

# TÜZELÉSTECHNIKA

## A gyakorlat célja:

Gáztüzelésű háztartási kombinált fűtő-melegvizet és használati melegvizet szolgáltató berendezés tüzeléstechnikai jellemzőinek vizsgálata:

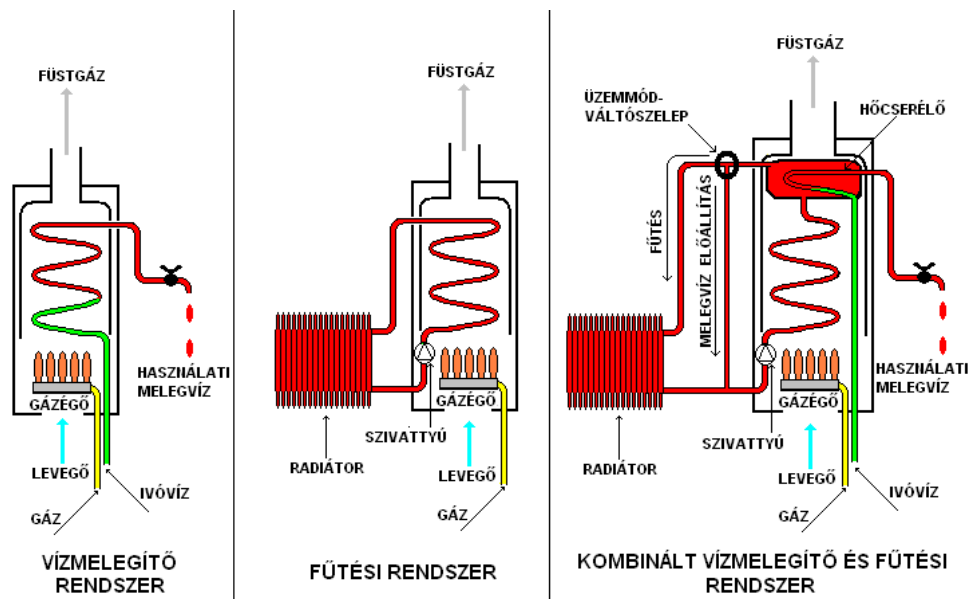
- A tüzelőberendezés energetikai szempontú vizsgálata
- A tüzelőberendezés környezeti szempontú vizsgálata

A korszerű háztartási gáz-tüzelőberendezések jelentős része a fűtési energia-szolgáltatás mellett biztosítja a lakás használati-melegvízzel történő ellátását is.

A fosszilis energia-hordozók közül gazdasági és főleg környezetvédelmi szempontból legelőnyösebben a háztartások a földgázt tudják felhasználni (egyes tüzelőberendezések a beállítások módosításával PB-gáz tüzelésére is alkalmassá tehetők). A földgáz csővezetékén történő szállítása kényelmessé és biztonságossá teszi az energia-hordozó ellátást, egyszerű a berendezések szabályozása és akár a távvezérlés is megoldható (pl. telefonvonal segítségével). A gáztüzelés magas hatásfokkal és fajlagosan kis környezeti terheléssel üzemeltethető fűtési módszer. A földgáz fontos tüzeléstechnikai jellemzője a fűtőértéke, égési sebessége, valamint a biztonság szempontjából lényeges az alsó és felső robbanási határ-koncentráció.

A tüzelőanyag kémiai energiája irányítottan hőenergiává alakítható a tüzelőberendezésekben, ahol a gáz eltüzelése jó hatásfokkal biztosítja a hőtermelést. A gáztüzelés a környezetet kevésbé terhelő összetételű füstgáz kibocsátását teszi lehetővé a földgáz magas hidrogén/szén arányának köszönhetően, amely így fajlagosan alacsonyabb üvegházhatású  $\text{CO}_2$  kibocsátást eredményez az egyéb fosszilis tüzelőanyagokhoz képest. A tüzelőberendezések megfelelő égéstér és égő konstrukciója esetén a füstgáz  $\text{NO}_x$ , CO és korom tartalma igen alacsony, ez kedvezően hat a környezeti levegő minőségére.

