

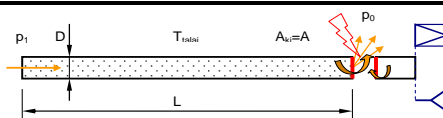
Gázvesztésszámítás vezetékcsakítás esetén

Harmadik fél által történő vezetékcsakítás során kiáramló gázmennyiségek meghatározása

Bemenő adatok		Számított eredmények	
A hálózat kialakítása:	sugaras korlátlan utánpótlással ▼	Moláris tömeg ($M_{gáz}$):	16,46 kg/kmol
Talajhőmérséklet:	nyári ▼	Relatív sűrűség (d):	0,57
A vezeték anyaga:	PE ▼	Izentrópus kitevő (κ):	1,31
A kiömlő keresztmetszet:	teljes keresztmetszetű ▼	A gázkeverékre jell. techn. gázállandó (R_g):	505,04 J/kgK
A szolgáltatott gáz összetétele		A gázra jell. kritikus hangsebesség (a^*):	407 m/s
Komponensek	Összetétel mól%	A sugaras, korlátlan utánpótlással rendelkező hálózaton	
Metán	CH ₄	98,00%	a teljes keresztmetszeten 60 percig
Etán	C ₂ H ₆	1,00%	hangsebesség alatt kiáramló gáz
Propán	C ₃ H ₈	0,00%	mennyisége (V_n):
i-Bután	C ₄ H ₁₀	0,00%	525 m ³
n-Bután	C ₄ H ₁₀	0,00%	gáztechnikai normálállapotban (15 °C; 1013,25 mbar)
i-Pentán	C ₅ H ₁₂	0,00%	
n-Pentán	C ₅ H ₁₂	0,00%	
Hexán +	C ₆ +	0,00%	
Szén-dioxid	CO ₂	1,00%	
Nitrogén	N ₂	0,00%	
	Összesen:	100,00%	
		üzemvezető	
		Hajdúszoboszló,	2017.09.26 13:57

Minden esetben kitöltendő	Megjegyzés
A hálózatrészt névleges túlnyomása (p_1):	4 bar
Barometrikus nyomás (p_0):	4 000 mbar
A kiáramlási keresztmetszet (A_3):	1 000,00 mbar
A kiömlés időtartama (t):	12 cm ²
	60 min
	NEM KELL KITÖLTENI!

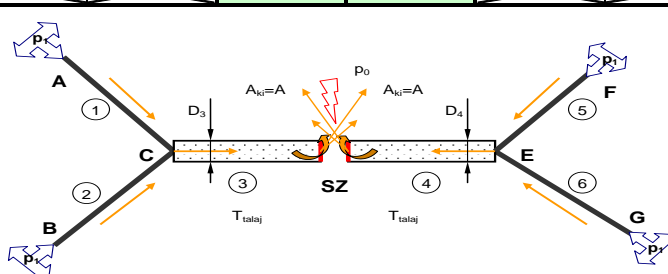
Sugaras hálózat esetén töltendő ki	Adja meg az adatokat!
A vezeték belső átmérője (D):	55,8 mm
Vezeték hossz a szakadásig (L):	2 800 m



Hurkolt hálózat esetén töltendő ki	NE TÖLTSE KI!
A megadott érték sehol sem lehet nulla! Nulla érték beírása esetén újra kell indítani a munkafüzetet!	
A vezeték belső átmérője (D):	130,8 mm
A sértetlen vezeték hossza (L):	1 000 m
Az elszakadt vezeték hossza SZ pontig (L):	800 m

1. szakasz (A-C)	2. szakasz (B-C)	3. szakasz (C-SZ)	4. szakasz (E-SZ)	5. szakasz (F-E)	6. szakasz (G-E)
130,8	130,8	90,0	90,0	90,0	90,0
1 000	800	400	500	600	1 500

Járatos méret	Acél ¹⁾	PE ²⁾	
		SDR 17,6	SDR 11
DN 32			26,0
DN 40			32,6
DN 50	51,2		
DN 63		55,8	51,4
DN 80	82,5		
DN 90		79,6	73,6
DN 100	100,8		
DN 110		97,4	90,0
DN 150	150,0		
DN 160		141,8	130,8
DN 200	206,5	177,2	163,6
DN 250	260,4	221,6	204,6
DN 300	309,7		
DN 315		279,2	257,8



Gázkiáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
1. Sugaras, korlátlan

