
AZ EURÓPAI UNIÓ EGYSÉGES FÖLDGÁZ ELSZÁMOLÁSI MÉRTÉKRENDSZERE

GÁZIPARI FOGALMAK

*Készült
a Magyar Mérnöki Kamara
Gáz- és Olajipari Tagozatában*

*Szerkesztette: dr. Szilágyi Zsombor
és dr. Szunyog István*

2016

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Az Európai Unió egységes földgáz elszámolási mértékrendszere	4
3. Gázipari fogalmak	7
3.1. Geológiai fogalmak	7
3.2. Gázok és gázkeverékek fizikai-kémiai jellemzői	8
3.3. Gázok tüzeléstechnikai jellemzői	23
3.4. Áramlástechnikai fogalmak	28
3.5. Mértékegységek átszámítása	32
4. Felhasznált irodalom	35

1. Bevezetés

A '90-es évek végén az Európai Unió megfogalmazta az egységes belső földgázpiac megteremtésének igényét, amely képes fokozni a Közösség versenyképességét, valamint a piac hatékonyabb működését. Az integrációval a fogyasztók és az uniós gazdaság számára elérhetővé válnak a legkedvezőbb árak, a magasabb szintű szolgáltatások és az ellátás biztonságának fenntartása mellett.

Az Európai Unió a közösségi földgázpiac integrációjának megvalósítása érdekében a kapacitáskiosztás, a torlódáskezelés, az egyensúlytartás, a tarifaszervezet, az adatcsere, a beruházások illetve a transzparencia szabályait kívánja egységesíteni. Az integrációs folyamat ugyan még nem ért véget, de számos területen – így az egységes gázpiaci mértékrendszert illetően is – már megjelentek az uniós rendelkezések.

A Magyar Mérnöki Kamara megbízta a Gáz- és Olajipari Tagozatát, hogy az EU 715/2009/EK és 312/2014/EU rendelet alapján kiadott 91/2015. (IV.9.) Kormányrendeletnek megfelelő egységes gázpiaci mértékrendszer bevezetéséhez készítsen olyan tájékoztató anyagot, amely elsősorban a gázelosztói engedélyesek (és rendszerüzemeltetők) ügyfélszolgálatait segíti az ügyfelek helyes tájékoztatásában.

E tájékoztató célja az, hogy ismertessük – a korábbi hazai szabályozástól eltérő – európai földgáz elszámolási mértékrendszer elemeit, bemutassuk a fontosabb földgázipari és geológiai fogalmakat, a gázok fizikai-kémiai jellemzőit, valamint hogy segítséget nyújtson a mértékegységek átszámításához.

2. Az Európai Unió egységes földgáz elszámolási mértékrendszere

Az ebben a fejezetben található fizikai fogalmakról a Gázipari fogalmak részben talál magyarázatot, részletes kifejtést.

Az Európai Unió 715/2009/EK rendeletét 2013. október 14-én hirdették ki. A rendelet a földgázszállító hálózathoz hozzáférés feltételeiről szól, de fontos része az aukciós eljárások, határkeresztező kapacitás termékek és a nemzetközi együttműködés elszámolása egységesítésének is. A rendelet egységesíti az EU-ban a térfogatot, az energia mértékegységet és az energia referencia állapotot. Az EU 312/2014/EU rendelete szintén a nemzeti földgáz piacok egységesítésére törekszik, ezért 2014-ben elrendelte az elszámolásoknál az azonos mértékegységek használatát. A rendelet előírja, hogy **minden elszámolást energia tartalomban kell készíteni**, és ennek **mértékegysége a kWh** lesz. Kiterjesztik ezt a szabályt az allokálásra, az értesítési mennyiségekre, a nominálásra és újra nominálásra, az információ szolgáltatásra és a szállító informatikai platformján megjelenő adatokra.

A hazai jogalkotás viszonylag gyorsan követte az EU rendeleteket: 2015. április 16-án hatályba lépett a 91/2015. (IV.9.) Korm. rendelet. A rendelet **új földgáz piaci elszámolási mértékegységeket** vezetett be:

- a **hőmennyiség kWh-ban** (eddig MJ-ban kellett számolni),
- a **térfogat referencia állapot 0°C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson**, fizikai normál köbméterben kifejezve (eddig 15°C és 1,01325 bar referencia értékekkel, gáztechnikai normál köbméterben kellett számolni),
- az **égéshő 25°C égési referencia hőmérsékleten** (eddig 15°C hőmérsékleten mért fűtőértéket kellett használni), valamint a
- a **Wobbe számot is kWh/m³ mértékegységben** kell használni.

A szállítórendszer betáplálási és kiadási pontján, az elosztó rendszeren az energia forgalmat kWh-ban, 0°C és 1,01325 bar referencia állapotban, 25°C-ra vonatkoztatott égéshővel kell számolni **2015. október 1-től**.

Az áttekinthetőség érdekében a földgázszállító (FGSZ Zrt.) mindkét mértékegységben köteles közzétenni a rendszer meghatározott pontjaira vonatkozó energia forgalmat: 15°C hőmérsékleten mért térfogatban és 15°C alapú fűtőértékben is, valamint 0°C hőmérsékletű térfogatban és 25°C alapú égéshőben is.

A földgáz felhasználókat részletesen és közérthetően kell tájékoztatni a változásról. A földgáz egy gázkeverék, amelyben éghető (metán, etán, propán, bután, stb.) és nem éghető alkotórészek (széndioxid, nitrogén) is vannak. A földgáz összetétele időnként kismértékben változik.

A földgáz fűtőértékének és égéshőjének leírását a Gázipari fogalmak fejezetben találja meg.

Az európai földgáz piacon az egységes mértékrendszer bevezetése azért is fontos, mert például a szomszéd országokban is eltérő referencia állapotokat használnak:

Ország	Fűtőérték vagy égéshő és referencia hőmérséklet	Térfogat referencia hőmérséklet
Horvátország	Fűtőérték 15°C-on	15°C
Szerbia	Fűtőérték 15°C-on	15°C
Románia	Égéshő 15°C-on	15°C
Ausztria	Égéshő 25°C-on	0°C
Ukrajna	Fűtőérték 20°C-on	20°C
Szlovákia	Fűtőérték 25°C-on	20°C

Az átállás a nemzetközi szállításoknál átmeneti zavart is okozhat.

A földgáz legfontosabb éghető alkotóinak fűtőértéke* és égéshője*:

Földgáz alkotó	Fűtőérték (MJ/Nm ³)	Égéshő (MJ/Nm ³)	Fűtőérték (kWh/Nm ³)	Égéshő (kWh/Nm ³)
METÁN	35,95	39,89	9,99	11,09
ETÁN	59,57	63,55	16,56	17,67
PROPÁN	93,91	101,98	26,11	28,35
BUTÁN	122,57	132,69	34,08	36,89

*15°C referencia hőmérsékleten

A táblázatban a Nm³ a 0°C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson mért térfogatot jelenti.

Az átszámoláshoz: 1 kWh = 3,6 MJ

A földgáz fűtőértéke és égéshője a gáz összetételéből pontosan kiszámítható. Az FGSZ Zrt. hitelesített kromatográfokkal méri a földgáz összetételét. A négyperces mérések számtani közepe adja a napi átlagos fűtőértéket.

A forgalomba kerülő földgáz összetétele nem állandó. Magyarország területének nagyobb részén állandóan orosz import gáz van jelen, ennek fűtőértéke és égéshője ritkán és kismértékben változik. Az orosz földgáz jellemző összetétele:

ÖSSZETEVŐ	Térfogat %
METÁN (CH ₄)	98,4
ETÁN (C ₂ H ₆)	0,5
PROPÁN (C ₃ H ₈)	0,2
BUTÁN (C ₄ H ₁₀)	0,1
SZÉNDIOXID (CO ₂)	0,4
NITROGÉN (N ₂)	0,4

Az ország egyes területein a hazai termelésű földgázt és az import gázt keverik. A keveréssel a földgáz energia jellemzőit (égéshő, fűtőérték) igyekeznek állandó értéken tartani. A földgáz összetétel változatossága miatt van nagy szerepe annak, hogy a FGSZ Zrt. rendszeresen, településenként közreadja (Minőség Elszámolási Rend) a mért

égéshőt (fűtőértéket). A 15°C referencia értékről a 25°C-ra átállás várhatóan nem jelent semmilyen elszámolási gondot.

Át kell állni az **egységes referencia térfogatra** is. A határidő előtt a magyar földgáz piacon 15°C-on és 1,01325 bar nyomáson mért térfogattal számoltunk, ezt a mennyiséget hívtuk gáztechnikai normál köbméternek. Ugyanekkor az orosz gáz elszámolásánál 20°C-ot és 1,01325 bar referencia értékeket használtak, az osztrák importnál pedig 0°C-t és 1,01325 bar nyomást (ezt normál köbméternek, Nm³, vagy fizikai normál köbméternek nevezzük).