Az 1. ábra mutatja be a háztartásokban legelterjedtebb, használati melegvíz és a fűtési hőenergia előállítására szolgáló berendezések működési elvét:



1. ábra: Háztartási melegvíz és fűtési-hőenergia előállító berendezések elvi felépítése

A fűtési célú tüzelőberendezések az esetek nagy többségében vizet alkalmaznak hőhordozó közegként, melynek kedvező tulajdonságai:

- nem tűzveszélyes,
- nagy a fajlagos hőkapacitása,
- olcsó.

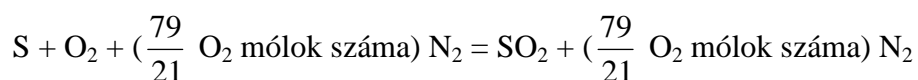
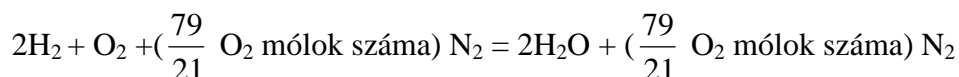
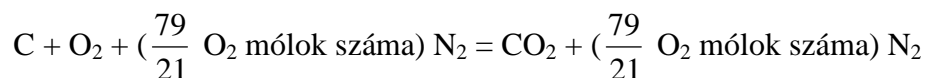
(Fagyveszélyes üzemeltetési viszonyok közt ásványolaj-származékot is alkalmazhatnak.)

A hagyományos tüzelőberendezések mellett fokozatosan tért hódítanak a kondenzációs elven működő berendezések is, amelyek akár 20%-kal magasabb hatásfokot biztosítanak a hagyományos berendezésekhez képest (kihasználva a füstgáz vízgőztartalmának kondenzációs hőjét). Gyors elterjedésüknek a viszonylag magas készülék ár szab határt.

A gyakorlat során vizsgáljuk a tüzelőberendezés fűtési és használati melegvíz-előállító rendszerének hatásfokát, valamint a kibocsátott égéstermék összetételét, és ennek alapján meghatározzuk a légfelesleget és a füstgáz-veszteséget.

## 1. Tüzeléstechnikai alapok

A fosszilis tüzelőanyagok általában nagyszámú különböző szén-hidrogén (esetenként kéntartalmú) vegyületből épülnek fel. Az ásványi-szénhez és a tüzelőolajhoz viszonyítva viszonylag kis számú szén-hidrogén vegyületből áll a földgáz, mely rendszerint mintegy 90% metán mellett csökkenő mennyiségben magasabb szénatom számú homológokat (etán, propán, bután, pentán) és inert gázt ( $N_2$  és/vagy  $CO_2$ ) esetleg  $H_2S$ -t vagy egyéb kéntartalmú vegyületet tartalmaz. A földgáz égése során annak szén(C), hidrogén(H) és kén(S) tartalma egyesül a levegő oxigénjével és elsősorban gáz halmazállapotú égéstermékek (vízgőz, szén-dioxid, szén-monoxid, kén-dioxid) keletkeznek. A tüzeléstechnikai folyamatokat a gyakorlat számára rendszerint az alábbi égési alapreakciókkal közelítik:



Az egyszerűsítésre azért van szükség, mert legtöbbször nem ismerjük a tüzelőanyag pontos kémiai összetételét és azért lehetséges a tüzelőanyag égését elemi égési reakciókkal helyettesíteni, mert a fosszilis tüzelőanyagok képződéshője lényegesen elmarad az égéshőjüktől.

A gyakorlati tüzeléstechnika szinte minden esetben levegőt használ égés-tápláló közegként, oxigént csak különleges technológiai körülmények között alkalmaznak! (Ilyen például a lánghegesztés, amelynél a nagy reakciósebesség (rövid idő alatt sok hő keletkezik) illetve biztosítani kívánt magas láng hőmérséklet indokolja az oxigén használatát.)