Sugaras hálózat, korlátlan utánpótlással		Állandók											
		Az egyes komponensek figyelembe vett értékei											
Kiáramlás hangsebesség alatt vagy hangsebességgel Teljes vagy a teljes keresztmetszettől kisebb kiáramlási felület		$R_{10} = ##### \text{ J/kmolK}$ $M_{10} = 28,963 \text{ kg/kmol}$ $Z_{10} = 0,9994$ $\rho_{10} = 1,2929 \text{ kg/m}^3$											
Kiindulási összetételek A FŐMODULból átvett összetétel		Fizikai normállapotban (0 °C és 1013,25 mbar)											
Komponensek		Összetétel mól%	Komponens	Képlet	Móláris tömeg [1] M_i kg/kmol	Móltérfogat [2] V_i m^3/kmol	Sűrűség [1][2] ρ_i kg/m^3	Kompressziós tényező [1] z	Összegzési tényező [1] $(b_i)^{1/2}$	Fajhő 1013,25 mbar 0 °C [3] c_p c_v kJ/kgK kJ/kgK	Izentrópikus kitevő [3] κ	Dinamikai viszkózitási tényező [4] μ Ns/m^2	
Metán	CH ₄	98,00%	Metán	CH ₄	16,043	22,3604	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035
Etán	C ₂ H ₆	1,00%	Etán	C ₂ H ₆	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855
Propán	C ₃ H ₈	0,00%	Propán	C ₃ H ₈	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750
i-Bután	C ₄ H ₁₀	0,00%	i-Bután	C ₄ H ₁₀	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680
n-Bután	C ₄ H ₁₀	0,00%	n-Bután	C ₄ H ₁₀	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680
i-Pentán	C ₅ H ₁₂	0,00%	i-Pentán	C ₅ H ₁₂	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620
n-Pentán	C ₅ H ₁₂	0,00%	n-Pentán	C ₅ H ₁₂	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620
Hexán +	C ₆ +	0,00%	n-Heptán C ₆ +	C ₇ H ₁₆	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717
Szén-dioxid	CO ₂	1,00%	Szén-dioxid	CO ₂	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382
Nitrogén	N ₂	0,00%	Nitrogén	N ₂	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660
Összesen:		100,00%											
üzemvezető		Adatforrás: [1] MSZ ISO 6976: 1997. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből [2] N.V. Nederlandse Gasunie; Physical properties of natural gases; 1980. [3] G. Cerbe: Grundlagen der gastechnik; Carl Hanser Verlag München Vln, 2004, ISBN 3-446-22803-9 [4] Meszléry C.: Gáztechnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978, ISBN 963 10 2184 X [5] Bobok E.: Áramlástan, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997. [6] Wilkinson, J.V.-Holiday, D.V.-Batey, E.R. (1964): Analytic solution for gas flow; Pipe Line Industry, 11.											
Számított értékek		Megjegyzés											
A reális gáz anyag- és állapotjelzői		Moláris tömeg ($M_{gáz}$): 16,4629 kg/kmol Kompressziós tényező (z): 0,9975 0 °C; 1013,25 mbar [1] Kompressziós tényező (z): 0,9895 $T_{üzemi}$; p_1 (Wilkinson összefüggés) [6] Relatív sűrűség (d): 0,5695 0 °C; 1013,25 mbar Sűrűség ($\rho_{gáz}$): 0,7363 kg/m ³ 0 °C; 1013,25 mbar Állandó nyomáson vett fajhő ($c_{p,kev}$): 2,1126 kJ/kgK 0 °C Állandó térfogaton vett fajhő ($c_{v,kev}$): 1,6078 kJ/kgK 0 °C Izentrópus kitevő (k): 1,3140 0 °C Dinamikai viszkózitási tényező (μ): 0,000010 Ns/m ² 0 °C (Herring & Zipperer) [2] A gázkeverékre jell. techn. gázáll. (R_i): 505,0441 J/kgK 0 °C A gázra jellemző hangsebesség (a_0): 437,2882 m/s (Talajhőmérsékleten) [5] A gázra jell. kritikus hangsebesség (a^*): 406,5400 m/s (Talajhőmérsékleten) [5] A vezeték névleges túlnyomása (p_1): 4,00 bar (A kezdőpontban) A vezeték abszolút nyomása (p_1): 500 000 Pa (A kezdőpontban) Barometrikus nyomás (p_0): 100 000 Pa A gáz hőmérséklete (T_1): 288,15 K (Talajhőmérséklet) A vezeték belső átmérője (D): 0,06 m A vezeték érdessége (k): 0,00003 m Vezeték hossz a szakadásig (L): 2 800 m (Az állandó nyomású ponttól) A vezeték keresztmetszete (A): 0,0024 m ² 24 cm ² A kiáramlási keresztmetszet (A_3): 0,0024 m ² A kiömlő- és a vezeték keresztmetszetek aránya (A_3/A): 100 % A kiömlés időtartama (t): 3 600 sec											

Gázkiáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
1. Sugaras, korlátlan

Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hangsebesség alatt a kiömlési keresztmetszet egyenlő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél

A kezdőpont sűrűsége (ρ_1):	3,4722 kg/m ³	(Üzemállapotban)
λ_1 =	0,0300	
λ_2 =	0,0185	
λ_3 =	0,0188	
λ_4 =	0,0188	
λ_5 =	0,0188	
A csősűrítési tényező (λ):	0,0188	(Állandó) Colebrookkal
A Reynolds-szám (Re):	225 483	(Állandó)
A kezdőpont sebessége (c_1):	12,08 m/s	
A kiömlés sebessége (c_{ki}):	60,41 m/s	
A kiömlés tényleges sebessége:	60,41 m/s	A KIÁRAMLÁS HANGSEBESSÉG ALÁTTI
A kiömlő térfogatáram (Q_{ki}):	0,1382 m ³ /s	(Fizikai normálállapotban)
	497,59 m³/h	(Fizikai normálállapotban)
	524,91 m³/h	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlő gázmennyiség (V_{ki}):	525 m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlhető gázmennyiség maximuma a hiba elhárításáig ($A_{ki} > A_{tejes}$):	525 m³	(Gáztechnikai normálállapotban)

Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hangsebesség alatt a kiömlési keresztmetszet kisebb a cső teljes keresztmetszetétől

Szűkítésből adódó egyenértékű csőhossz (L_e):	0 m	(Empirikus formula)
A kiömlő- és a vezeték keresztmetszet aránya (A_g/A):	100,00 %	
A kezdőpont sűrűsége (ρ_1):	3,4722 kg/m ³	(Üzemállapotban)
λ_1 =	0,0300	
λ_2 =	0,0185	
λ_3 =	0,0188	
λ_4 =	0,0188	
λ_5 =	0,0188	
A csősűrítési tényező (λ):	0,0188	(Állandó) Colebrookkal
A Reynolds-szám (Re):	225 483	(Állandó)
A kezdőpont sebessége ($L+L_e$) esetén (c_1):	12,08 m/s	
A kiömlés sebessége ($L+L_e$) esetén (c_{ki}):	60,41 m/s	
A kiömlő térfogatáram ($L+L_e$) esetén (Q_{ki}):	0,1382 m ³ /s	(Fizikai normálállapotban)
	497,59 m³/h	(Fizikai normálállapotban)
	524,91 m³/h	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmennyiség (V_{ki}):	525 m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)
Az $A_{ki} < A_{tejes}$ szakítási keresztmetszeten kiömlött gázmennyiség az elhárításig:	525 m³	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$\rho_1 = \frac{p_1 \cdot M_{gáz}}{z_1 \cdot R_u \cdot T_1} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[\frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,715D} \right] \quad \text{Re} = \frac{c_1 D \rho_1}{\mu}$$

$$L_e = 4800 \cdot \left(\frac{A_3}{A_2} - 1 \right)^2 \quad [\text{m}]$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\frac{p_1}{\rho_1} \left[\ln \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L}{D} \right]}} \quad [\text{m/s}]$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\frac{p_1}{\rho_1} \left[\ln \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L+L_e}{D} \right]}} \quad [\text{m/s}]$$

$$c_{ki} = \frac{p_1}{p_0} \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\frac{p_1}{\rho_1} \left[\ln \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L}{D} \right]}} \quad [\text{m/s}]$$

$$c_{ki} = \frac{p_1}{p_0} c_1$$

$$Q_N = \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left(\frac{p_N}{T_N} \right)^2 \frac{M_{gáz}}{z R_u} \frac{T_1}{D^4 p_1^2} \left[\ln \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L}{D} \right]}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad Q_N = \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left(\frac{p_N}{T_N} \right)^2 \frac{M_{gáz}}{z R_u} \frac{T_1^2}{D^4 p_1^2} \left[\ln \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L+L_e}{D} \right]}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$V_n(15^\circ\text{C}; 1013,25\text{mbar}) = Q_n(0^\circ\text{C}; 1013,25\text{mbar}) \cdot \frac{288,15}{273,15} \cdot t \quad [\text{m}^3]$$

Gázkiáramlások vizsgálata vezetékzakadás esetén
1. Sugaras, korlátlan

Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás hangsebességgel a kiömlési keresztmetszet egyenlő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél

A kezdőpont sűrűsége (ρ_1):	3,4722 kg/m ³	(Üzemállapotban)
A kezdőpont sebessége (c_1):	12,08 m/s	(Állandó, előző blokkból)
A kiömlés sebessége ($c_{ki}=a^*$):	406,54 m/s	A KIÁRAMLÁS HANGSEBESSÉG ALATTI-SZÁMÍTÁS AZ ELŐZŐ BLOKK ALAPJÁN!
Az L hosszhoz tartozó Mach-szám (M_1):	0,028	(*1. Mach szám' munkafüzet lapból)
A kiömlő térfogatáram (Q_{ki}):	0,1408 m ³ /s	(Fizikai normálállapotban)
	506,89 m ³ /h	(Fizikai normálállapotban)
	534,73 m ³ /h	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmenyiség (V_n):	535 m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlőhető gázmenyiség maximuma a hiba elhárításáig ($A_{ki} \geq A_{teljes}$):	!cki < a* m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)

Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás hangsebességgel a kiömlési keresztmetszet kisebb a cső teljes keresztmetszetétől

A kiömlő- és a vezeték keresztmetszet aránya (A_3/A_1):	100,00 %	
Mach-szám közvetlenül a kiömlés előtt (M_2):	1,000	(*1. Mach szám' munkafüzet lapból)
Módosult Mach-szám a kezdeti pontban (M'_1):	0,028	(*1. Mach szám' munkafüzet lapból)
A kiömlő térfogatáram (Q_{ki}):	0,1408 m ³ /s	(Fizikai normálállapotban)
	506,89 m ³ /h	(Fizikai normálállapotban)
	534,73 m ³ /h	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmenyiség (V_n):	535 m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)
Az $A_{ki} < A_{teljes}$ szakítási keresztmetszeten kiömlött gázmenyiség az elhárításig:	!cki < a* m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)

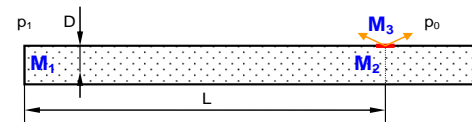
A meghibásodás ideje alatt kiáramlott gázmenyiség gáztechnikai normálállapotban

A kiömlőhető gázmenyiség maximuma a hiba elhárításáig ($A_{ki} \geq A_{teljes}$):	525 m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)
Az $A_{ki} < A_{teljes}$ szakítási keresztmetszeten kiömlött gázmenyiség az elhárításig:	525 m ³	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$\rho_1 = \frac{p_1 \cdot M_{gáz}}{z_1 \cdot R_u \cdot T_1} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{k} \left[\frac{1-M^2}{M^2} + \frac{k+1}{2} \ln \frac{\frac{k+1}{2} M^2}{\frac{k-1}{2} M^2 + 1} \right]$$

$$Q_N = \frac{D^2 \pi p_1}{4} \cdot \frac{T_N}{T_1} \cdot \frac{M_1}{z_1} \sqrt{\frac{k R_u z_1 T_1}{M_{gáz}}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$



$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{1}{M_2} \left(\frac{2}{k+1} + \frac{k-1}{k+1} M_2^2 \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{k} \left[\frac{M_2^2 - M_1'^2}{M_1'^2 M_2^2} + \frac{k+1}{2} \ln \frac{M_1'^2 \frac{k-1}{2} M_2^2 + 1}{\frac{k-1}{2} M_1'^2 + 1} \right]$$

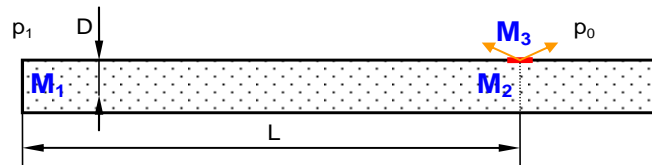
$$Q_N = \frac{D^2 \pi p_1}{4} \cdot \frac{T_N}{T_1} \cdot \frac{M_1}{z_1} \sqrt{\frac{k z_1 R_u T_1}{M_{gáz}}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Gázkiáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
1. Mach-szám

A Mach-szám számítása

Segédszámítás az '1. Sugaras, korlátlan' munkafüzet laphoz

A Mach-szám számításához szükséges adatok	Megjegyzés
A vezeték belső átmérője (D): 0,06 m	
Izentrópus kitevő (κ): 1,3140	(Állandó, előző munkalapról)
Sűrűlási tényező (λ): 0,0188	(Állandó, Colebrook formulával számítva, előző munkalapról)
Vezeték hossz a szakadásig (L): 2 800 m	(Az állandó nyomású ponttól)
Kapott Mach szám (M ₁): 0,028	(Teljes keresztmetszeten történő kiáramlás esetén érvényes)
A vezeték keresztmetszete (A): 0,0024 m ²	
A kiáramlási keresztmetszet (A ₃): 0,0024 m ²	
A/A ₃ : 1,000	
Kapott Mach szám (M ₂): 1,000	(Közvetlenül a csökkent keresztmetszet előtti teljes keresztmetszeten érvényes)
Kapott Mach szám (M' ₁): 0,028	(A keresztmetszet csökkenés miatt módosuló Mach-szám a kezdőpontban)



