

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

Czikó Zsolt

XXII. Szigetelésdiagnosztikai konferencia

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Háttér és vonatkozó nemzetközi szabványok



- Mi a pontosság az online hibagáz analizálásban (DGA)?
  - Az online DGA eszközzel elemzett értékek és az olajmintában lévő oldott gázok értékei (laboratóriumi mérés) között megfigyelhető eltérés.
- Transzformátor szigetelőolajban hogyan történik az oldott gázok mérése?
  - A DGA technológia magában foglalja a gázok kivonását vagy eltávolítását a szigetelőolajból, majd befecskendezését a mérőberendezésbe.

**Olajban oldott gáz mérés teljes pontosság = gáz mérés pontossága + gázkivonás pontossága**

- Online DGA-ra nincs létező szabvány

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Háttér és vonatkozó nemzetközi szabványok



- Offline laboratóriumi vizsgálatokra fejlesztett analizátorokra vonatkozó nemzetközi szabványok:
  - IEC 60567:2011-10  
Olajjal töltött villamos készülékek – Gázok mintavételezése és szabad és oldott gázok analízise
  - ISO / IEC 17025: 2017  
Vizsgáló és kalibráló laboratóriumokra vonatkozó általános követelmények

**Pontosság: mintavétel + gázkivonás + gázmérés**

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Háttér és vonatkozó nemzetközi szabványok

IEC 60567 segédlete tartalmaz gázkivonási módszerekről összehasonlítást

A legfejlettebb gázkivonási módszereket hasonlítja össze átlagos bizonytalanság szempontjából.

Gázkivonási eljárás	Pontosság a névleges érték százalékában	
	Közepes koncentráció	Alacsony koncentráció
Toepler	13	35
Partial degassing	13	30
Stripping	18	23
Head space	18	37
Shake teszt	15	44

*Forrás: IEC 60567: 2011 – 6. táblázat*

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Háttér és vonatkozó nemzetközi szabványok



Maga gázkromatográfós mérés nagy pontosságú, akár 1 % alatti.

Olajban oldott gáz mérés teljes pontosságát leginkább a gázkinyerési rész és ennek eljárása határozza meg.

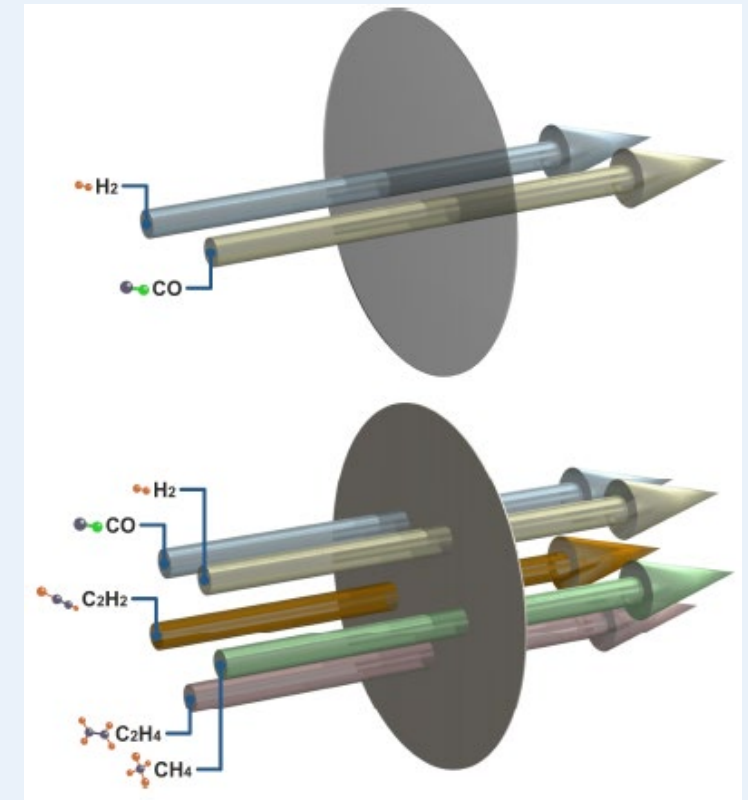
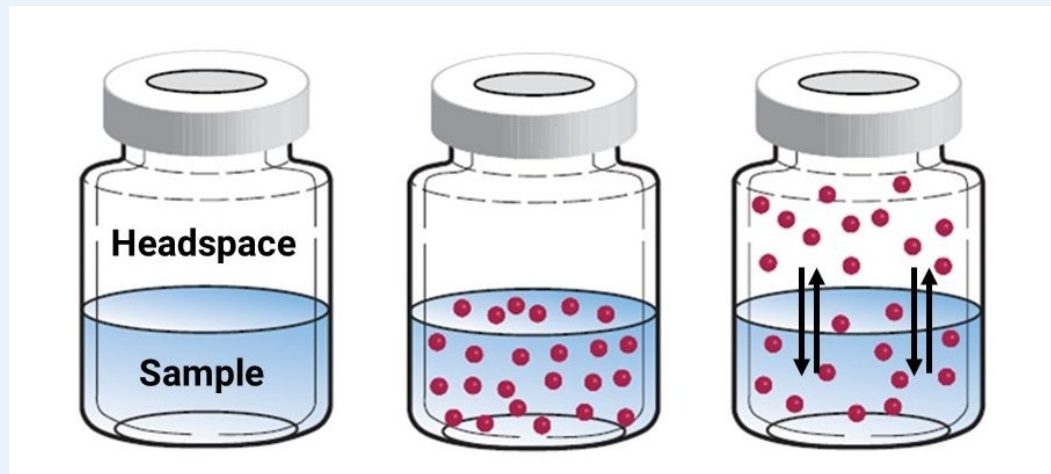
IEC / CIGRE laboratóriumok átlagos pontossága +/- 15% és +/- 30% közötti.