A különböző referencia hőmérsékletek közötti átszámításnál a földgázt ideális gáznak tételezzük fel, és a következő értékekkel számolunk:

	0°C-on	15°C-on	20°C-on
1 m³ gáz 0°C-os	1,0000 m ³	1,0550 m ³	1,0732 m ³
1 m³ gáz 15°C-os	0,9480 m ³	1,0000 m ³	1,0173 m ³
1 m³ gáz 20°C-os	0,9318 m ³	0,9829 m ³	1,0000 m ³

Az energiát a világban sokszor tonna-olajegyenértékben mérik, a szokásos átszámítás:

$$1 \text{ toe} = 41,868 \cdot 10^9 \text{ J}$$

A lakossági gázszámlán még egy darabig m³ mérőállás, MJ energia tartalom és MJ/m³ fűtőérték szerepel. A gázmérők belső térben továbbra is m³-t mérnek a gázmérő környezetének hőmérsékletén, a szabadban pedig 15°C-ra korrigált térfogatot. A hatósági árrendeleteken is át kell majd vezetni az új mértékegységeket.

Az európai földgáz piaci elszámolások egységes rendszere érdekében egységes mértékegységeket kell bevezetni az alábbi táblázatnak megfelelően:

	Régi mértékegységek	Új mértékegységek
REFERENCIA ÁLLAPOT	15°C; 1,01325 bar	0°C; 1,01325 bar
TÉRFOGAT	gáztechnikai normál köbméter, gnm ³	fizikai normál köbméter, Nm ³
ENERGIA	gnm ³ · fűtőérték Joule, J	Nm ³ · égéshő kilowattóra, kWh
FŰTŐÉRTÉK	15°C referencia hőmérsékleten	
ÉGÉSHŐ	25°C referencia hőmérsékleten	

	Égéshő*			Fűtőérték*		
	MJ/kg	MJ/Nm ³	kWh/Nm ³	MJ/kg	MJ/Nm ³	kWh/Nm ³
METÁN	55,52	39,74	11,04	50,03	35,81	9,95
ETÁN	51,90	69,63	19,34	47,51	63,74	17,72
PROPÁN	50,33	99,01	27,51	46,33	91,15	25,34
BUTÁN	49,51	128,37	35,66	45,73	118,56	32,96

*298,15 K (25°C); 101,325 kPa

3. Gázipari fogalmak

3.1. Geológiai fogalmak

Konvencionális földgáz lelőhely

Hagyományos földgáz lelőhely, üledékes kőzetekben alakul ki. A kőzetre jellemző a viszonylag nagy porozitás (1...30 %) és a magas permeabilitás (0,001...1 D). A lefűrt kutak akár 50 évig is termelhetnek.

Mobil gáz

Az a gázmennyiség, amelyet a föld alatti gáztárolóba be lehet tölteni, majd onnan kivenni.

Nem konvencionális földgáz lelőhely

Jellemző előfordulásai:

- tömör, alacsony áteresztőképességű kőzetekben (tight gas),
a kőzetre jellemző a kis porozitás (<1 %) és az alacsony permeabilitás (10^{-3} - 10^{-6} D)
- agyag(pala)gáz (shale gas),
a kőzetre jellemző a kis porozitás (<1 %) és az alacsony permeabilitás (10^{-6} - 10^{-9} D),
- szénréteg metánja (CBM: Coal Bed Methane),
- mély, savanyú gáz (Deep Sour Gas) nagy CO₂ és H₂S tartalom,
- gázhidrát (Gas Hydrate): metán-víz keverék, nagy nyomáson, óceánok fenekén, 200-1000 m mélyen, 0-15°C hőmérsékleten folyamatosan képződik, mennyisége a világ palagáz készletének akár 15-szöröse is lehet.

Párnagáz

Az a gázmennyiség, amelyet a föld alatti gáztárolóban a kőzetszerkezet fenntartása, és a tároló működőképessége érdekében benn kell tartani a mobilgáz kivétele után is.

Permeabilitás

Jele: K

Mértékegysége: D (Darcy)

A folyadék vagy a gáz pórusok közötti áramlásának képessége.

Számítása a Darcy törvény alapján:

$$Q = \frac{K \cdot \Delta \cdot A}{\mu \cdot L}$$

ahol: K – permeabilitás, [D]
Δ - a nyomás gradiens, [bar]
A - áramlási felület, [m²]
μ - a folyadék viszkozitása, [cp]
L – hossz, [m]
Q - a folyadék térfogatáram, [m³/s]

1 Darcy az a permeabilitás, amely lehetővé teszi, hogy az 1 cp (centipoise) viszkozitású folyadék 1 cm/s sebességgel áramoljon, 1 bar/cm nyomáskülönbség mellett.

Porozitás

Mértékegysége: %

A közet pórustérfogatának és a teljes közet térfogatnak a hányadosa. Maximuma kb. 40 % lehet. Effektív porozitásnak az egymással kapcsolatban álló pórusok rendszerét nevezik.

3.2. Gázok és gázkeverékek fizikai – kémiai jellemzői

JELLEMZŐ FÖLDGÁZ ÖSSZETÉTELEK (tf %)		
	Orosz gáz	Algyői gáz
METÁN	98,4	82,8
ETÁN	0,5	5,8
PROPÁN	0,2	1,2
BUTÁN	0,1	0,3
SZÉNDIOXID	0,4	4,0
NITROGÉN	0,4	5,9

Bután

Négy szénatomos, nyílt szénláncú, lineáris szerkezetű, telített szénhidrogén, a paraffin (alkán) homológsor negyedik tagja. A földgáz jellemző komponense. Izomerje az izobután: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, elágazó szerkezetű.

Atmoszférikus körülmények között gáz halmazállapotú. Cseppfolyós állapotban szállítják.

Összegképlete: C_4H_{10}

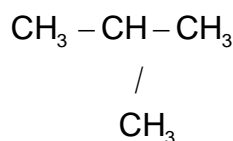
Szintelen, szagtalan gáz. A földgáz éghető alkotója.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	58,12 g/mol
CAS szám:	[106-97-8]
ChEBI szám:	37808
RTECS szám:	EJ 4200000
EG-index:	203-448-7
sűrűség:	2,48 kg/Nm ³
oldhatóság vízben:	6,1 mg/100 ml (17°C-on)
olvadáspont:	-138,4°C
forráspont:	-0,5°C
EU osztályozás:	nagyon gyúlékony (F+)

Gőznyomás (MSZ EN ISO 4256 szerint) 40°C-on: max. 520 kPa

A bután izomer változata az izobután:



CAS szám

Chemical Abstracts Service: a vegyi anyagok azonosítására használt regisztrációs szám.

ChEBI szám

Chemical Entities of Biological Interest: Biológiai Célú Kémiai Anyagok, regisztrációs szám.

Dinamikai viszkozitás

Jele: η

Mértékegysége: Ns/m^2 ; $\text{Pa}\cdot\text{s}$

Számítható a gáz kinematikai viszkozitásából:

$$\eta = \mu \cdot \rho$$

ahol: ρ - a gáz sűrűsége, $[\text{kg/m}^3]$

μ - a gáz kinematikai viszkozitása, $[\text{m}^2/\text{s}]$

A földgáz összetevők viszkozitás jellemzői 20°C hőmérsékleten és 1,013 bar nyomáson:

ÖSSZETEVŐ	Dinamikai viszkozitás Ns/m^2
METÁN	$10,84 \cdot 10^{-6}$
ETÁN	$9,21 \cdot 10^{-6}$
PROPÁN	$8,05 \cdot 10^{-6}$
BUTÁN	$7,43 \cdot 10^{-6}$
SZÉNDIOXID	$14,61 \cdot 10^{-6}$
NITROGÉN	$17,55 \cdot 10^{-6}$

EG-Index-szám

A veszélyes anyagok azonosítási kódja.

EINECS szám

European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances: Létező Kereskedelmi Vegyi Anyagok Európai Jegyzéke.

ELINCS szám

European List of Notified Chemical Substances: Bejelentett Kémiai Anyagok Európai Jegyzéke

Égéshő (felső hőérték)

MSZ ISO 6976: 1997 szabvány szerint

(angolul: GCV-Gross Calorific Value, HHV-Higher Heating Value, HCV-Higher Calorific Value)

Jele: H_s

Mértékegysége: (MJ/gnm^3) , kWh/Nm^3

Az a hőmennyiség, amely meghatározott mennyiségű (1 Nm^3) gáznak, a gázzal azonos hőmérsékletű levegőben való tökéletes elégetése során felszabadul feltéve, hogy a nyomás a reakció alatt nem változik, az összes égéstermék ugyanarra a hőmérsékletre van lehűtve, mint a kiindulásnál a gáz és a levegő hőmérséklete volt, és az összes égéstermék gáz halmazállapotú, kivéve az égés során keletkezett vízgőzt, amely folyadék halmazállapotú.