A tüzelőanyag energiatartalmának jó hatásfokú hasznosítása csak megfelelő tüzelőberendezések segítségével valósítható meg, amely biztosítja a tüzelőanyag és az égési levegő megfelelő keveredését, a szükség szerinti szabályozást és a tüzelőanyag lehetőség szerinti mindnél tökéletesebb égését. Elő kell segíteni a tüzelőberendezés megfelelő kialakításával a hőhordozó felé történő minél jobb hőátadást. Rendszerint zárt égésterű

berendezéseket alkalmaznak, mert így a tüzelőberendezésnél fellépő sugárzási veszteséget jelentősen (kb. 2%-ra) lehet csökkenteni.

A **füstgáz** az elégetett tüzelőanyag tökéletes és tökéletlen égése során keletkezett termékekből és a kiindulási anyagokból áll.

- a. gáz:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  (esetleg egyéb szénhidrogének),  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$
- b. folyadék: nyílt és zárt szénláncú szénhidrogének, víz
- c. szilárd: pernye és korom.

A nem megfelelően irányított tüzelési folyamat olyan nem kívánt termékek keletkezéséhez vezet, amelyek részben energetikai veszteséget okoznak, vagy káros hatást fejtenek ki a környezetünkre, így keletkezhet:

- korom: karcinogén,
- szénmonoxid: mérgező,
- nitrogén-oxidok: a talaj-közeli ózon koncentrációt növeli (mérgezés), savasesőt okoz,
- szénhidrogének: üvegházhatás.

Jelentős mennyiségű  $CO$  és korom kis légfeszüléknél illetve léghiányos égésnél keletkezik. Jelentős mennyiségű  $NO_x$  magas tüztér hőmérsékleten keletkezik  $1200^\circ C$  felett.

A nem kívánt mellékreakciók elkerülése érdekében a tüzelőberendezésbe a tüzelőanyag elégetéshez elméletileg szükséges levegőmennyiségnél több levegőt (légfeszüléget) juttatunk be, és szabályozzuk a tüztér hőmérsékletét. A légfeszüléget csak a kívánt környezeti paraméterek eléréséig célszerű növelni, a túlságosan nagy légfeszüléget energetikai veszteséget okoz, mert nő a füstgázvesztés és csökken a hatásfok.

Az **égéshő** ( $kJ/kg$  vagy  $kJ/Nm^3$ ) az a hőmennyiség, amely a tüzelőanyag tömegegységének vagy térfogategységének tökéletes elégetésekor szabadul fel.

- A tüzelőanyag és a levegő hőmérséklete az égetés előtt és az égéstermék hőmérséklete az elégetés után egyaránt  $20^\circ C$ ,
- Az égés során a tüzelőanyag szén és kéntartalma  $CO_2$ -vé és  $SO_2$ -vé alakul át.
- A tüzelőanyag és a levegő eredeti nedvességtartalma és a hidrogéntartalom elégetéséből keletkező víz a tüzelőanyag elégetése után  $20^\circ C$ -on cseppfolyós halmazállapotban van jelen,

A **fűtőérték** ( $kJ/kg$  vagy  $kJ/Nm^3$ ) az égéshő meghatározásától annyiban tér el, hogy az égési reakcióban keletkezett víz és a tüzelőanyag nedvességtartalma  $20^\circ C$ -os gőz halmazállapotban van jelen.

## 2. Tüzeléstechnikai számítások

A gáztüzelő-berendezésekkel kapcsolatos tüzeléstechnikai számítások során célszerű egyszerűsítésekkel élni, mivel a földgáz gyűjtőfogalom lényegében csak a gáz eredetére utal, és nem határozza meg egyértelműen a gáz összetételét, amely a metán mellett jelentős mennyiségben különböző komponenseket tartalmazhat, így metán homológokat (etánt,

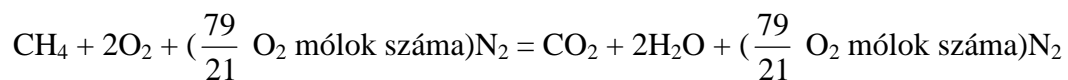
propánt, butánt, pentánt) valamint nitrogént, széndioxidot, kénhidrogént, ezért az energetikai számítások során rendszerint egyszerűsített gázmodell-eleggyel számolunk.