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Különböző gázkivonási eljárások pontossága

Online DGA esetében is az oldott gáz mérés teljes pontosságát leginkább a gázkinyerési rész és ennek eljárása határozza meg.

- A legtöbb online DGA készülék az alábbi gázkinyerési eljárást/technológiát használja fel:
  - Membrán technológia
  - Head space elv



# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Különböző gázkivonási eljárások - összehasonlítás

Technológia	Előnyei	Hátrányai
Membrán csővezeték, gáz diffúzió a csőbe	Nincs mozgó alkatrész	Meglévő transzformátorra nehéz kiépíteni Diffúziós felület limitált Új eljárás – nincs hosszú távú tapasztalat
Membrán lemez	Nincs mozgó alkatrész Egy csapos csatlakozás Nagyon jó a H <sub>2</sub> és CO trend analízishez	A felszerelési pontnak közel kell lennie a transzformátorhoz, hogy friss olajminta legyen biztosítva Limitált lehetőség a C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> gázok kinyerésére
Membrán csővezeték, gáz diffúzió a csövön kívülre	Mindig friss áramló olaj	Szivattyú szükséges az olaj cirkulációhoz Két csapos csatlakozás szükséges
Head space	Pontos és megismételhető gáz mért értékek C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> gázok kinyerhetők	Sok mechanikai alkatrész (szivattyú, szintmérők, átfolyás mérő, kompresszor, stb.)

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Különböző gázmérési eljárások - összehasonlítás

Technológia	Előnyei	Hátrányai
Üzemanyagcella	Különböző gázokra érzékeny, de mint kompozit érték	Mért gázok „fogyasztása” történik; Limitált élettartam; Kompozit értékek értékelése hibás riasztásokat eredményezhet H <sub>2</sub> és C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> gázokra kereszt érzékeny
Gáz kromatográf	Elfogadott analízis C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> gázokra	„Fogyasztás” (vivőgáz és hidrogén FID-hez) Rendszeres karbantartási igény (kalibráló gáz) Precíz minta előkészítés alapkövetelmény
Fotoakusztikus spektográf	C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> gázok analízise Nincs fogyasztás (vivő, kal. gáz)	Mozgó alkatrészek (szűrőkerék, vágókerék) Rázkódás és háttérzaj érzékeny
Infravörös spektrométer	C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> gázok analízise Nincs fogyasztás (vivő, kal. gáz) Nincs mozgó alkatrész Szennyeződéssel szemben kis érzékenység Egyszerű minta előkészítés	H <sub>2</sub> -t nem érzékel



# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Mit mond az adatlap?