A víz párolgási (kondenzációs) hője: $2257 \text{ kJ/kg} = 0,6274 \text{ kWh/kg}$ ($40,68 \text{ kJ/mol} = 0,0113 \text{ kWh/mol}$)

MOLÁRIS ÉGÉSHŐ (kJ/mol)

	Referencia állapot		
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	890,63	891,56	892,97
ETÁN	1560,69	1562,14	1564,34
PROPÁN	2219,17	2221,10	2224,01
N-BUTÁN	2877,40	2879,76	2883,82

MOLÁRIS ÉGÉSHŐ (kWh/mol)

	Referencia állapot		
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	247,40	247,66	248,05
ETÁN	433,53	433,93	434,54
PROPÁN	616,44	616,97	617,78
N-BUTÁN	799,28	799,93	801,06

TÖMEGEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT ÉGÉSHŐ (MJ/kg)

	Referencia állapot		
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	55,521	55,571	55,661
ETÁN	51,902	51,952	52,022
PROPÁN	50,336	50,376	50,446
N-BUTÁN	49,514	49,554	49,624

TÖMEGEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT ÉGÉSHŐ (kWh/kg)

	Referencia állapot		
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	15,422	15,442	15,462
ETÁN	14,423	14,433	14,453
PROPÁN	13,981	13,992	14,012
N-BUTÁN	13,754	13,765	13,785

TÉRFOGATEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT ÉGÉSHŐ (MJ/m³)

	Referencia állapot		
	15/15°C*, 1,01325 kPa	15/0°C*, 1,01325 kPa	25/0°C*, 1,01325 kPa
METÁN	37,712	39,782	39,743
ETÁN	66,073	69,693	69,634
PROPÁN	93,940	99,061	99,012
N-BUTÁN	121,794	128,483	128,372

*égetés hőmérséklete / a mérés referencia hőmérséklete

TÉRFOGATEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT ÉGÉSHŐ (kWh/m³)

	Referencia állapot		
	15/15 °C*, 1,01325 kPa	15/0 °C*, 1,01325 kPa	25/0 °C*, 1,01325 kPa
METÁN	10,484	11,053	11,044
ETÁN	18,351	19,362	19,341
PROPÁN	26,090	27,521	27,506
N-BUTÁN	33,833	35,692	35,662

*égetés hőmérséklete / a mérés referencia hőmérséklete

A magyar földgáz piacon jellemző összetételű orosz gáz égéshő értékei:

Égéshő	M.e.	Referencia állapot		
		15/15°C*, 1,01325 kPa	15/0°C*, 1,01325 kPa	25/0°C*, 1,01325 kPa
MOLÁRIS	kWh/mol	247,39	247,65	248,04
TÖMEGEGYSÉGRE VON.	kWh/kg	15,27	15,29	15,31
TÉRFOGAT- EGYSÉGRE VON.	kWh/m ³	10,47	11,05	11,04

*égetés hőmérséklete / a mérés referencia hőmérséklete

Etán

Két szénatomos, nyílt szénláncú, telített szénhidrogén, a paraffin (alkán) homológ sor második tagja. A földgáz éghető komponense.

Összegképlete: C₂H₆

Szintelen, szagtalan, atmoszférikus körülmények között gáz halmazállapotú.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	30,07 g/mol
CAS szám:	[74-84-0]
ChEBI szám:	42266
RTECS szám:	KH 3800000
EG-index:	200-814-8
sűrűség:	1,212 kg/Nm ³
oldhatóság vízben:	4,7 mg/100 ml (17°C-on)
olvadáspont:	-182,76°C
forráspont:	-88,60°C
EU osztályozás:	nagyon gyúlékony (F+)

Fajhő

Jele: c_p

Mértékegysége: (kJ/kg·K vagy kJ/m³·K), kWh/m³·K vagy kWh/kg·K

Azt a hőmennyiséget jelenti, amely egységnyi (tömegű vagy térfogatú) gáz hőmérsékletét 1 Kelvin fokkal emeli. A gázok fajhője a hőmérséklettől függ, amelyet a következő táblázat szemléltet:

	Fajhő 25°C-on (kJ/kg·K)	Fajhő 100°C-on (kJ/kg·K)
METÁN	2,23	2,45
ETÁN	1,75	2,07
PROPÁN	1,67	2,02
BUTÁN	1,70	2,03
OXIGÉN	0,91	0,93
NITROGÉN	1,04	1,04
SZÉNDIOXID	0,85	0,93
VÍZGŐZ	1,86	1,89

	Fajhő 25°C-on (10 ⁻⁴ kWh/kg·K)	Fajhő 100°C-on (10 ⁻⁴ kWh/kg·K)
METÁN	6,20	6,81
ETÁN	4,86	5,75
PROPÁN	3,39	5,61
BUTÁN	4,73	5,64
OXIGÉN	2,52	2,58
NITROGÉN	2,89	2,89
SZÉNDIOXID	2,36	2,58
VÍZGŐZ	5,17	5,25

A gázkeverék fajhőjét adott hőmérsékleten a

$$c_{pkev} = \sum_{i=1}^n s_i \cdot c_{pi}$$

összefüggéssel lehet számolni,

ahol: s_i - a komponens tömeg %-a, [m/m%]
 c_{pi} - a komponensek fajhője, [kWh/kg·K]

Fűtőérték (alsó hőérték)

MSZ ISO 6976: 1997szabvány szerint

(angolul: NCV-Net Calorific Value, LHV-Lower Heating Value, LCV-Lower Calorific Value)

Jelölése: H_l

Mértékegysége: (MJ/gnm³), kWh/Nm³

Az a hőmennyiség, amely meghatározott mennyiségű (1 Nm³) gáznak, a gázzal azonos hőmérsékletű levegőben való tökéletes elégetése során felszabadul feltéve, hogy a nyomás a reakció alatt nem változik, az összes égéstermék ugyanarra a hőmérsékletre van lehűtve, mint a kiindulásnál a gáz és a levegő hőmérséklete volt, és az összes égéstermék gáz halmazállapotú.

MOLÁRIS FŰTŐÉRTÉK (kJ/mol)

Referencia állapot			
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	802,60	802,69	802,82
ETÁN	1428,64	1428,84	1429,12
PROPÁN	2043,11	2043,37	2043,71
N-BUTÁN	2657,32	2657,60	2658,45

MOLÁRIS FŰTŐÉRTÉK (kWh/mol)

Referencia állapot			
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	222,94	222,97	223,00
ETÁN	396,84	396,90	396,98
PROPÁN	567,53	567,60	567,70
N-BUTÁN	738,14	738,22	738,46

TÖMEGEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT FŰTŐÉRTÉK (MJ/kg)

Referencia állapot			
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	50,032	50,038	50,046
ETÁN	47,514	47,519	47,530
PROPÁN	46,333	46,339	46,347
N-BUTÁN	45,726	45,731	45,739

TÖMEGEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT FŰTŐÉRTÉK (kWh/kg)

Referencia állapot			
	25°C, 1,01325 kPa	15°C, 1,01325 kPa	0°C, 1,01325 kPa
METÁN	13,908	13,910	13,913
ETÁN	13,208	13,210	13,213
PROPÁN	12,880	12,882	12,884
N-BUTÁN	12,702	12,703	12,715

TÉRFOGATEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT FŰTŐÉRTÉK (MJ/m³)

Referencia állapot			
	15/15°C*, 1,01325 kPa	15/0°C*, 1,01325 kPa	25/0°C*, 1,01325 kPa
METÁN	33,952	35,813	35,816
ETÁN	60,433	63,752	63,742
PROPÁN	86,420	91,164	91,154
N-BUTÁN	112,444	116,573	118,560

*égetés hőmérséklete / a mérés referencia hőmérséklete

TÉRFOGATEGYSÉGRE VONATKOZTATOTT FŰTŐÉRTÉK (kWh/m³)

	Referencia állapot		
	15/15°C*, 1,01325 kPa	15/0°C*, 1,01325 kPa	25/0°C*, 1,01325 kPa
METÁN	9,439	9,956	9,955
ETÁN	16,780	17,723	17,720
PROPÁN	24,025	25,343	25,341
N-BUTÁN	31,259	32,407	32,959

*égetés hőmérséklete / a mérés referencia hőmérséklete

A magyar földgáz piacon jellemző összetételű orosz gáz fűtőértékei:

Fűtőérték	M.e.	Referencia állapot		
		15/15°C*, 1,01325 kPa	15/0°C*, 1,01325 kPa	25/0°C*, 1,01325 kPa
MOLÁRIS	kWh/mol	223,00	223,04	223,07
TÖMEGEGYSÉGRE VON.	kWh/kg	13,77	13,78	13,79
TÉRFOGAT- EGYSÉGRE VON.	kWh/m ³	9,43	9,95	9,95

*égetés hőmérséklete / a mérés referencia hőmérséklete

Gázkeverék nyomása

A gázkeverék nyomása az alkotók rész(parciális) nyomásának összege.

$$p_{kev} = \sum_{i=1}^n p_i$$

Gáztörvények

Ideális gázokra érvényes: egyetemes vagy általános gáztörvény.
(Boyle-Mariotte, Gay-Lussac, Charles törvény összevonva)

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

ahol: p - a gáz nyomása, [Pa]
V - a gáz térfogata, [m³]
n - a gáz kémiai anyagmennyisége, [mol]
R - egyetemes gázállandó, [8,314 J/mol·K]
T - a gáz hőmérséklete, [K]

Általános gáztörvény (Mendelejev-Clapeyron):

$$p \cdot V_m = Z(t,p) \cdot R \cdot T$$

ahol: Z(t,p) - a kompresszibilitási tényező, [-]

GTL

Gas-To-Liquids: a földgáz, és más szénhidrogének átalakítása nagyobb molekulaláncú szénhidrogénekké.

Harmatpont

Jele: t_h

Mértékegysége: $^{\circ}\text{C}$

A harmatpont az a hőmérséklet, amelyen a gáz vízgőztartalmának parciális nyomása eléri a telítési gőznyomást.

Ideális gáz

Ideális az a gáz, amelyik követi a gáztörvényt:

$$p \cdot V_m = R \cdot T$$

ahol: p - az abszolút nyomás, [Pa]
 T - az abszolút hőmérséklet, [K]
 V_m - a gáz molterfogata, [m^3/mol]
 R - a moláris gázállandó, [8,134 J/mol·K]

Joule

Jele: J

Az energia és a mechanikai munka mértékegysége.

1 J az a munka, amely egy newton erő kifejtéséhez szükséges egy méter távolságon.

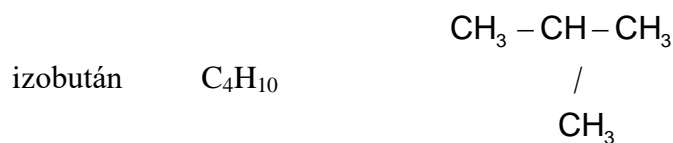
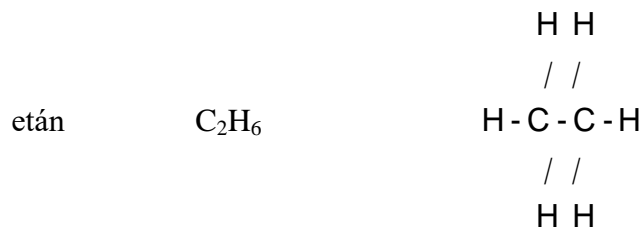
1 J = $2,78 \cdot 10^{-7}$ kWh
0,239 cal
 $9,48 \cdot 10^{-4}$ BTU
1 Ws
1 Nm

Az éghető gázok alsó- és felső hőértékét általában J/m^3 mértékegységben adják meg.

Képlet

A gáz jellemző atomjainak (és kapcsolatának) jelölése.

Például:



Kinematikai viszkozitás

Jele: ν (m²/s)

Mértékegysége: m²/s

A gáz egyik jellemzője, a belső súrlódási tényező és a gáz sűrűségének hányadosa.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

A földgáz kinematikai viszkozitása $10...15 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

Kompressziós tényező

Jele: Z

Mértékegysége: -

Meghatározott nyomású és hőmérsékletű gáztömeg tényleges (valós) térfogatának és az ideális gázokra vonatkozó gáztörvényből számított térfogatának hányadosa. A kompressziós tényezőt a reális gázok térfogatának az ideális gázok térfogatától való eltéréseinek számítására használják. Ezt a korrekciót kell használni a gázok hőértékének (égéshő és fűtőérték), valamint a Wobbe számának számításánál is.

Gázkeverék kompressziós tényezőjét:

$$Z_{kev}(t_2, p_2) = 1 - \left(\sum_{j=1}^n x_j \cdot \sqrt{b_j} \right)^2$$

összefüggéssel lehet számítani,

ahol: $\sqrt{b_j}$ - az összegzési tényező, [-] (MSZ ISO 6976 szabvány alapján)

x_j - a j-edik komponens móltörtje, [-]

LNG

cseppfolyós földgáz (Liquified Natural Gas)

A cseppfolyós földgáz a földgáz folyékony állapotban történő tárolásánál és a tengeri szállításnál alkalmazott halmazállapot. Az LNG cseppfolyós halmazállapotú, -161°C hőmérsékletű (metán forráspontja), a víznél kisebb sűrűségű (430...470 kg/m³, az összetételtől függően), színtelen, szagtalan, kémiaiilag passzív folyadék. Forrásponton az LNG gőznyomása kb. 1 bar. 1 m³ cseppfolyós LNG-ből kb. 600 m³ normál állapotú gáz keletkezik. 1 tonna LNG elpárologatásával kb. 1400 m³ gázt kapunk. Az LNG-ből nyert földgáz jellemző égéshője a főbb kereskedelmi központokban:

- Ázsiában (Japán, Korea, Tajvan): 11,90 kWh/Nm³, 1,09 BTU/scf
- Egyesült Királyságban és USA-ban: 11,67 kWh/Nm³, 1,07 BTU/scf
- Európában: 10,83...12,78 kWh/Nm³, 0,99...1,16 BTU/scf

ahol: scf = ft³ köbláb

LPG

pébésgáz (Liquified Petroleum Gases)

Kereskedelmi forgalomban általában a propán és a bután 50-50 %-os keveréke. Szabvány szerint legfeljebb 60 % butánt tartalmazhat a keverék. Környezeti hőmérsékleten a tartályban cseppfolyós és gáz halmazállapotban egyszerre van jelen, a gáz nyomása 1...20 bar közötti, a külső hőmérséklettől függően.

Metán

Nyílt szénláncú, telített szénhidrogén, a paraffin (alkán) homológsor első tagja. A földgáz jellemző komponense.

Összegképlete: CH₄

Szerkezete: a központi szénatom körül a H atomok tetraéderesen helyezkednek el. Stabil vegyület. A légkörbe került metánt a napsugárzás 6...8 év alatt bontja le.

Szintelen, szagtalan gáz.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	16,0425 g/mol
CAS szám:	[74-82-8]
EINECS szám:	200-812-7
ChEBI szám:	16183
RTECS szám:	PA 1490000
EG-index:	601-002-00-4
sűrűség:	0,717 kg/Nm ³
oldhatóság vízben:	3,5 mg/100 ml (17°C-on)
olvadáspont:	-182,5°C
forráspont:	-161,6°C
EU osztályozás:	fokozottan tűzveszélyes (F+)

Moláris hőérték

MSZ ISO 6976: 1997 szabvány szerint.

Ideális gáz moláris hőértéke (égéshője vagy fűtőértéke).

Az ismert összetételű gázkeverék *t* hőmérséklethez tartozó, az ideális állapotra vonatkozó moláris hőértékét a következő egyenlettel számítjuk:

$$H(t) = \sum_{j=1}^n x_j \cdot H_j(t)$$

- ahol: *H(t)* - a gázkeverék ideális állapotra vonatkozó moláris hőértéke (égéshője vagy fűtőértéke), [kWh/Nm³]
H_j - a *j*-edik komponens ideális állapotra vonatkozó moláris hőértéke (égéshője vagy fűtőértéke), [kWh/Nm³]
x_j - a *j*-edik komponens móltörtje, [-]

Reális gáz moláris hőértéke

A reális gázkeverék moláris hőértékének pontos számítása az ideális állapotra vonatkozó hőértékből a gázkeverék entalpia korrekciójának számítását igényli. A gyakorlatban e korrekció mértéke igen kicsi, és elhanyagolása legfeljebb 50 J/mol (kb. 0,005 %) hibát okoz. A szabvány megengedi a reális gázkeverék esetében az ideális gázkeverék hőértékének használatát.

Moláris tömeg

Egy adott kémiai elem vagy vegyület egységnyi anyagmennyiségének tömege.