A hazai gázvezeték rendszerben szállított gázt praktikusán metánnak tekinthetjük. A földgáztüzelésnél a tüzelőanyag kéntartalmát elhanyagolhatjuk. A tüzeléseknél a legfontosabb technológiai jellemzőket a következő pontokban foglaljuk össze.

## 2.1 Elméleti levegőmennyiség ( $L_0$ )

A tüzelőanyag elemi összetételének vagy a tüzelőanyagot alkotó szénhidrogén(CH) vegyület(ek) és mennyiségük ismeretében számítható az elméleti levegő igény:

$L_0(\text{Nm}^3/\text{Nm}^3)$  = a tüzelőanyag egységnyi mennyiségének tökéletes elégetéséhez szükséges levegőmennyiség a tüzelőanyag C, H és S tartalmának égése mellett. Földgáz (100 % metán) esetén:



## 2.2 Elméleti száraz füstgáz ( $V_0^{\text{sz}}$ )

Az elméleti száraz füstgáz csak szén és kéndioxidot tartalmaz a nitrogénen kívül, míg a nedves füstgáz vízgőzt is. Az elméleti füstgáz mennyiségét a tüzelőanyag egységnyi mennyiségére számítjuk ( $\text{Nm}^3$ , kg).

A földgáz összetételének ismeretében számítjuk egy köbméterének, vagy egy kilogramm tömegének elégetésekor keletkező füstgáz mennyiséget.

$$V_0^{\text{sz}} = \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{N}_2 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

Amennyiben a földgáz nem tartalmaz kén-vegyületeket és 100%-ban metánnak tekintjük:

$$V_0^{\text{sz}} = \text{CO}_2 + \text{N}_2 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

## 2.3 Elméleti nedves füstgáz ( $V_0^{\text{n}}$ )

Az elméleti nedves füstgáz a széndioxidon, kéndioxidon és nitrogénen kívül vízgőzt is tartalmaz.

$$V_0^{\text{n}} = \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

Amennyiben a földgáz nem tartalmaz kén-vegyületeket és 100%-ban metánnak tekintjük:

$$V_0^{\text{n}} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

## 2.4 Légfeleslegtényező (n)

A ténylegesen felhasznált levegő ( $L$ ) és az elméleti levegőmennyiség ( $L_0$ ) hányadosa.

A légfeleslegtényezőt a füstgáz oxigén és széndioxid koncentrációjának ismeretében egyaránt kiszámíthatjuk, mivel a mérésünkénél a füstgáz oxigéntartalmát határozzuk meg, ezért az  $O_2$  koncentráció alapján határozzuk meg a légfeleslegtényezőt.

$$n = \frac{L}{L_0} \left[ \frac{m^3 / m^3}{m^3 / m^3} \right] \quad \text{amely elhanyagolásokkal:}$$

$$n = \frac{21}{21 - O_{2\text{mért}}} \quad \text{vagy pontosabban:}$$

$$n = 1 + \left[ \frac{V_0^{sz}}{L_0} \cdot \frac{O_{2\text{mért}}}{21 - O_{2\text{mért}}} \right] \quad \text{összefüggés alapján számolható.}$$

## 2.5 Ténylegesen képződő (reális) füstgázmennyiség ( $V^{sz}$ , $V^n$ )

Mivel a tüzelőberendezések energetikai és környezetvédelmi okokból légfelesleg alkalmazásával égetik el a tüzelőanyagot, ezért a gyakorlatban keletkező füstgáz mennyisége meghaladja az elméleti füstgáz mennyiséget, amely a tüzelőberendezés és a füstgáz elvezetőrendszer méretezésénél fontos tényező.