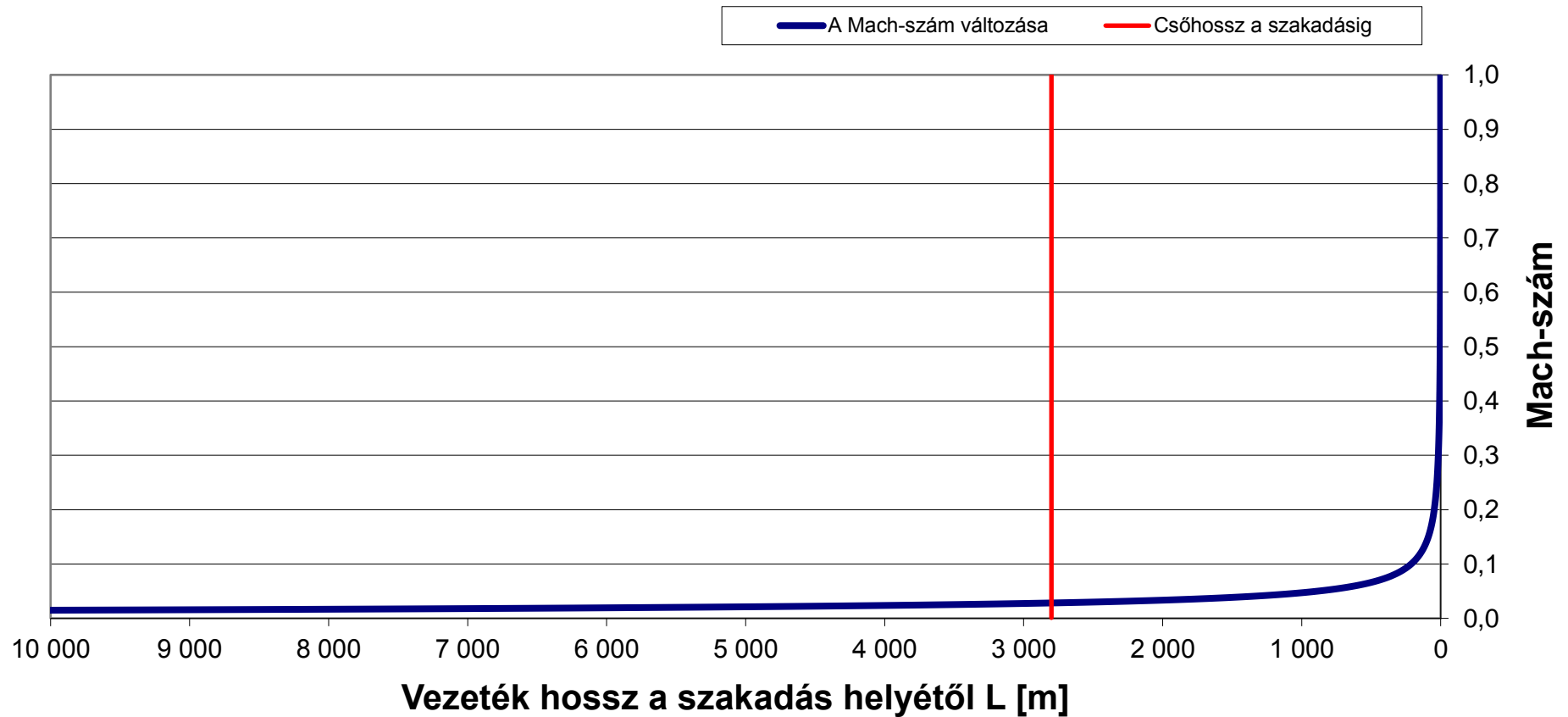
$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\kappa} \left[\frac{1-M^2}{M^2} + \frac{\kappa+1}{2} \ln \frac{\frac{\kappa+1}{2} M^2}{\frac{\kappa-1}{2} M^2 + 1} \right]$$

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{1}{M_2} \left(\frac{2}{\kappa+1} + \frac{\kappa-1}{\kappa+1} M_2^2 \right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}}$$

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\kappa} \left[\frac{M_2^2 - M_1'^2}{M_1'^2 M_2^2} + \frac{\kappa+1}{2} \ln \frac{M_1'^2 \frac{\kappa-1}{2} M_2^2 + 1}{\frac{\kappa-1}{2} M_1'^2 + 1} \right]$$

Gázkiáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
1. Mach-szám diagram

A Mach-szám (M_1) változása teljes keresztmetszeten történő kiömlés esetén



Gázkiáramlások vizsgálata vezeték szakadás esetén
2. Sugaras, nincs utánpótlás

Sugaras hálózat, nincs utánpótlás		Állandók		Az egyes komponensek figyelembe vett értékei								
Teljes, vagy teljes keresztmetszettől kisebb kiáramlási felület		$R_{g,0} = 8\,314,51 \text{ J/kmolK}$ $M_{g,0} = 28,9626 \text{ kg/kmol}$ $z_{g,0} = 0,99941$ $\rho_{g,0} = 1,29292 \text{ kg/m}^3$		Fizikai normálállapotban (0°C és $1013,25 \text{ mbar}$)								
Kiindulási összetételek		Komponens	Képlet	Móláris tömeg [1] M_i kg/kmol	Móltérfogat [2] V_i m^3/kmol	Sűrűség [1][2] ρ_i kg/m^3	Kompressziós tényező [1] z	Összegzési tényező [1] (b) ^{1/2}	Fajhő 1013,25 mbar 0°C [3]		Izentrópikus kitévő [3] κ	Dinamiai viszkózitási tényező [4] μ Ns/m^2
A FÓMODULból átvett összetétel									c_p kJ/kgK	c_v kJ/kgK		
	Összetétel mól%											
Metán	CH ₄	16,043	22,3600	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035		
Etán	C ₂ H ₆	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855		
Propán	C ₃ H ₈	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750		
i-Bután	C ₄ H ₁₀	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680		
n-Bután	C ₄ H ₁₀	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680		
i-Pentán	C ₅ H ₁₂	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620		
n-Pentán	C ₅ H ₁₂	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620		
Hexán +	C ₆ +	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717		
Szén-dioxid	CO ₂	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382		
Nitrogén	N ₂	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660		
Összesen:		100,00%										

üzemvezető

Adatforrás:
 [1] MSZ ISO 6976: 1997. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételeiből
 [2] N.V. Nederlandse Gasunie: Physical properties of natural gases; 1980.
 [3] G. Cerbe: Grundlagen der gastechnik; Carl Hanser Verlag München Vion, 2004, ISBN 3-446-22803-9
 [4] Meszléry C.: Gáztechnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978, ISBN 963 10 2184 X
 [5] Bobok E.: Áramlástan, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997.
 [6] Wilkinson, J.V.-Holliday, D.V.-Batey, E.R. (1964): Analytic solution for gas flow; Pipe Line Industry, 11.

Számított értékek		Megjegyzés	
A reális gáz anyag- és állapotjelzői			
Móláris tömeg ($M_{g,0}$):	16,4629 kg/kmol		
Kompressziós tényező (z):	0,9975	$0^\circ \text{C}; 1013,25 \text{ mbar}$ [1]	
Kompressziós tényező (z):	0,9895	$T_{üzem}; p_1$ (Wilkinson összefüggés) [6]	
Relatív sűrűség (d):	0,5695	$0^\circ \text{C}; 1013,25 \text{ mbar}$	
Sűrűség ($\rho_{g,0}$):	0,7363 kg/m ³	$0^\circ \text{C}; 1013,25 \text{ mbar}$	
Állandó nyomáson vett fajhő ($c_{p,0}$):	2,1126 kJ/kgK	0°C	
Állandó térfogaton vett fajhő ($c_{v,0}$):	1,6078 kJ/kgK	0°C	
Izentrópikus kitévő (κ):	1,3140	0°C	
Dinamiai viszkózitási tényező (μ):	0,000010 Ns/m ²	0°C (Herning & Zipperer) [2]	
A gázkeverékre jell techn. gázáll. (R_i):	505,0441 J/kgK	0°C	
A gázra jellemző hangsebesség (a_0):	437,2882 m/s	(Talajhőmérsékleten) [5]	
A vezetékre jell. kritikus hangsebesség (a^*):	406,5400 m/s	(Talajhőmérsékleten) [5]	
A vezetékek névleges túlnyomása (p_1):	4,00 bar	(A kezdőpontban)	
A vezetékek abszolút nyomása (p_1):	500 000 Pa	(A kezdőpontban)	
Barometrikus nyomás (p_0):	100 000 Pa		
A gáz hőmérséklete (T_1):	288,15 K	(Talajhőmérséklet)	
A vezetékek belső átmérője (D):	0,06 m		
A vezetékek érdessége (κ):	0,00003 m		
Vezetékek hossz a szakadásig (L):	2 800 m		
A vezetékek keresztmetszete (A):	0,0024 m ²	(Az állandó nyomású ponttól)	
A kiáramlási keresztmetszet (A_3):	0,0012 m ²	24 cm ²	
A kiömlő- és a vezetékek keresztmetszetek aránya (A_3/A):	49,07 %		
A kiömlés időtartama (t):	3 600 sec		

Gázkiáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
2. Sugaras, nincs utánpótlás

Sugaras hálózat korlátozott utánpótlással, a kiömlési keresztmetszet kisebb, egyenlő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél		
Szűkítésből adódó egyenértékű csőhossz (L _e):	0 m	(Empirikus formula)
A kezdőpont sűrűsége (ρ ₁):	3,4722 kg/m ³	(Kezdeti állapotban)
λ ₁ =	0,0300	
λ ₂ =	0,0185	
λ ₃ =	0,0188	
λ ₄ =	0,0188	
λ ₅ =	0,0188	
A csősúrlódási tényező (λ):	0,0188	(Jó közelítéssel állandó) Colebrookkal
A Reynolds-szám (Re):	225 483	(Jó közelítéssel állandó)
A kezdőpont sebessége t ⁽⁰⁾ -ban (c ₁):	12,08 m/s	(L+L _e) értékkel számítva
Maximálisan kiömlhető gázmennyiség:	23,7753 kg	(A csővezetékben lévő gáz tömege t ⁽⁰⁾ -ban)
	32,2894 m ³	(Fizikai normálállapotban)
A "K" állandó értéke:	22 722 246,38 x 10 ⁶	
Időköz:	30 sec	
A vezeték teljes leürülési ideje (t):	7,5 perc	A vezeték teljesen leürül!
A kiömlhető gázmennyiség maximuma a hiba elhárításáig (m _{max}):	23,78 kg	
A gáz sűrűsége p ₀ környezeti nyomáson (ρ):	0,6889 kg/m ³	(Talajhőmérsékleten)
A vezetékben maradt gázmennyiség (m):	4,72 kg	
A kiömlött gázmennyiség a hiba elhárításáig:	19,06 kg	(Ha az elhárítás ideje rövidebb a teljes leürülési időnél, az eredmény a teljes tömeg - a maradék tömeg; ellenkező esetben a teljes tömeg - p ₀ nyomású gáztömeg)
	25,88 m³	(Fizikai normálállapotban)
	27 m³	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$m_1 = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot L \cdot \rho_1 \quad [\text{kg}]$$

$$\rho_1 = \frac{p_1 \cdot M_{\text{gáz}}}{z_1 \cdot R_u \cdot T_1} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{p_{1(0)}^2 - p_0^2}{\lambda \cdot \frac{L + L_e}{D^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot z \cdot R_u \cdot T_1}} \cdot \frac{1}{M_{\text{gáz}}} \quad [\text{kg/s}]$$

$$p_{1(0)} = p_{1(0-1)} \cdot \frac{m_{i-1} - \dot{m}_i \Delta t}{m_{i-1}} \quad [\text{Pa}]$$

$$L_e = 4800 \cdot \left(\frac{A_3}{A_2} - 1\right)^2 \quad [\text{m}]$$

$$K = \lambda \cdot \frac{L + L_e}{D^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot z \cdot R_u \cdot T_1 \cdot M_{\text{gáz}}$$