Különböző gyártók különböző pontosságot tüntetnek fel:  
(forrás – adatlapokon megadott információk)

1, Példa: gázok: +/- 5 % vagy +/- a legalacsonyabb érzékelési határ (a nagyobb érték figyelembe veendő)

Adatlapon feltüntetett megjegyzés:

„A megadott gázpontosság az érzékelő kalibrálása során elérhető pontosság”

2, Példa: szén-monoxid: +/- 10 ppm vagy a kijelzett érték +/- 10 %-a

Adatlapon feltüntetett megjegyzés:

„Olajmintából vett gáz gázkromatográfval végzett méréssel történő összehasonlítással, figyelembe véve a laboratórium bizonytalanságot is.

A mérés jellemzőit az olaj tulajdonságai és az olajban oldott egyéb kémiai vegyületek is befolyásolhatják.”

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Mit mond az adatlap?

### Hydrocal 1005

- Gázkinyerési eljárás: headspace
- Gázmérési eljárás: infravörös spektrométer
- Pontosság:



Mért gáz	Mérési tartomány	Pontosság
Hydrogen H2	0 ... 2000 ppm	$\pm 15 \% \pm 25 \text{ ppm}$
Carbon Monoxide CO	0 ... 5000 ppm	$\pm 20 \% \pm 25 \text{ ppm}$
Acetylene C2H2	0 ... 2000 ppm	$\pm 20 \% \pm 5 \text{ ppm}$
Ethylene C2H4	0 ... 2000 ppm	$\pm 20 \% \pm 10 \text{ ppm}$

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Mit mond az adatlap?

### Hydrocal 1011 genX P

- Gázkinyerési eljárás: headspace
- Gázmérési eljárás: infravörös spektrométer
- Pontosság:



Mért gáz	Mérési tartomány	Gázkinyerés pontossága	Gáz mérés pontossága
Hydrogen H <sub>2</sub>	0 ... 10000 ppm	≤ ± 8 % ± 4 ppm	≤ ± 10 % ± 20 ppm
Carbon Monoxide CO	0 ... 10000 ppm	≤ ± 8 % ± 30 ppm	≤ ± 10 % ± 5 ppm
Carbon Dioxide CO <sub>2</sub>	0 ... 20000 ppm	≤ ± 8 % ± 30 ppm	≤ ± 10 % ± 5 ppm
Methane CH <sub>4</sub>	0 ... 10000 ppm	≤ ± 8 % ± 4 ppm	≤ ± 10 % ± 5 ppm
Acetylene C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0 ... 10000 ppm	≤ ± 8 % ± 4 ppm	≤ ± 10 % ± 5 ppm
Ethylene C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0 ... 10000 ppm	≤ ± 8 % ± 4 ppm	≤ ± 10 % ± 5 ppm
Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0 ... 10000 ppm	≤ ± 8 % ± 4 ppm	≤ ± 10 % ± 5 ppm
Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0 ... 5000 ppm	≤ ± 8 % ± 4 ppm	≤ ± 15 % ± 20 ppm
Oxygen O <sub>2</sub>	0 ... 50000 ppm	≤ ± 8 % ± 500 ppm	≤ ± 10 % ± 500 ppm
Nitrogen N <sub>2</sub>	0 ... 150000 ppm	≤ ± 8 % ± 1500 ppm	≤ ± 10 % ± 1500 ppm

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Összehasonlítás akkreditált laboratóriumi méréssel



Hydrocal gyártó akkreditált olajlaboratórium – ISO 17025

- Berendezések
  - Gázkromatográf
  - Kalibráló rendszer
- Akkreditáció hatálya
  - Laboratóriumi folyamatok
    - Mintakezelés, gázkinyerés, analizálás
  - Online DGA analizátor teszt/kalibráció folyamata
    - Teszt rendszer, olajminta előállítás, teszt/kalibráció folyamat