ÖSSZETEVŐ	MOLÁRIS TÖMEG (g/mol)
LEVEGŐ	28,97
SZÉNDIOXID	44,00
SZÉNMONOXID	28,00
METÁN	16,03
NITROGÉN	28,02
OXIGÉN	32,00
KÉNDIOXID	64,06

Nitrogén

Vegyjele: N

Rendszáma: 7

Kétatomos, ideális gáz. A levegő legfontosabb alkotója. A földgáz jellemző komponense.

Összegképlete: N₂

Szintelen, szagtalan, atmoszférikus körülmények között gáz halmazállapotú, kevésbé reakcióképes. A levegő mintegy 78 %-át alkotja.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	28,0135 g/mol
CAS szám:	[7727-37-9]
sűrűség:	1,2506 g/l gáz halmazállapotban 1600 kg/m ³ szilárd halmazállapotban
oldhatóság vízben:	0,145 mg/100 ml (25°C-on)
olvadáspont:	-210,0°C
forráspont:	-195,8°C
EU osztályozás:	nincsenek veszélyességi szimbólumok

Normál állapotok

Fizikai normál állapot

Fizikai normál állapotban van a gáz, ha nyomása 101 325 Pa és hőmérséklete 273,15 K (0°C)

Gáztechnikai normál állapot

Gáztechnikai normál állapotban van a gáz, ha nyomása 101 325 Pa és hőmérséklete 288,15 K (15°C)

Kereskedelmi normál állapot

Ukrán-magyar határon

Kereskedelmi normál állapotban van a gáz, ha nyomása 101 325 Pa és hőmérséklete 293,15 K (20°C)

Osztrák-magyar határon

Kereskedelmi (fizikai) normál állapotban van a gáz, ha nyomása 101 325 Pa és hőmérséklete 273,15 K (0°C)

Normál sűrűség

Jele: ρ_n (ró)

Mértékegysége: kg/m^3

Egységnyi térfogatú gáz tömege adott nyomáson és hőmérsékleten.

Gázkeverék sűrűsége a

$$\rho_{\text{kev}} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot \rho_i$$

összefüggéssel számítható,

ahol: r_i - a gázkeverék i -edik alkotójának térfogataránya,

ρ_i - a gázkeverék i -edik alkotójának a sűrűsége.

Propán

Nyílt szénláncú, telített szénhidrogén, a paraffin (alkán) homológsor harmadik tagja.

A földgáz jellemző komponense. Összegképlete: C_3H_8

Atmoszférikus környezetben gáz halmazállapotú. Általában cseppfolyós állapotban szállítják.

Szintelen, szagtalan gáz. A földgáz éghető alkotója.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	44,096 g/mol
CAS szám:	[74-98-6]
ChEBI szám:	32879
RTECS szám:	TX 2275000
EG-index:	200-827-9
sűrűség:	1,83 kg/Nm ³
oldhatóság vízben:	3,5 mg/100 ml (17°C-on)
olvadáspont:	-187,6°C
forráspont:	-42,1°C
EU osztályozás:	fokozottan tűzveszélyes (F+)
Gőznyomás (MSZ EN ISO 4256 szerint) 40°C-on:	max. 1550 kPa

Reális gáz

A reális gázra nem érvényes az ideális gázokra vonatkozó gáztörvény. A reális gázokra vonatkozó gáztörvény:

$$p \cdot V_m = Z(t, p) \cdot R \cdot T$$

ahol: p - az abszolút nyomás, [Pa]

T - az abszolút hőmérséklet, [K]

V_m - a gáz mólterfogata, [m³/mol]

R - a moláris gázállandó, [8,134 J/mol·K]

$Z(p, T)$ - a reális gáz kompressziós tényezője, [-]

Relatív sűrűség

Jele: d

Mértékegysége: -

A gáz és a vele azonos nyomású és hőmérsékletű standard összetételű száraz levegő sűrűségének hányadosa.

RELATÍV GÁZSŰRŰSÉG (-)	
METÁN	0,5545
ETÁN	1,0489
PROPÁN	1,5617
N-BUTÁN	2,0908
SZÉNDIOXID	1,5291
NITROGÉN	0,9673

RTECS szám

Registry of Toxic Effects of Chemical Substances: Kémiai Anyagok Mérgező Hatásának Nyilvántartása.

SNG (Synthetic Natural Gas)

Szintetikus gáznak nevezik a földgáz helyettesítésére használt propán-levegő, vagy pébé-levegő gázkeveréket. A szintetikus gáz Wobbe száma azonos a földgázéval. Fogyasztási csúcs levágására, szolgáltatási üzemszünet áthidalására használják: mobil berendezésekkel vagy telepített rendszerrel építik ki.

Standard állapot

298,15 K (25°C) hőmérséklet és 101,325 kPa nyomás.

Szabványos referencia feltételek (alapfeltételek)

A 91/2015. (IV.9.) Korm. rendelet szerint: a reális, száraz gázra vonatkozó szabványos referencia feltételek, amelyeket a gáz halmazállapotú földgáz és egyéb szénhidrogén gázok térfogata, sűrűsége, relatív sűrűsége, kompressziós tényezője, felső hőértéke, Wobbe száma és nedvességtartalma mérések és számításokkor alkalmazni kell:

273,15 K (0°C) és 101,325 kPa

Sűrűség (abszolút sűrűség)

Jele: ρ (ró)

Mértékegysége: kg/Nm³

A gázminta tömegének és térfogatának hányadosa, normál állapotban vett nyomáson és hőmérsékleten.

A reális gáz sűrűségét a következő képlettel lehet számítani:

$$\rho(t,p) = \frac{\rho^0(t,p)}{Z_{kev}(t,p)}$$

ahol: $\rho(t,p)$ - a reális gáz sűrűsége, [kg/Nm³]
 $Z_{kev}(t,p)$ - a gázkeverék kompressziós tényezője, [-]

ÖSSZETEVŐ	SŰRŰSÉG (kg/nm ³)*
METÁN	0,72
ETÁN	1,36
PROPÁN	2,02
BUTÁN	2,70
SZÉNDIOXID	1,98
NITROGÉN	1,20
OXIGÉN	1,43
SZÉNMONOXID	1,25
LEVEGŐ	1,29

*0°C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson

Száraz levegő

A standard összetételű, száraz levegő az elméleti és a reális tüzeléstechnikai jellemzők számításánál használt levegőt jelenti.

Moláris tömege: $M_{lev} = 28,9626 \text{ kg/kmol}$

Kompressziós tényezője: $Z_{lev}(273,15 \text{ K}, 101,325 \text{ kPa}) = 0,99941$

$Z_{lev}(288,15 \text{ K}, 101,325 \text{ kPa}) = 0,99958$

$Z_{lev}(293,15 \text{ K}, 101,325 \text{ kPa}) = 0,99963$

A standard összetételű reális levegő sűrűsége:

$\rho_{lev}(273,15 \text{ K}, 101,325 \text{ kPa}) = 1,292923 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{lev}(288,15 \text{ K}, 101,325 \text{ kPa}) = 1,225410 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{lev}(293,15 \text{ K}, 101,325 \text{ kPa}) = 1,204449 \text{ kg/m}^3$

A standard, száraz levegő moláris összetétele:

ÖSSZETEVŐ	MOLTÖRT
NITROGÉN	0,7810200
OXIGÉN	0,2094600
ARGON	0,0091600
SZÉNDIOXID	0,0003300
NEON	0,0000182
HÉLIUM	0,0000052
METÁN	0,0000015
KRIPTON	0,0000011
HIDROGÉN	0,0000005
DINITROGÉN-OXID	0,0000003
SZÉN-MONOXID	0,0000002
XENON	0,0000001

Száraz földgáz

Száraznak tekinthető a földgáz, ha a földgázban lévő vízgőz moltörtje legfeljebb 0,00005.

Széndioxid

Egy szénatomos, nyílt szénláncú vegyület, a szén egyik oxidja. A földgáz jellemző komponense. A földgáz egyik égésterméke.

Összegképlete: CO₂

Színtelen, szagtalan, atmoszférikus körülmények között gáz halmazállapotú. A levegőnél nehezebb, nem mérgező. Vízben könnyen oldódik, és vele szénsavat alkot.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	44,01 g/mol
CAS szám:	[124-38-9]
sűrűség:	1,98 kg/Nm ³ gáz halmazállapotban 1600 kg/m ³ szilárd halmazállapotban
oldhatóság vízben:	0,145 mg/100 ml (2°C-on)
olvadáspont:	-78,0°C
forráspont:	-57,0°C
EU osztályozás:	nincsenek veszélyességi szimbólumok (1)

Szénmonoxid

Egy szénatomos, nyílt szénláncú vegyület, a szén egyik oxidja. A földgáz egyik égésterméke tökéletlen égés esetén. Robbanásképes, éghető gáz. Erősen mérgező.