Gázkiáramlások vizsgálata vezeték szakadás esetén
3. Hurkolt, korlátlan

Hurkolt hálózat, korlátlan utánpótlással Kiáramlás hangsebesség alatt vagy hangsebességgel Teljes vagy teljes keresztmetszettel kisebb kiáramlási felület		Állandók $R_{g,0} = 8\,314,51 \text{ J/kmolK}$ $M_{g,0} = 28,9626 \text{ kg/kmol}$ $Z_{g,0} = 0,99941$ $\rho_{g,0} = 1,292923 \text{ kg/m}^3$		Az egyes komponensek figyelembe vett értékei Fizikai normálállapotban (0 °C és 1013,25 mbar)																																																																																																																																																							
		Kiindulási összetételek A FŐMODULból átvett összetétel		Komponens Képlet Moláris tömeg [1] M_i kg/kmol Mólertérfogat [2] V_i m^3/kmol Sűrűség [1][2] ρ_i kg/m^3 Kompressziós tényező [1] Z Összegzési tényező [1] $(b_i)^{1/2}$ Fajhő 1013,25 mbar 0 °C [3] c_p c_v kJ/kgK kJ/kgK Izentrópiikus kitevő [3] κ Dinamikai viszkozitási tényező [4] μ Ns/m^2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kiindulási összetétel</th> <th>Összetétel mól%</th> <th>Képlet</th> <th>Moláris tömeg M_i (kg/kmol)</th> <th>Mólertérfogat V_i (m^3/kmol)</th> <th>Sűrűség ρ_i (kg/m^3)</th> <th>Kompressziós tényező Z</th> <th>Összegzési tényező $(b_i)^{1/2}$</th> <th>Fajhő c_p (kJ/kgK)</th> <th>Fajhő c_v (kJ/kgK)</th> <th>Izentrópiikus kitevő κ</th> <th>Dinamikai viszkozitási tényező μ (Ns/m^2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Metán</td><td>98,00%</td><td>CH₄</td><td>16,043</td><td>22,3600</td><td>0,7175</td><td>0,9976</td><td>0,0490</td><td>2,156</td><td>1,638</td><td>1,316</td><td>0,00001035</td></tr> <tr><td>Etán</td><td>1,00%</td><td>C₂H₆</td><td>30,070</td><td>22,1875</td><td>1,3553</td><td>0,9900</td><td>0,1000</td><td>1,729</td><td>1,453</td><td>1,190</td><td>0,00000855</td></tr> <tr><td>Propán</td><td>0,00%</td><td>C₃H₈</td><td>44,097</td><td>21,9297</td><td>2,0108</td><td>0,9789</td><td>0,1453</td><td>1,549</td><td>1,361</td><td>1,138</td><td>0,00000750</td></tr> <tr><td>i-Bután</td><td>0,00%</td><td>C₄H₁₀</td><td>58,123</td><td>21,6159</td><td>2,6889</td><td>0,9580</td><td>0,2049</td><td>1,599</td><td>1,456</td><td>1,098</td><td>0,00000680</td></tr> <tr><td>n-Bután</td><td>0,00%</td><td>C₄H₁₀</td><td>58,123</td><td>21,5195</td><td>2,7009</td><td>0,9572</td><td>0,2069</td><td>1,599</td><td>1,456</td><td>1,098</td><td>0,00000680</td></tr> <tr><td>i-Pentán</td><td>0,00%</td><td>C₅H₁₂</td><td>72,150</td><td>21,0556</td><td>3,4266</td><td>0,9370</td><td>0,2510</td><td>1,599</td><td>1,484</td><td>1,077</td><td>0,00000620</td></tr> <tr><td>n-Pentán</td><td>0,00%</td><td>C₅H₁₂</td><td>72,150</td><td>20,8874</td><td>3,4542</td><td>0,9180</td><td>0,2864</td><td>1,599</td><td>1,484</td><td>1,077</td><td>0,00000620</td></tr> <tr><td>Hexán +</td><td>0,00%</td><td>C₆+</td><td>100,204</td><td>20,5000</td><td>4,8880</td><td>0,8300</td><td>0,4123</td><td>1,608</td><td>1,512</td><td>1,063</td><td>0,00000717</td></tr> <tr><td>Szén-dioxid</td><td>1,00%</td><td>CO₂</td><td>44,010</td><td>22,2569</td><td>1,9774</td><td>0,9933</td><td>0,0819</td><td>0,817</td><td>0,628</td><td>1,301</td><td>0,00001382</td></tr> <tr><td>Nitrogén</td><td>0,00%</td><td>N₂</td><td>28,014</td><td>22,4049</td><td>1,2503</td><td>0,9995</td><td>0,0224</td><td>1,039</td><td>0,742</td><td>1,400</td><td>0,00001660</td></tr> <tr><td>Összesen:</td><td>100,00%</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								Kiindulási összetétel	Összetétel mól%	Képlet	Moláris tömeg M_i (kg/kmol)	Mólertérfogat V_i (m^3/kmol)	Sűrűség ρ_i (kg/m^3)	Kompressziós tényező Z	Összegzési tényező $(b_i)^{1/2}$	Fajhő c_p (kJ/kgK)	Fajhő c_v (kJ/kgK)	Izentrópiikus kitevő κ	Dinamikai viszkozitási tényező μ (Ns/m^2)	Metán	98,00%	CH ₄	16,043	22,3600	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035	Etán	1,00%	C ₂ H ₆	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855	Propán	0,00%	C ₃ H ₈	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750	i-Bután	0,00%	C ₄ H ₁₀	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680	n-Bután	0,00%	C ₄ H ₁₀	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680	i-Pentán	0,00%	C ₅ H ₁₂	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620	n-Pentán	0,00%	C ₅ H ₁₂	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620	Hexán +	0,00%	C ₆ +	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717	Szén-dioxid	1,00%	CO ₂	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382	Nitrogén	0,00%	N ₂	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660	Összesen:	100,00%								
Kiindulási összetétel	Összetétel mól%	Képlet	Moláris tömeg M_i (kg/kmol)	Mólertérfogat V_i (m^3/kmol)	Sűrűség ρ_i (kg/m^3)	Kompressziós tényező Z	Összegzési tényező $(b_i)^{1/2}$	Fajhő c_p (kJ/kgK)	Fajhő c_v (kJ/kgK)	Izentrópiikus kitevő κ	Dinamikai viszkozitási tényező μ (Ns/m^2)																																																																																																																																																
Metán	98,00%	CH ₄	16,043	22,3600	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035																																																																																																																																																
Etán	1,00%	C ₂ H ₆	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855																																																																																																																																																
Propán	0,00%	C ₃ H ₈	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750																																																																																																																																																
i-Bután	0,00%	C ₄ H ₁₀	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680																																																																																																																																																
n-Bután	0,00%	C ₄ H ₁₀	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680																																																																																																																																																
i-Pentán	0,00%	C ₅ H ₁₂	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620																																																																																																																																																
n-Pentán	0,00%	C ₅ H ₁₂	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620																																																																																																																																																
Hexán +	0,00%	C ₆ +	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717																																																																																																																																																
Szén-dioxid	1,00%	CO ₂	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382																																																																																																																																																
Nitrogén	0,00%	N ₂	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660																																																																																																																																																
Összesen:	100,00%																																																																																																																																																										
üzemvezető		Adatforrás: [1] MSZ ISO 6976: 1997. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből [2] N.V. Nederlandse Gasunie: Physical properties of natural gases; 1980. [3] G. Cerbe: Grundlagen der gastechnik; Carl Hanser Verlag München Vion, 2004, ISBN 3-446-22803-9 [4] Messlery C.: Gáztechnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978, ISBN 963 10 2184 X [5] Bobok E.: Aramlástan, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997. [6] Wilkinson, J.V.-Holliday, D.V.-Batey, E.R. (1964): Analytic solution for gas flow; Pipe Line Industry, 11.																																																																																																																																																									
Számított értékek A reális gáz anyaq- és állapotjelzői		Megjegyzés																																																																																																																																																									
Moláris tömeg ($M_{g,0}$): 16,4629 kg/kmol Kompressziós tényező (z): 0,9975 Kompressziós tényező (z): 0,9895 Relatív sűrűség (d): 0,5695 Sűrűsége ($\rho_{g,0}$): 0,7363 kg/m ³ Állandó nyomáson vett fajhő ($c_{p,0}$): 2,1126 kJ/kgK Állandó térfogaton vett fajhő ($c_{v,0}$): 1,6078 kJ/kgK Izentrópiikus kitevője: 1,3140 Dinamikai viszkozitási tényező (μ): 0,000010 Ns/m ² A gázkeverékre jell. techn. gázáll. (R_g): 505,0441 J/kgK A gázra jellemző hangsebesség (a_0): 437,2882 m/s A gázra jell. kritikus hangsebesség (a^*): 406,5400 m/s A hálózat névleges túlnyomása (p_{rel}): 4,00 bar A hálózat abszolút nyomása (p_{abs}): 500 000 Pa Barometrikus nyomás (p_0): 100 000 Pa A gáz hőmérséklete (T_g): 288,15 K A sérült szakasz belső átmérője (D): 0,09 m A vezeték érdessége (k): 0,00003 m A sérült szakasz keresztmetszete (A): 0,0064 m ² Kiáramlási keresztmetszet maximuma ($A_{m,0}$): 0,0127 m ² A kiömlés keresztmetszete (A_{ki}): 0,0127 m ² A kiáramlási keresztmetszet (A_3) ABCSZ: 0,0064 m ² A kiáramlási keresztmetszet (A_4) EFGSZ: 0,0064 m ² A kiömlés- és a vezeték keresztmetszetek aránya $2A_3/A_4$: 200,00 % A kiömlés időtartama (t): 3 600 sec		0 °C; 1013,25 mbar [1] T _{atm} ; ρ_1 (Wilkinson összefüggés) [6] 0 °C; 1013,25 mbar 0 °C; 1013,25 mbar 0 °C 0 °C 0 °C 0 °C (Herning & Zipperer) [2] 0 °C (Talajhőmérsékleten) [5] (Talajhőmérsékleten) [5] (A kezdőpontokban) (A kezdőpontokban) (Talajhőmérséklet) 64 cm ² 127 cm ² 64 cm ² max. 64 cm ² max. max. 200%																																																																																																																																																									

Gáziáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
3. Hurkolt, korlátlan

A szakasz neve:	1.szakasz (A-C)	2. szakasz (B-C)	3. szakasz (C-SZ)	4. szakasz (E-SZ)	5. szakasz (F-E)	6. szakasz (G-E)	
A szakasz kezdő és végpontja:							
A vezeték belső átmérője (D):	0,131	0,131	0,090	0,090	0,090	0,090	m
A sértetlen vezeték hossza (L):	1 000	800			600	1 500	m
Az elszakadt vezeték hossza SZ pontig (L):			400	500			m

Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebesség alatt							
A kiömlési keresztmetszet egyenő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél							
	1.szakasz A pont	2. szakasz B pont	3. szakasz C pont	4. szakasz E pont	5. szakasz F pont	6.szakasz G pont	
Kinulázási érték (p _{C,E}) [(p _H +p ₀)/2]:			300 000	300 000			Pa
Az adott pont nyomása (p ⁽⁰⁾):	500 000	500 000	482 528	419 518	500 000	500 000	Pa
Sűrűség az adott pontban (ρ ⁽⁰⁾):	3,4722	3,4722	3,3509	2,9133	3,4722	3,4722	kg/m ³
Nyomásérték λ iterációjához (p ⁽¹⁾):	400 000	400 000	300 000	300 000	400 000	400 000	Pa
Sűrűség a λ iterációjához (ρ ⁽¹⁾):	2,7778	2,7778	2,0833	2,0833	2,7778	2,7778	kg/m ³
λ ₁ =	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	
λ ₂ =	0,0149	0,0148	0,0159	0,0160	0,0161	0,0166	
λ ₃ =	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	
λ ₄ =	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	
λ ₅ =	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	
A csősűrűlási tényező (λ ⁽¹⁾):	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	(Állandó)
A Reynolds-szám (Re ⁽¹⁾):	814 001	912 493	751 403	672 219	576 962	359 497	
Sebesség λ iterációjához (c ⁽¹⁾):	23,26	26,07	41,61	37,22	23,96	14,93	
Sebesség az adott pontban (c ⁽⁰⁾):	9,24	10,36	42,90	38,20	19,73	12,29	m/s
A kiömlés sebessége (c _{ki}):			207,00	160,27			m/s
"K" konstans értékek "i"-edik közelítésben:	92 405 557 133	73 440 323 421			388 375 188 634	1 003 584 101 780	
Tömegáramok "i"-edik közelítésben (m ⁽⁰⁾):	0,4310	0,4835	0,9145	0,7081	0,4365	0,2716	kg/s
Nyomásértékek "i"-ik közelítésben (p _{C,E}):			482 528	419 518			Pa
A kiömlő gáz tömegárama (m ⁽⁰⁾):			0,9145	0,7081			kg/s
A kiömlő gáz térfogatárama (Q ⁽⁰⁾):			1,2420	0,9616			m ³ /s
			4 471,10	3 461,89			m ³ /h
			4 716,63	3 652,00			m ³ /h
A kiömlött gázmennyiség (V _n):			4 717	3 652			m ³

Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebesség alatt							
A kiömlési keresztmetszet kisebb a cső keresztmetszeténél							
	1.szakasz A pont	2. szakasz B pont	3. szakasz C pont	4. szakasz E pont	5. szakasz F pont	6.szakasz G pont	
A kiömlési keresztmetszet megosztása a teljes keresztmetszetű tömegáramok arányában (A ₃) (A ₄):			0,006362	0,006362			
A megosztott szűkítési keresztmetszethez tartozó egyenértékű csőhossz (L _e):			0,00	0,00			m
Kinulázási érték (p _{C,E}) [(p _H +p ₀)/2]:			300 000	300 000			Pa
Az adott pont nyomása (p ⁽⁰⁾):	500 000	500 000	482 528	419 518	500 000	500 000	Pa
Sűrűség az adott pontban (ρ ⁽⁰⁾):	3,4722	3,4722	3,3509	2,9133	3,4722	3,4722	kg/m ³
Sebesség az adott pontban (c ⁽⁰⁾):	9,24	10,36	42,90	38,20	19,73	12,29	m/s
A kiömlés sebessége (c _{ki}):			207,00	160,27			m/s
"K" konstans értékek "i"-edik közelítésben:	92 405 557 133	73 440 323 421			388 375 188 634	1 003 584 101 780	
Tömegáramok "i"-edik közelítésben (m ⁽⁰⁾):	0,4310	0,4835	0,9145	0,7081	0,4365	0,2716	kg/s
Nyomásértékek "i"-ik közelítésben (p _{C,E}):			482 528	419 518			Pa
A kiömlő gáz tömegárama (m ⁽⁰⁾):			0,9145	0,7081			kg/s
A kiömlő gáz térfogatárama (Q _{ki}):			1,2420	0,9616			m ³ /s
			4 471,10	3 461,89			m ³ /h
			4 716,63	3 652,00			m ³ /h
A kiömlött gázmennyiség (V _n):			4 717	3 652			m ³

$$K_1 = \lambda_1 \frac{L_1}{D_1^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_2 = \lambda_2 \frac{L_2}{D_2^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_3 = \lambda_3 \frac{L_3}{D_3^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$p_c^{(0)} = \frac{p_c^{(0)}}{p_H} \cdot \rho_H$$

$$c_c^{(1)} = \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right) - 1}{\frac{p_H}{p_H} \left[\ln\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right)^2 - \lambda_3 \frac{L_3}{D_3} \right]}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,715D} \right]$$

$$m_i^{(1)} = \frac{m_3^{(1)}}{1 + \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}} \quad [\text{kg/s}]$$

$$p_c^{(1)} = \sqrt{p_H^2 - \lambda_1 \frac{L_1}{D_1^5} \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \frac{p_H}{\rho_H} \cdot \dot{m}_1^2} \quad [\text{Pa}]$$

$$\dot{m}_3^{(1)} = \frac{D_3^3 \pi}{4} \cdot \frac{p_c^{(1)}}{p_H} \cdot \rho_H \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right) - 1}{\frac{p_H}{p_H} \left[\ln\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right)^2 - \lambda_3 \frac{L_3}{D_3} \right]}}} \quad [\text{kg/s}]$$