Ténylegesen keletkező száraz füstgázmennyiség:

$$V^{sz} = V_0^{sz} + L_0(n-1) \left[ \frac{Nm^3}{Nm^3} \right]$$

Ténylegesen keletkező nedves-füstgázmennyiség:

$$V^n = V_0^n + L_0(n-1) \left[ \frac{Nm^3}{Nm^3} \right]$$

## 2.6 Kazánhatásfok (termikus hatásfok) ( $\eta$ )

### Közvetlen hatásfok meghatározás:

A tüzelőberendezés (kazán) egyik legfontosabb jellemzője a hatásfoka, ez jelentősen befolyásolja az előállított fűtési-hő illetve használati-melegvíz árát. A közvetlen-kazánhatásfok a hőhordozó (melegvíz) által felvett hőmennyiség és a tüzelés során fölszabadult összes hőmennyiségek arányát fejezi ki.

$$\eta[\%] = \frac{G \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1)}{F \cdot \dot{V} \cdot g} 100$$

ahol:  $G$  - a kazánba belépő víz térfogatárama  $\left[ \frac{m^3}{h} \right]$   
 $t_2$  és  $t_1$  - a kazánból ki illetve abba belépő víz hőmérséklete  $[^\circ C]$   
 $c_v$  - a víz térfogati-fajhője  $4186,8 \left[ \frac{kJ}{m^3 \cdot ^\circ C} \right]$

$$Fé - \text{a gáz fűtőértéke } \left[ \frac{kJ}{Nm^3} \right]$$

$$Vg - \text{a gáz térfogata } \left[ Nm^3 / h \right]$$

A tüzelési-kazán rendszer **hatásfoka** közvetett úton is számítható, a maximális hatásfokértékből (100%) levonva a veszteségi teljesítmény értékeket.

$$\text{Így: } \eta = 100 - (Q_f + Q_{CO} + Q_{sug})$$

ahol  $Q_f$  - füstgázveszteség (kJ/Nm<sup>3</sup>)

$Q_{CO}$  - a tökéletlen égésből adódó veszteség (kJ/Nm<sup>3</sup>)

$Q_{sug}$  - sugárzási veszteség (kJ/Nm<sup>3</sup>)

Mivel a mérés során a sugárzási veszteségi tényező meghatározására nincs módunk, ezért a közvetett hatásfok meghatározási módszert nem alkalmazzuk.

## 2.7 Füstgáz veszteség ( $Q_f$ )

A hagyományos (nem kondenzációs) elven működő tüzelőberendezések füstgázának hőmérséklete rendszerint 140-180°C közötti tartományra tehető (a füstgázokat rendszerint nem hűtik ennél alacsonyabb hőmérsékletre, a vízgőz kondenzációjának elkerülése érdekében, hogy a tüzelőberendezés illetve a kémény korrózióját elkerüljék. A kazánból (tüzelőberendezésből) kilépő füstgázok hőmérséklete ezért viszonylag magas, figyelembe véve a füstgáz mennyiségét is ez a hőveszteség a legjelentősebb a fellépő veszteségek közül.

$$Q_f = \frac{V^n \cdot c_f \cdot (t_f - t_{lev})}{Fé} \cdot 100 [\%]$$

ahol:  $c_f$  - a füstgázalkotók közepes fajhője 1,35  $\left[ \frac{kJ}{Nm^3 \cdot ^\circ C} \right]$