Összegképlete: CO

Színtelen, szagtalan, atmoszférikus körülmények között gáz halmazállapotú. A levegőnél könnyebb.

Jellemzői (0°C, 100 kPa):

moláris tömeg:	28,0101 g/mol
CAS szám:	[630-08-0]
EINECS-szám:	211-128-3
ChEBI-szám:	17245
RTECS-szám:	FG3500000
sűrűség:	1,25 kg/Nm ³ (0°C, 1,01 bar)
oldhatóság vízben:	0,0026 g/100 ml (20°C-on)
olvadáspont:	-205,0°C
forráspont:	-192,0°C
öngyulladás hőm.:	609,0°C
robbanási határ:	12,5-75,0 tf% levegőben
EU osztályozás:	Fokozottan tűzveszélyes (F+) Mérgező (T)

TNG

Treated Natural Gas: kezelt földgáz, tisztított, kéntelenített (propán-bután) gáz, motorikus hajtásra.

Ws (watt-szekundum)

Jele: Ws

Az energia és a mechanikai munka mértékegysége.

1 Ws az a munka, amely egy newton erő kifejtéséhez szükséges egy méter távolságon.

$$1 \text{ Ws} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$$

$$0,239 \text{ cal}$$

$$9,48 \cdot 10^{-4} \text{ BTU}$$

$$1 \text{ J}$$

$$1 \text{ Nm}$$

3.3. Gázok tüzeléstechnikai jellemzői

Égési referencia állapot

Adott nyomással és hőmérséklettel meghatározott állapot. Olyan feltételezett állapot, amelyben a földgáz elég.

Fajlagos levegő szükséglet

Jele: L_f

(közelítő számítási módszer)

$$L_f = 2,7 \cdot \frac{H_I}{10000}$$

ahol: H_I - alsó hőérték (kJ/Nm³)

Fajlagos füstgáz mennyiség

Jele: F_f

(közelítő számítási módszer)

$$F_f = 2,9 \cdot \frac{H_I}{10000}$$

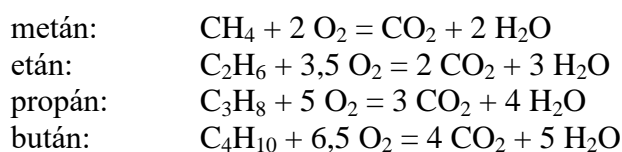
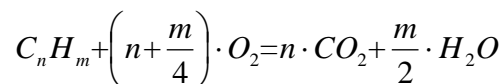
ahol: H_I - alsó hőérték (kJ/Nm³)

A földgáz jellemző összetevőinek fajlagos oxigén, levegő és égéstermék mennyiségét mutatja a következő táblázat.

Komponens	Képlet	Oxigén szükséglet	Levegő szükséglet (száraz)	Keletkező CO ₂	Keletkező N ₂	Keletkező H ₂ O	Keletkező összes nedves füstgáz	Keletkező összes száraz füstgáz
		m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³
METÁN	CH ₄	2,0028	9,5645	0,9982	7,4698	1,9346	10,4026	8,4680
ETÁN	C ₂ H ₆	3,5322	16,8682	2,0113	13,1739	2,9245	18,1097	15,1852
PROPÁN	C ₃ H ₈	5,1053	24,3806	3,0521	19,0411	3,9452	26,0384	22,0932
I-BUTÁN	C ₄ H ₁₀	6,7332	32,1547	4,1282	25,1127	5,0031	34,2440	29,2409
N-BUTÁN	C ₄ H ₁₀	6,7634	32,2989	4,1468	25,2252	5,0255	34,3975	29,3720
HID.SZUL.	H ₂ S	1,5138	7,2292	0,0022	5,6460	0,9748	7,6120	6,6372

Égés egyenletei

A szénhidrogének általános sztöchiometrikus égési egyenlete:



Égéstermék jellemzői

Füstgáz harmatpont

Jele: t_h

Mértékegysége: $^{\circ}C$

Az égéstermék harmatpontja az a hőmérséklet, amelyen az égéstermék vízgőz tartalmának parciális nyomása eléri a telítési gőznyomást, azaz kondenzálódik.

Az égéstermék vízgőztartalmának parciális nyomását az

$$p_v = \frac{2 \cdot (CH_4) + 0,5 \cdot m \cdot (C_nH_m)}{V_e} \cdot b$$

összefüggéssel lehet számolni. A füstgáz harmatpontot a következő táblázatból lehet kiolvasni:

p_v (Pa)	t_h ($^{\circ}C$)
2 337	20
3 167	25
4 241	30
5 622	35
7 375	40
9 582	45
12 335	50
15 740	55
19 917	60
25 007	65
31 166	70
38 550	75

Égéstermék mennyisége

A tiszta gázok tökéletes égésekor keletkező égéstermék mennyiségét az égési egyenletekkel lehet kiszámítani. A gázkeverék égéstermék mennyiségét az

$$V_{e\min} = (CH_4) + n \cdot (C_nH_m) + 0,7805 \cdot L_{\min} + (N_2) + 0,0092 \cdot L_{\min}$$

összefüggéssel lehet számítani.

Égés elméleti oxigén szükséglete

Jele: O_{2min}

Mértékegysége: m^3/m^3

Az éghető szénhidrogén gázkeverék tökéletes égéséhez szükséges legkisebb oxigén szükséglet a következő összefüggéssel számítható:

$$O_{2min} = 2 \cdot (CH_4) + \left(n + \frac{m}{4}\right) \cdot (C_n H_m)$$

Égés elméleti levegő szükséglete

Jele: L_{min}

Mértékegysége: m^3/m^3

Az éghető szénhidrogén gázkeverék tökéletes elégetéséhez szükséges legkisebb levegő szükséglet a következő összefüggéssel számítható:

$$L_{min} = \frac{O_{2min}}{0,21}$$

Az egyes összetevőkre vonatkozó elméleti levegő szükségletet egy korábbi táblázat tartalmazza.

Földgázok csoportosítása

A földgázokat az égési jellemzőik alapján az MSZ 1648:2000 szabvány (Közzolgáltatású, vezetékes földgáz) szerint két csoportra osztjuk:

Gázcsoport	2H	2S
Jellemzők	Követelmények	
Wobbe-szám*, (MJ/m ³)	(45,66 – 54,76)	(36,29 – 41,58)
kWh/m ³	12,68 – 15,21	10,08 – 11,55
Névleges Wobbe-szám, (MJ/m ³)	(50,72)	(39,11)
kWh/m ³	14,09	10,86
Felső hőérték (égéshő), (MJ/m ³)	(31,00 – 45,28)	
kWh/m ³	8,61 – 12,58	
Alsó hőérték (fűtőérték), (MJ/m ³)	(27,94 – 40,81)	
kWh/m ³	7,76 – 11,34	

*A felső hőértékből számítva.

Füstgáz összetétele földgáz égetésénél

ÖSSZETEVŐ	MENNYISÉG tf %
SZÉNDIOXID	10...12
OXIGÉN	1...2
VÍZGŐZ	15...20
SZÉNMONOXID	max. 0,1
NITROGÉN-OXIDOK	0,005
KÉNDIOXID	0,05
NITROGÉN	66...74

Gyulladási hőmérséklet

Jele: T_{gy}

Mértékegysége: K vagy $^{\circ}C$

Azt a hőmérséklet tartományt jelenti, ahol normál nyomáson a gáz – levegő keverék égési reakciója elindul. A gyulladási hőmérséklet függ az égés környezetétől is.

GYULLADÁSI HŐMÉRSÉKLET $^{\circ}C$	
METÁN	650-750
ETÁN	530-630
PROPÁN	530-588
N-BUTÁN	490-570

Gyulladási koncentráció határ

Jele: Z

Mértékegysége: m^3/m^3 vagy tf%

Az éghető gáz – levegő keverék olyan koncentráció értékei, amelyek a lehetséges gyulladás tartományát behatárolják. A gáziparban az alsó gyulladási (vagy robbanási) koncentráció határt ARH, a felső határt FRH jelöléssel rövidítik. A gázkeverék gyulladási koncentráció határa függ a kezdeti nyomástól, a kezdeti hőmérséklettől, az inert tartalomtól, a szennyező anyag tartalomtól stb.

GYULLADÁSI KONCENTRÁCIÓ HATÁR LEVEGŐBEN tf %		
	Alsó	Felső
METÁN	4,36	15,53
ETÁN	2,82	15,34
PROPÁN	2,05	11,38
N-BUTÁN	1,68	10,30

Lánghőmérséklet

Jele: T

Mértékegysége: $^{\circ}C$, K

Az egyes éghető gázok elméleti lánghőmérséklete:

ÖSSZETEVŐ	LÁNGHŐMÉRSÉKLET $^{\circ}C$
HIDROGÉN	1990
SZÉNMONOXID	1827
METÁN	1677
ACETILÉN	3147
PROPÁN	2747
BUTÁN	2397

Lángterjedési sebesség

Jele: $u_{n\ max}$

Mértékegysége: m/s

A lángfront normális irányú terjedési sebessége, a gázkeverékre jellemző érték, és független a tüzelőberendezés jellemzőitől. Gázkeverékekre méréssel lehet meghatározni.