$$L_e = 4800 \cdot \left(\frac{A_3}{A_2} - 1\right)^2 \quad [\text{m}]$$

Gázkiáramlások vizsgálata vezetékszakadás esetén
3. Hurkolt, korlátlan

Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebességgel						
A kiömlési keresztmetszet egyenő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél						
	1.szakasz A pont	2. szakasz B pont	3. szakasz C pont	4. szakasz E pont	5. szakasz F pont	6.szakasz G pont
Az L hosszhoz tartozó Mach-szám ($M_{C,E}$):			0,100	0,089		
"K" konstans értékek:	92 405 557 133	73 440 323 421	0,0000019217	0,0000017103	388 375 188 634	1 003 584 101 780
A kiömlés sebessége ($c_{ki}=a^*$):			406,54	406,54		m/s
A kiömlő gáz tömegárama ($m_{C,E}$):			0,9264	0,7147		kg/s
A kiömlő gáz térfogatárama ($Q_{nC,E}$):			1,2581	0,9706		m^3/s (Fizikai normálállapotban)
			4 529,27	3 494,19		m^3/h (Fizikai normálállapotban)
			4 777,99	3 686,08		m^3/h (Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmennyiség (V_n):			4 778	3 686		m^3 (Gáztechnikai normálállapotban)
Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebességgel						
A kiömlési keresztmetszet kisebb a cső keresztmetszeténél						
A kiömlési keresztmetszet megosztása a teljes keresztmetszetű tömegáramok arányában (A_3) (A_4):			0,006362	0,006362		
Mach-szám közvetlenül a kiömlés előtt (M_2):			1,000	1,000		(3. Mach szám* munkafüzet lapból)
Módosult Mach-szám a kezdeti pontban (M^*_1):			0,100	0,089		(3. Mach szám* munkafüzet lapból)
"K" konstans értékek:	92 405 557 133	73 440 323 421	0,0000019217	0,0000017103	388 375 188 634	1 003 584 101 780
A kiömlés sebessége ($c_{ki}=a^*$):			406,54	406,54		m/s
A kiömlő gáz tömegárama ($m_{C,E}$):			0,9264	0,7147		kg/s
A kiömlő térfogatáram (Q_n):			1,2581	0,9706		m^3/s (Fizikai normálállapotban)
			4 529,27	3 494,19		m^3/h (Fizikai normálállapotban)
			4 777,99	3 686,08		m^3/h (Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmennyiség (V_n):			4 778	3 686		m^3 (Gáztechnikai normálállapotban)
A meghibásodás ideje alatt kiömlött gázmennyiség gáztechnikai normálállapotban						
A kiömlhető gázmennyiség maximuma a hiba elhárításáig ($A_{ki} >= A_{eljes}$):			8 369		m^3	(Gáztechnikai normálállapotban)
Az $A_{ki} < A_{eljes}$ szakítási keresztmetszetén kiömlött gázmennyiség az elhárításig:			8 369		m^3	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$K_1 = \lambda_1 \frac{L_1}{D_1^5} \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_2 = \lambda_2 \frac{L_2}{D_2^5} \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_3 = \frac{D_3^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{\kappa M_{gáz}}{Z R_u T_H}} M_{C,E}$$

$$L_3 = \frac{D_3}{\kappa \lambda_3} \left[\frac{1 - M_C^2}{M_C^2} + \frac{\kappa + 1}{2} \ln \frac{\frac{\kappa + 1}{2} M_C^2}{\frac{\kappa - 1}{2} M_C^2 + 1} \right]$$

$$Q_N = \frac{\dot{m}_3}{\rho_N} = \frac{Z R_u T_N K_3 p_H}{\rho_N M_{gáz}} \frac{1 + \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}}{\sqrt{K_1 K_3^2 + \left(1 + \sqrt{\frac{K_1}{K_2}} \right)^2}} \quad [m^3/s]$$

Gázkiáramlások vizsgálata vezeték szakadás esetén
3. Mach-szám

A Mach-szám számítása

Segédszámítás az '3. Hurkolt, korlátlan' munkafüzet laphoz

A Mach-szám számításához szükséges adatok		Megjegyzés
A sérült vezeték belső átmérője (D):	0,09 m	
Izentrópus kitevő (K):	1,3140	(Állandó, előző munkalapról)
Sűrítési tényező a sérült szakaszon (λ_{C-SZ}):	0,0161	(Állandó, Colebrook formulával számítva, előző munkalapról)
Sűrítési tényező a sérült szakaszon (λ_{E-SZ}):	0,0162	(Állandó, Colebrook formulával számítva, előző munkalapról)
Vezeték hossz a szakadásig (L_{C-SZ}):	400 m	(A p_c csomóponttól C-SZ szakasz)
Vezeték hossz a szakadásig (L_{E-SZ}):	500 m	(A p_e csomóponttól E-SZ szakasz)
Kapott Mach szám (M_C):	0,100	(Teljes keresztmetszeten történő kiáramlás esetén érvényes C csomópontban)
Kapott Mach szám (M_E):	0,089	(Teljes keresztmetszeten történő kiáramlás esetén érvényes E csomópontban)
A vezeték keresztmetszete (A):	0,0064 m ²	
A kiáramlási keresztmetszet (A_3) C-SZ:	0,0064 m ²	
A kiáramlási keresztmetszet (A_3) E-SZ:	0,0064 m ²	
A/A ₃ C-SZ:	1,000	
A/A ₃ E-SZ:	1,000	
Kapott Mach szám (M_{2C}):	1,000	(Közvetlenül a csökkent keresztmetszet előtti teljes keresztmetszeten érvényes)
Kapott Mach szám (M'_{1C}):	0,100	(A keresztmetszet csökkenés miatt módosuló Mach-szám a C csomópontban)
Kapott Mach szám (M_{2E}):	1,000	(Közvetlenül a csökkent keresztmetszet előtti teljes keresztmetszeten érvényes)
Kapott Mach szám (M'_{1E}):	0,089	(A keresztmetszet csökkenés miatt módosuló Mach-szám az E csomópontban)

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{K} \left[\frac{1-M^2}{M^2} + \frac{K+1}{2} \ln \frac{\frac{K+1}{2} M^2}{\frac{K-1}{2} M^2 + 1} \right]$$

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{1}{M_2} \left(\frac{2}{K+1} + \frac{K-1}{K+1} M_2^2 \right)^{\frac{K+1}{2(K-1)}}$$

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{K} \left[\frac{M_2^2 - M_1'^2}{M_1'^2 M_2^2} + \frac{K+1}{2} \ln \frac{M_1'^2}{M_2^2} \frac{\frac{K-1}{2} M_2^2 + 1}{\frac{K-1}{2} M_1'^2 + 1} \right]$$