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

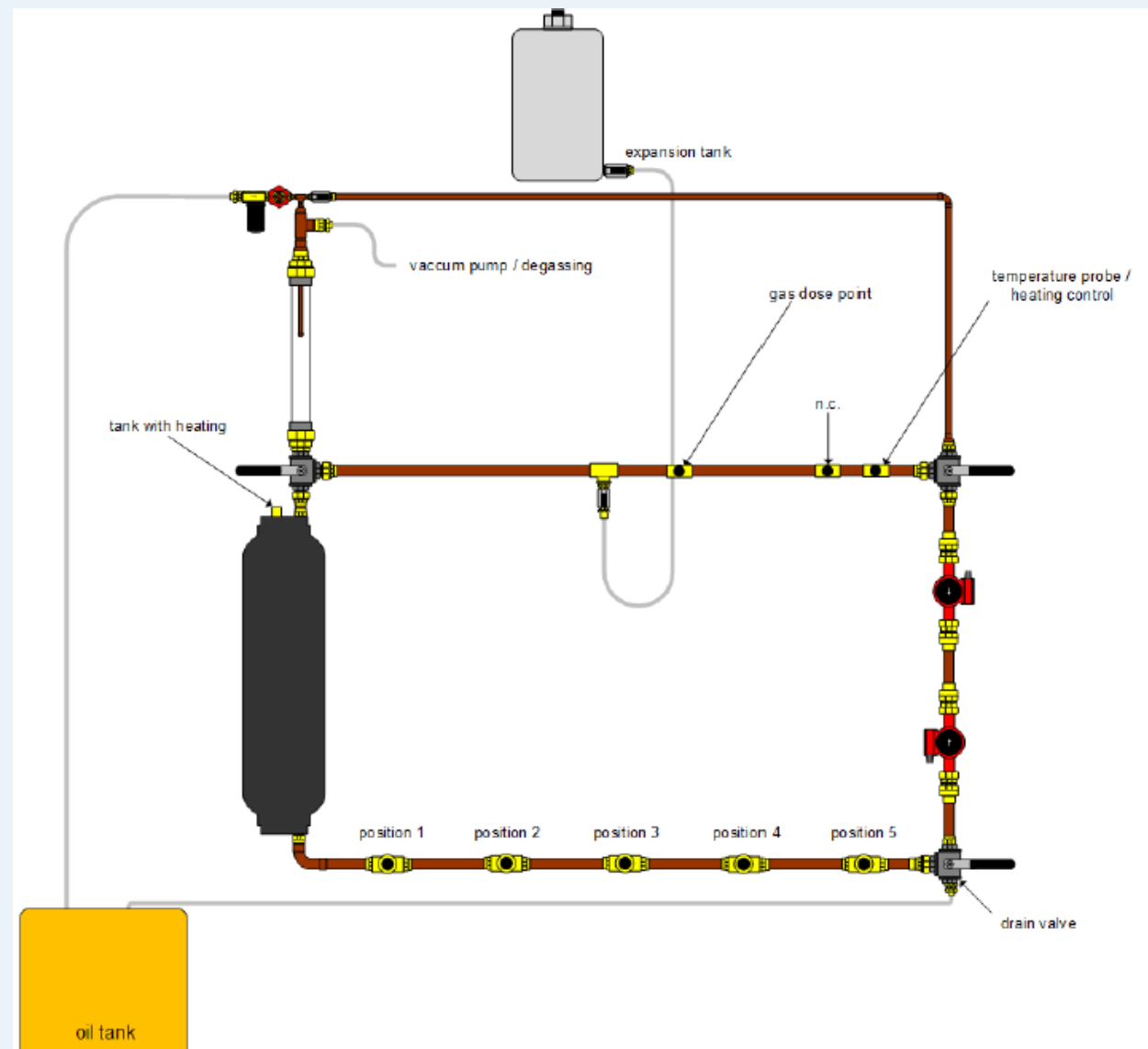
## Teszt rendszer

Teszt rendszer standard kalibráció elvégzéséhez

- Fűthető olajtartály
- Adagoló / mintavételi csatlakozó
- Keringtető szivattyú
- Vákuum gáztalanító
- Tágulási tartály
- Készülék felszerelési csapok