MAXIMÁLIS NORMÁL LÁNGTERJEDÉSI SEBESSÉG LEVEGŐBEN cm/s	
METÁN	35
ETÁN	40
PROPÁN	40
N-BUTÁN	37

Légellátási tényező

Jele: λ

Mértékegysége: -

Az égésben ténylegesen részt vevő levegőmennyiség viszonya az elméleti levegőszükséglethez:

$$\lambda = \frac{L_{\text{tényleges}}}{L_{\text{elméleti}}} [-]$$

Tüzeléstechnikai hatásfok

Jele: η

Mértékegysége: %

A tüzelőberendezésből kinyert hasznos energiának és a tüzelőberendezésbe bevitt energiahordozó energiatartalmának a hányadosa.

Wobbe szám (egyszerűsített Wobbe szám)

Jele: W

Mértékegysége: MJ/m³, kWh/m³

Adott referencia állapotra megadott, térfogategységre vonatkoztatott égéshő és a vele azonos mérési referencia állapoton meghatározott relatív sűrűség négyzetgyökének hányadosa:

$$W = \frac{H_s}{\sqrt{d}}$$

A gázkeverékek Wobbe száma az alkotók Wobbe szám értékeiből additív módon nem számíthatók ki, hanem a gázkeverék égéshőjét és sűrűségét kell kiszámolni, majd ebből a Wobbe számot.

A Wobbe szám értéke:

2H gázcsoport esetén: 12,68 – 15,21 kWh/Nm³

2S gázcsoport esetén: 10,08 – 11,55 kWh/Nm³

A gázkeverékek tüzeléstechnikai cserélhetőségének fontos mérőszáma.

3.4. Áramlástechnikai fogalmak

Átmeneti áramlás

A $2320 < Re < 10^5$ tartományban az áramlás még a turbulens és a lamináris áramlás jellemzőit is mutathatja.

Lamináris áramlás

Lamináris az áramlás a csővezetékben, ha az áramló részecskék a cső tengelyével párhuzamos áramvonalak mentén mozognak, keveredés nincs. A sebesség a csőfaltól távolodva nő, a csőben az áramlás hengerszimmetrikus. A sebesség eloszlása forgási paraboloid alakú, az átlagos áramlási sebesség a maximális sebességnek kb. fele. $Re < 2320$

Turbulens áramlás

Turbulens az áramlás a csővezetékben, ha az áramló részecskéknek nemcsak a cső tengelyével párhuzamosan, hanem arra merőlegesen is van sebesség komponense, amelyek az időben gyorsan változnak, és a részecskék keveredését idézi elő. A sebesség eloszlás lényegesen egyenletesebb, mint a lamináris áramlásnál. $Re > 2320$

A lamináris és a turbulens áramlás határát a kritikus Reynolds szám jelzi.

A Reynolds szám:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

ahol: v - az áramló gáz sebessége, [m/s]

d - a cső belső átmérője, [m]

ν - a kinematikai viszkozitás, [m^2/s] (megj. a földgáz kinematikai viszkozitása $10 \dots 15 \cdot 10^{-6} m^2/s$)

Ha a $Re > 2320$ az áramlás turbulens, ha a $Re < 2320$ az áramlás lamináris.

Gáz áramlása vízszintes csőben

A gáz szállítására szolgáló vezeték áramlástanilag szempontból fontos jellemzőit (hossz, átmérő, súrlódási tényező) úgy kell megválasztani, hogy a vezetékben a gáz áramlási sebessége lehetőleg 20 m/sec alatt legyen.

Nyomásveszteség számítása

A nyomásveszteség számítására alkalmazott általános összefüggés:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta \right)$$

ahol: Δp – nyomásveszteség, [Pa]

ρ - a közeg sűrűsége, [kg/m^3]

v - a közeg sebessége, [m/s]

λ - csősúrlódási tényező, [-]

l - a vezeték hossza, [m]

d - a vezeték belső átmérője, [m]

$\sum \zeta$ - alak ellenállások, [-]

Egyenes, vízszintes vezetékszakas méretezése

A gázvezeték átmérőjét a csúcsfogyasztás időszakában fellépő (lamináris) áramlási viszonyokra kell méretezni. A vízszintes helyzetű, kisnyomású gázvezeték nyomásvesztését a

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \lambda \cdot \rho \cdot l \cdot Q^2}{d^5 \cdot \pi^2}$$

képlettel lehet számolni,

- ahol: Δp - a nyomásvesztés, [Pa]
 λ - a csővezeték ellenállási tényező, [-]
 l - vezeték méretezési (egyenértékű) hossza, [m]
 d - a vezeték belső átmérője, [m]
 Q - a normálállapotú gáz térfogatárama, [m³/s]
 ρ - a normál állapotú gáz sűrűsége, [kg/m³]

Az acél gázvezeték ellenállás tényezőjét 35 mbar nyomásig a szabvány $\lambda = 0,024$ értékkel veszi figyelembe. A PE elosztó vezetékre $\lambda = 0,012$ értéket javasolt felvenni.

A 35 mbar-nál nagyobb nyomás esetén a nyomásvesztést a következő összefüggéssel lehet számítani (turbulens áramlást feltételezve):

$$\Delta p = p_1 - \sqrt{p_1^2 + 2 \cdot \frac{8 \cdot \lambda \cdot l \cdot \rho \cdot Q_0^2 \cdot p_0}{d^5 \cdot \pi^2}}$$

- ahol: p_1 - a gáz abszolút nyomása a vezeték elején, [Pa]
 p_0 - az abszolút légköri nyomás, [Pa]
 ρ - a normál állapotú gáz sűrűsége, [kg/m³]
 Q_0 - a gáz normál állapotú térfogatárama, [m³/s]

A cső ellenállási tényezője:

turbulens áramlás átmeneti tartományában, érdes csőre:

Colebrook-White összefüggéssel:

amennyiben $Re > 4000$,

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,715 \cdot d} \right)$$

- ahol: λ - a csőszúródási tényező, [-]
 k - a felületi érdesség, [-]
 d - a cső belső átmérője, [m]
 Re - a Reynolds szám, [-]

Az implicit összefüggés nehezen használható, Hofer közelítő összefüggése jól közelíti a Colebrook-White összefüggés értékeit:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left(\frac{4,518}{\text{Re}} \cdot \lg \frac{\text{Re}}{7} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right)$$

ahol a jelölések azonosak az előzőekkel.

Ugyancsak jó közelítést ad Haaland összefüggése:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1,8 \cdot \lg \left(\sqrt{\frac{k}{3,71 \cdot d}} + \frac{6,9}{\text{Re}} \right)$$

ahol a jelölések ismét azonosak az előzőekkel.

A csőúrlódási tényező egyenletei és érvényességi tartománya összefoglalása:

áramkép	érvényesség	egyenlet	az egyenlet neve
Lamináris	$\text{Re} < \text{Re}_{\text{kr}}$ $\text{Re}_{\text{kr}} = 2300 \dots 3000$	$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$	Hagen- Poiseuille
Hidraulikailag sima cső, turbulens áramlás	$\text{Re} > \text{Re}_{\text{kr}}$ $3 \cdot 10^3 < \text{Re} < 10^5$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\lambda}}$	Blasius
Hidraulikailag sima cső, turbulens áramlás	$\text{Re} > \text{Re}_{\text{kr}}$ $\text{Re} < 3,14 \cdot 10^6$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg(\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}) - 0,8$	Prandtl-Nikuradse
Érdes cső, átmeneti zóna	$\text{Re} < 200 \cdot \frac{d}{k \cdot \sqrt{\lambda}}$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \left(2,51 \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{\lambda} + 0,27 \cdot \frac{k}{d} \right)$	Colebrook-White
Érdes cső, turbulens áramlás	$\text{Re} > 200 \cdot \frac{d}{k \cdot \sqrt{\lambda}}$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg 3,72 \cdot \left(\frac{d}{k} \right)$	Kármán
Turbulens és átmeneti zóna	$\text{Re} = 200 \cdot \frac{d}{k \cdot \sqrt{\lambda}}$	$\text{Re} = 400 \cdot \frac{d}{k} \cdot \lg 3,72 \frac{d}{k}$	Rouse

Néhány csőanyag jellemző érdessége (k) található a következő táblázatban:

Cső anyaga	Érdesség (mm)
Réz, rézötvözet, rozsdamentes acél	0,02
Hidegen vont acél	0,03
Melegen vont acél, új	0,05...0,10
Melegen vont acél, enyhén rozsdás	0,10...0,20
Melegen vont acél, rozsdás	0,20...0,30
Műanyag	0,02
Vasbeton	0,15
Öntöttvas, horganyzott acél	0,60
Bordázott alumínium	3,00

A vezetékhálózatba beépített szerelvényeket, idomokat áramlástechnikai szempontból vagy a szerelvény tényleges áramlási ellenállásával, vagy egyenértékű csőhosszal kell figyelembe venni. Az elosztóhálózat építéséhez felhasznált idomokat, szerelvényeket általában egyenértékű csőhosszal vesszük figyelembe a nyomásvesztés számításakor.