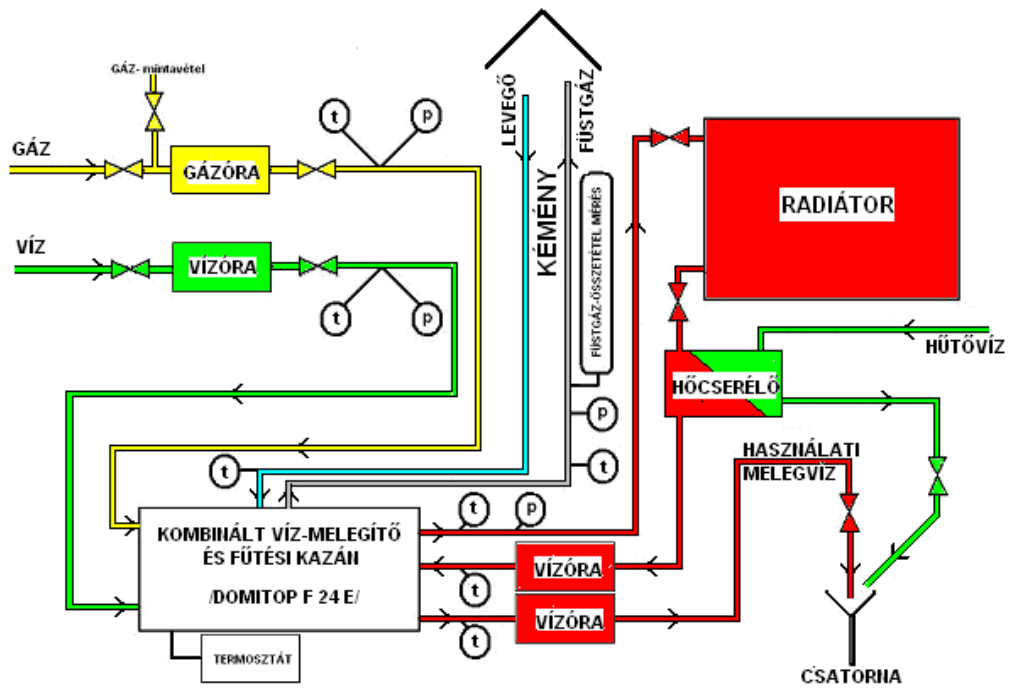
$t_f$  - a kilépő füstgáz hőmérséklete  $[^\circ C]$

$t_{lev}$  - a belépő levegő hőmérséklete  $[^\circ C]$

$Fé$  - a tüzelőanyag fűtőértéke  $\left[ \frac{kJ}{Nm^3} \right]$

### 3. A mérés menete

A mérésnél alkalmazott berendezés elvi vázlatát a 2. ábrán látható:



2. ábra: A tüzeléstechnika mérésen alkalmazott berendezés elvi vázlatát

#### A tüzelőberendezés üzembe helyezése

A mérésen a FERROLI Domitop F 24 E gáztüzelő berendezés üzemi jellemzőit vizsgáljuk (névleges teljesítménye: 24 kW). Ez egy hagyományos nem kondenzációs elven működő zárt égésterű, ionizációs lángörzésű, elektronikus gyújtású fali kazán, amelynek füstgáza kényszer-áramlással (füstgáz-ventilátor) jut a kéménybe, és ugyanezen kéményből koaxiális elrendezésű csővezetékén keresztül jut az égési levegő az égéstérbe.

A mérés során először a fűtési rendszer, majd a használati melegvíz (HMV) rendszer energetikai és környezeti (füstgáz) jellemzőit mérjük, illetve a mért adatokból technológiai jellemzőket számítunk.

#### A berendezés üzemeltetésének menete

1. A vízcsap és a gázcsap nyitása után ellenőrizzük a tüzelőberendezés víztéri nyomását.
2. A tüzelőberendezés főkapcsolóját ON (BE)-állásba kapcsoljuk.
3. Ellenőrizzük a mérésvezető által megadott fűtési és használati melegvíz hőmérséklet beállítását.
4. A fűtési rendszer hűtőjén megindítjuk a hűtővíz áramot.