### 3 féle kalibrációs olaj előállítás

	1	2	3
■ Hydrogen H <sub>2</sub>	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
■ Oxygen O <sub>2</sub>	15000 ppm	15000 ppm	15000 ppm
■ Carbonmonoxid CO	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
■ Carbondioxid CO <sub>2</sub>	30 ppm	100 ppm	1000 ppm
■ Methane CH <sub>4</sub>	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
■ Ethine, Acetylene C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
■ Ethene, Ethylene C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
■ Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	10 ppm	100 ppm	1000 ppm



# Pontosság az online hibagáz analízisban

## Gyártói készülék kalibráció jegyzőkönyv

### H2

Dosage	HydrCal 1005	GC	Fehler
H2[ppm]	H2[ppm]	H2[ppm]	F[%]
100	81	81	0,00%
2000	1508	1503	0,33%

upper  
limit  
118,15  
1753,45

lower  
limit  
43,85  
1252,55

upper  
limit[%]  
45,9%  
16,7%

lower  
limit[%]  
-45,9%  
-16,7%

### C2H2[ppm]

Dosage	HydrCal 1005	GC	Fehler
C2H2[ppm]	C2H2[ppm]	C2H2[ppm]	F[%]
100	85	85	0,00%
500	427	422	1,18%

upper  
limit  
107  
511,4

lower  
limit  
63  
332,6

upper  
limit[%]  
25,9%  
21,2%

lower  
limit[%]  
-25,9%  
-21,2%

### C2H4[ppm]

Dosage	HydrCal 1005	GC	Fehler
C2H4[ppm]	C2H4[ppm]	C2H4[ppm]	F[%]
100	91	91	0,00%
2000	1489	1487	0,13%

upper  
limit  
119,2  
1794,4

lower  
limit  
62,8  
1179,6

upper  
limit[%]  
31,0%  
20,7%

lower  
limit[%]  
-31,0%  
-20,7%

### CO[ppm]

Dosage	HydrCal 1005	GC	Fehler
CO[ppm]	CO[ppm]	CO[ppm]	F[%]
100	92	92	0,00%
4000	2975	2969	0,20%

upper  
limit  
135,4  
3587,8

lower  
limit  
48,6  
2350,2

upper  
limit[%]  
47,2%  
20,8%

lower  
limit[%]  
-47,2%  
-20,8%

### H2O

Dosage	HydrCal 1005	MMT338	Fehler
H2O[ppm]	H2O[ppm]	H2O[ppm]	F[%]
10	19,1	19	0,53%
50	50,2	50	0,40%