Egyenértékű csőhosszak (m) gázfázisú vezetékek nyomásvesztésének számítására:

		névleges átmérő (mm)				
<i>Acélcső</i>	<i>50</i>	<i>80</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	
ív, könyök, szűkítő, T idom	3	5	8	10	15	
patent ív	1,5	2	3	5	8	
<i>Szerelvények</i>						
tolózár	2	3	5	8	10	
gömbcsap	2	3	4	6	8	
vízgyűjtő	5	6	8	10	15	
<i>PE cső</i>	<i>50</i>	<i>90</i>	<i>110</i>	<i>160</i>	<i>200</i>	
fröccsöntött ív, T idom, szűkítő	3	4	5	8	10	
konfekcionált ív	1,5	5	6	10	12	
PE-acél összekötő	3	4	5	8	10	

A köztes méretek interpolálhatók, a táblázaton kívüli méretek egyenértékű csőhosszát extrapolálni lehet.

Gáz áramlása nem vízszintes vezetékben

A nyomáskülönbség a cső két vége között:

$$\Delta p = p_1 - \sqrt{p_1^2 + 2 \cdot \frac{8 \cdot \lambda \cdot l \cdot \rho \cdot Q_0^2 \cdot p_0}{d^5 \cdot \pi^2}} - h \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_G)$$

ahol: h - a geodéziai magasságkülönbség a cső két vége között [m]
g - a gravitációs gyorsulás, [9,81 m²/s]
ρ_L - a levegő sűrűsége, [kg/m³]
ρ_G - a gáz sűrűsége, [kg/m³]

Folyadék áramlása csővezetékben

Kis viszkozitású szénhidrogén, például cseppfolyós földgáz, pébé, stabil gázolin izotermikusnak tekinthető csővezetéki szállítása esetén a súrlódási nyomásveszteség számítására általánosan használt összefüggés:

$$h_v = \lambda \cdot \frac{v^2 \cdot l}{2 \cdot g \cdot d}$$

ahol: λ - a csősúrlódási tényező, [-]
 v - a folyadék áramlási sebessége, [m/s]
 l - a vezeték hossza, [m]
 g - a gravitációs gyorsulás, [9,81 m²/s]
 d - a cső belső átmérője, [m]

Kritikus gázsebesség (határ sebesség)

Csővezetékben áramló gáz esetén

$$v_{kr} = \left(\frac{2 \cdot p_{ü} \cdot \kappa}{\rho_{pü} \cdot (\kappa \kappa 1)} \right)$$

ahol: κ - izentropikus kitevő, [-] (megj. földgáz esetén kb. 1,31)
 $p_{ü}$ - túlnyomás, [Pa]
 $\rho_{pü}$ - sűrűség üzemi nyomáson, [kg/m³]

3.5. Mértékegységek átszámítása

Térfogat átszámítása

	m ³	cm ³	dm ³	in ³	ft ³	UK gall	US gall
m ³	1	10 ⁶	10 ³	61023,7	35,3100	219,970	264,170
cm ³	10 ⁻⁶	1	10 ⁻³	0,06100	0,00004	0,00022	0,00026
dm ³	10 ⁻³	10 ³	1	61,0237	0,03532	0,21997	0,26417
in ³	0,00002	16,38710	0,01639	1	0,00058	0,00360	0,00433
ft ³	0,02832	28316,80	28,3200	1728,000	1	6,22882	7,48050
UK gall	0,00455	4546,090	4,54609	277,4200	0,16054	1	1,20010
US gall	0,00379	3785,420	3,78542	231,0000	0,13368	0,83267	1

ahol: in³ cubic inch
ft³ cubic foot
gall gallon

Energia átszámítása

	TJ (10^{12})	Gcal	Mtoe	MBTU	GWh
TJ	1	$2,388 \cdot 10^2$	$2,388 \cdot 10^{-5}$	$9,478 \cdot 10^2$	$2,778 \cdot 10^{-1}$
Gcal	$4,1868 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-7}	3,97	$1,163 \cdot 10^{-3}$
Mtoe	$4,1868 \cdot 10^4$	10^7	1	$3,968 \cdot 10^7$	$1,1630 \cdot 10^4$
MBTU	$1,0551 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$2,52 \cdot 10^{-8}$	1	$2,931 \cdot 10^{-4}$
GWh	3,6	$8,60 \cdot 10^2$	$8,6 \cdot 10^{-5}$	$3,412 \cdot 10^3$	1

Ahol: Mtoe millió tonna olaj egyenérték
BTU british thermal unit

Teljesítmény átszámítása

$$W = J/s = Nm/s = kg \cdot m^2/s^3$$

$$BTU/h \sim 0,293 W$$

$$cal/s = 4,1868 W$$

$$BTU/s = 1,055 \cdot 10^3 W$$

$$LE = 735,498 W$$

Kőolaj mennyiség átszámítása

(átlagos kőolaj sűrűséggel számolva)

	tonna	ezer liter	barrel	US gallon	tonna/év
tonna	1,00000	1,17000	7,33000	307,860	0,00000
ezer liter	858,100	1,00000	6,29000	264,170	0,00000
barrel	0,13640	0,16000	1,00000	42,0000	0,00000
US gallon	0,00325	0,00380	0,02380	1,00000	0,00000
barrel/nap	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	49,8000

Földgáz és LNG átszámítása

	$10^9 m^3$ fg.	10^9 foot ³ fg.	10^6 toe	10^6 t LNG	10^{12} BTU	10^6 bbløe
$10^9 m^3$ fg.	1,000	35,300	0,900	0,740	35,70	6,600
10^9 foot ³ fg.	0,028	1,0000	0,025	0,021	1,010	0,190
10^6 toe	1,110	39,200	1,000	0,820	39,70	7,330
10^6 t LNG	1,360	48,000	1,220	1,000	48,60	8,970
10^{12} BTU	0,028	0,9900	0,025	0,021	1,000	0,180
10^6 bbløe	0,150	5,3500	0,140	0,110	5,410	1,000

ahol: fg. földgáz
foot = 0,3048 m
toe tonna olaj egyenérték
LNG cseppfolyós földgáz
BTU British Thermal Unit
bbløe barrel olaj egyenérték

Nyomás mértékegységek átszámítása

	MPa	kPa	Pa	bar	atm
1 MPa	1,000000	1000,000	1000000	10,0000	9,87000000
1 kPa	0,001000	1,000000	1000,000	0,01000	0,00987000
1 Pa	0,000001	0,001000	1,000000	0,00001	0,00000987
1 bar	0,100000	100,0000	1000000	1,00000	0,98700000
1 atm	0,101325	101,3250	101325,0	1,01325	1,00000000

Prefixumok:

exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}

4. Felhasznált irodalom

BARÓTFI, I. (szerk.): Energiafelhasználói Kézikönyv; Környezet-technika Szolgáltató Kft., Budapest, 1994. pp.733-867. ISBN 963 02 9535 0

BERECZ, E. (szerk.): Kémia műszakiaknak; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1991. pp.488-557, 644-667. ISBN 963 18 6825 7

BOBOK, E.: Áramlástan; Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997. pp.128-202. ISBN 963 661 317 6

CERBE, G.: A gáztechnika alapjai; Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2007. pp.1-72. ISBN 963 9542 54 7

MESZLÉRY, C.: Gáztechnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978. pp.34-92. ISBN 963 10 2184 X

MSZ 1648: 2000 Közzolgáltatású vezetékes földgáz.

MSZ ISO 6976: 1997 Földgáz. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből

N.V. Nederlandse Gasunie: Physical properties of natural gases, 1988.

VIDA, M. (főszerk.): Gáztechnikai kézikönyv; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984. pp.185-187. ISBN 963 10 5687 2

FARKAS, O.-né, NAGY, G.: Tüzeléstan, Tankönyvkiadó, Budapest 1985

HALÁSZ, I.: Tüzeléstechnika, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2008.