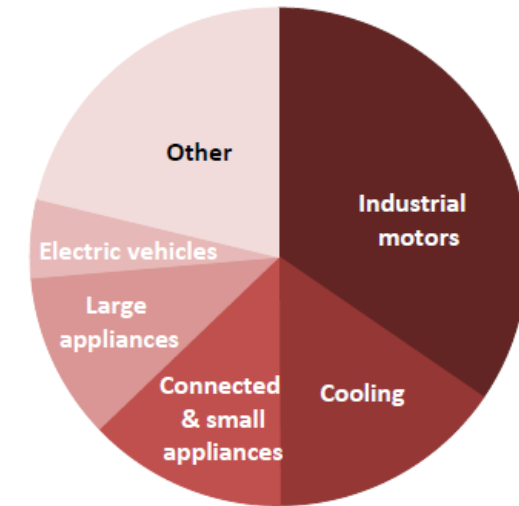
Global average annual net capacity additions by type



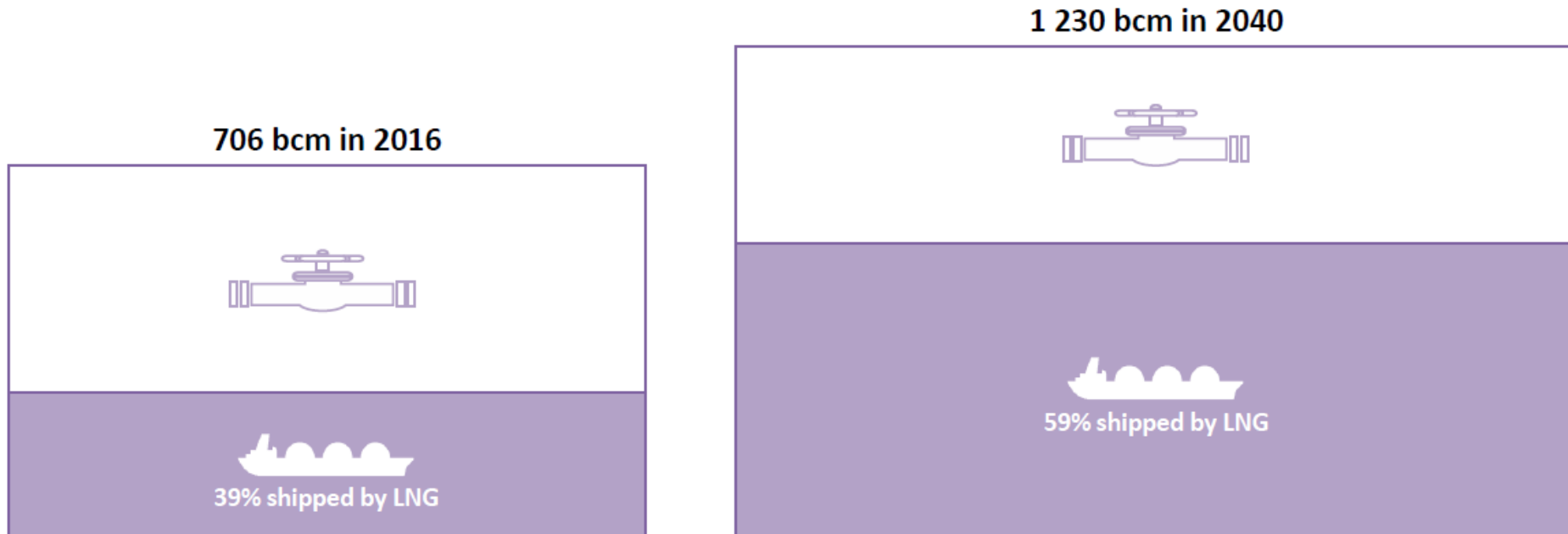
Electricity generation by selected region



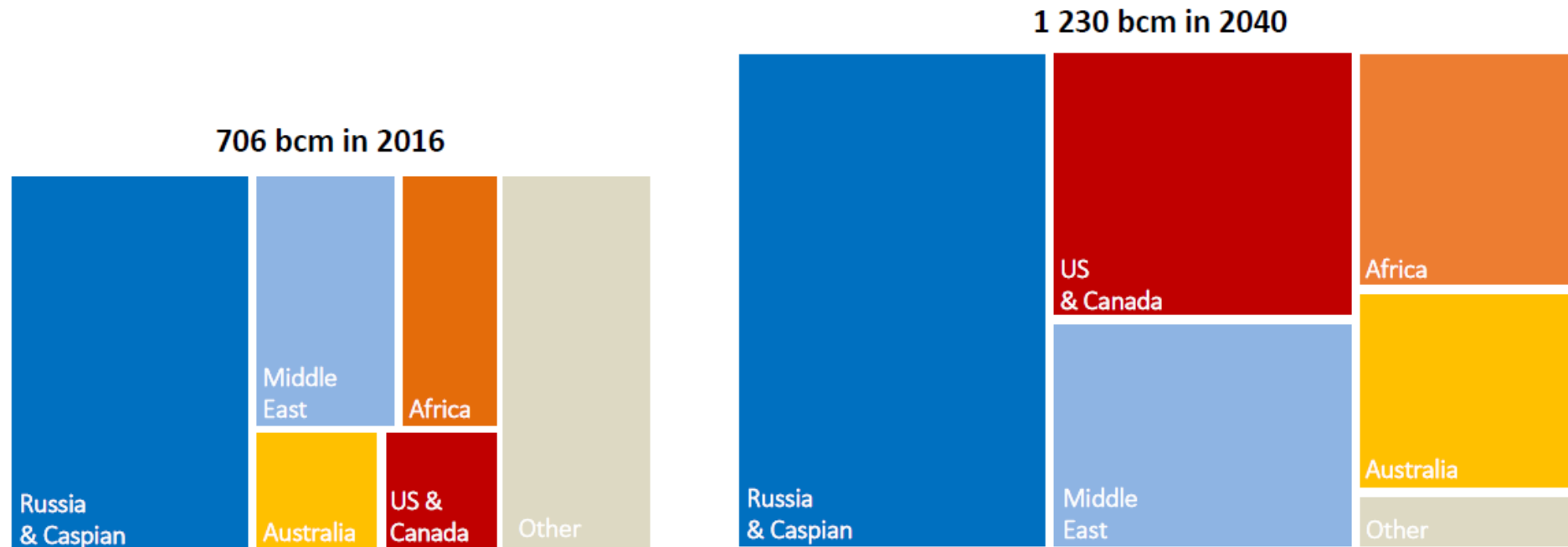
Sources of global electricity demand growth



Global gas trade



Gas exporters



Děkuji za pozornost