5. A helyiség-termosztátot a mérésvezető által megadott értékre állítjuk, a munkanaplóban rögzítjük a beállított értéket.
6. A munkanaplóban feljegyezzük az indulási időpontot, a gázóra állását, valamint a hőmérsékleti mérőpontok (kazántérbe be és abból kilépő víz hőmérséklete) és a vízóra állását. A jellemzők leolvasását 5 percenként megismételjük.
7. A kísérletet mindaddig folytatjuk, amíg a fűtési körön a vízhőmérséklet értékek nem állandósulnak.
8. Az egyensúly beállta után elvégezzük a belépő égési levegő és a kilépő füstgáz hőmérsékletének, jellemző összetevőinek ( $O_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ) mérését a TESTO 330 típusú füstgáz elemzővel, mely elektrokémiai elven méri az egyes komponensek koncentrációját.
9. A berendezésen a használati melegvíz előállításához kinyitjuk a melegvíz-csapot.
10. A munkanaplóban feljegyezzük az indítás időpontját, ezzel egy időben leolvassuk a gázóra, a HMV rendszer vízórájának, valamint a kazánba belépő és abból kilépő víz hőmérők állását, a méréseket 5 percenként megismételjük.
11. A kísérletet mindaddig folytatjuk, amíg a használati melegvíz rendszer belépő és kilépő vízhőmérsékletei állandósulnak.
12. Az egyensúly beállta után elvégezzük a belépő égési levegő és a kilépő füstgáz hőmérsékletének jellemző összetevőinek ( $O_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ) mérését a TESTO 330 típusú füstgáz elemzővel.
13. A mérés befejezése után a fűtési rendszert visszahűtjük, a kazánt kikapcsoljuk, zárjuk a víz és gázvezeték csatlakozásokat.
14. A mérések során a víz és füstgáz hőmérséklet valamint a füstgáz összetétel adatokat számítógépes adat-gyűjtő rendszerrel gyűjtjük, így lehetőség van az adatok mérés utáni ellenőrzésére.

**A tüzeléstechnikai mérés fontosabb fogalmainak meghatározásával és magyarázatával kapcsolatos kérdések:**

1. Melyek a gáztüzelés előnyei?
2. Melyek a földgáz fontosabb tüzeléstechnikai jellemzői?
3. Milyen jelentős határfok eltérést okozó tüzelési módokon üzemelhetnek a gáz-tüzelőberendezések?
4. Milyen tüzelőberendezést használunk, milyen kialakítású a füstgázvezetőrendszer?
5. Milyen összetevőkből áll a füstgáz?
6. Milyen elven működik a mérésnél alkalmazott füstgáz elemző berendezés?
7. A légfeleslegtelényező fogalma és meghatározásának módja?
8. Mi a közvetlen-határfok meghatározásának elve?
9. Az égéshő fogalma.
10. A fűtőérték fogalma.
11. Milyen tüzelési körülmények között keletkezik jelentős mennyiségű  $CO$  és korom?
12. Milyen tüzelési körülmények között keletkezik jelentős mennyiségű  $NO_x$ ?
13. Milyen összefüggés van a légfelesleg és a füstgázvesztés és a határfok között?



**A mérési jegyzőkönyvben beadandó:**

1. A mérés célja
2. A mérés menete
3. A mérésnél alkalmazott berendezés ábrája
4. A mérési adatok táblázata.
5. Számítások követhető leírása, az eredmények táblázatos összefoglalása.

Számítandók:  $L_0$ ,  $V_0^{sz}$ ,  $V_0^n$ ,  $n$ ,  $V^{sz}$ ,  $V^n$ ,  $\eta$ ,  $Q_f$

# MUNKANAPLÓ

Dátum:

Mérés helye: F-épület, II- lh. 2.emelet 5. laboratórium Mérést végezte:

## Fűtési kör mérése

Idő		Gázóra állás [m <sup>3</sup> ]	Gáznyomás [mbar]	Égési levegő hőmérséklete [°C]	Füstgáz hőmérséklete [°C]	Füstgáz összetétel			Vízóra állás [m <sup>3</sup> ]	Víz hőmérséklet	
						[óra]	[perc]	O <sub>2</sub> [%]		CO [ppm]	NO <sub>x</sub> [ppm]

Légnyomás [mbar]:	Gáz hőmérséklet [°C]:
Termikus hatásfok ( $\eta$ , %):	$n=\lambda$ :

## Használati melegvíz előállító rendszer mérése


Termikus hatásfok ( $\eta$ , %):	n= $\lambda$ :
----------------------------------	----------------