upper  
limit  
22,57  
54,5

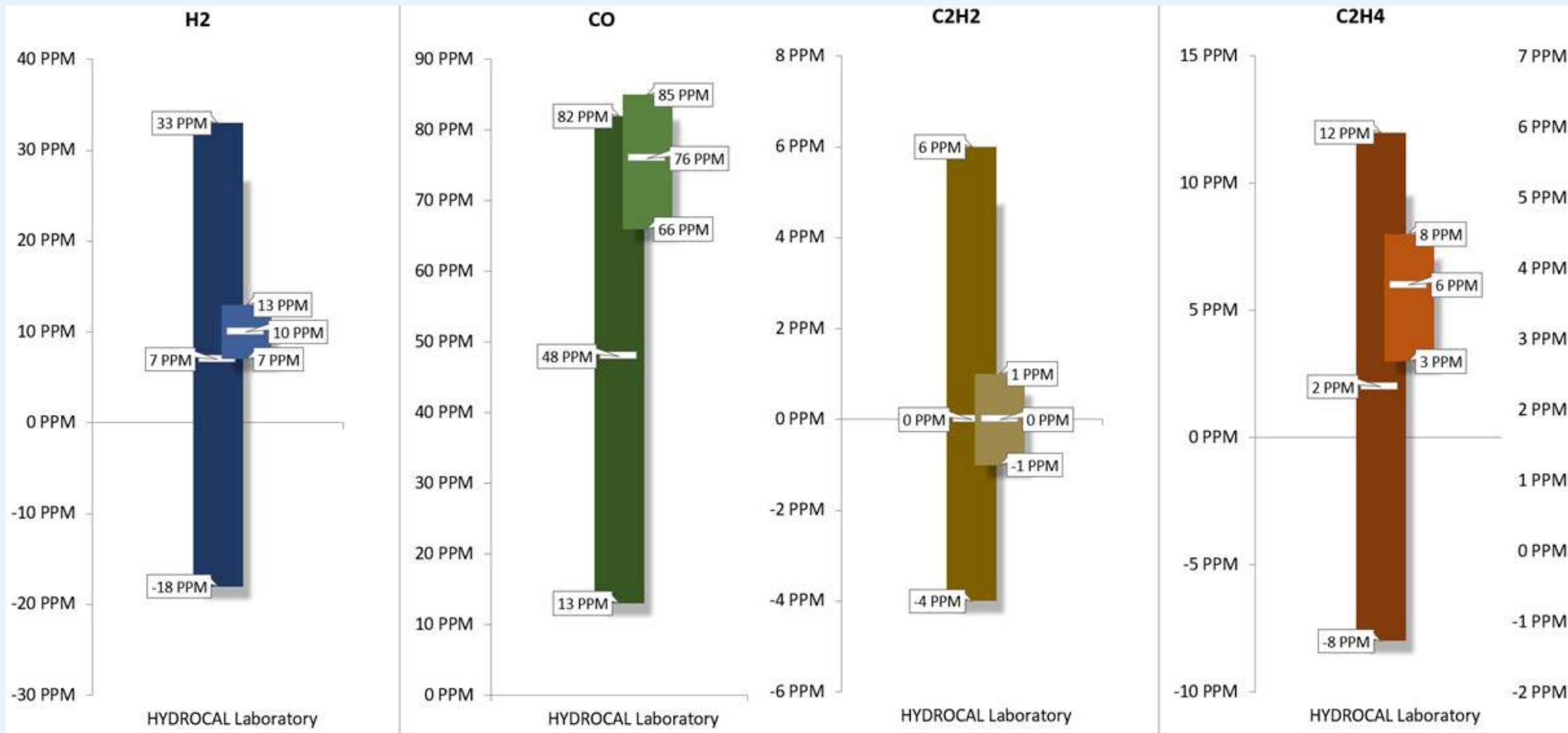
lower  
limit  
15,43  
45,5

upper  
limit[%]  
18,8%  
9,0%

lower  
limit[%]  
-18,8%  
-9,0%

# Pontosság az online hibagáz analizálásban

## Mért értékek összehasonlítása



### Hydrocal termékek a gyakorlatban

- A készülékek specifikációjában feltüntetett pontossági adatok „tartalmazzák” a keresztérzékenységet és az olajban oldott gázok mérésének teljességére vonatkoznak:

#### **gáz mérés pontossága + gázkivonás pontossága**

- Valós, az aktuális technológiáknak és eljárásoknak megfelelő pontossági adatok, nem illúzió.
- Online DGA készülékek trend információt szolgáltató készülékek – értékek változási iránya és meredeksége meghatározó, megismételhetőség szintén fontos tényező.



# Pontosság az online hibagáz analízisban

## Termékkínálat

	HYDROCAL 1001+	HYDROCAL 1003	HYDROCAL 1004 genX	HYDROCAL 1005	HYDROCAL 1006 genX	HYDROCAL 1008	HYDROCAL 1009	HYDROCAL 1011 genX P
Gas-in-oil analysis	H <sub>2</sub> CO CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (composite)	H <sub>2</sub> CO (individual)	H <sub>2</sub> CO C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (individual)	H <sub>2</sub> CO C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (individual)	H <sub>2</sub> CO CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (individual)	H <sub>2</sub> CO CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (individual)	H <sub>2</sub> CO CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (individual)	H <sub>2</sub> CO CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub> (individual)
Moisture in oil analysis (H <sub>2</sub> O)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inputs / outputs	✗	✓	✗	✓ (Option)	✗	✓ (Option)	✓ (Option)	N/A
HYDROCAL MS-  Transformer monitoring extension package	✗	✓	✗	✓ (Option)	✗	✓ (Option)	✓ (Option)	N/A
Offshore suitable <sup>1)</sup>	✗	✓	✗	✓	✗	<b>End of Sale</b>	✓	N/A
Communication	TCP/IP, RS 485, MODBUS	RS 232, RS 485, MODBUS	TCP/IP, RS 485, MODBUS	TCP/IP, RS 485, MODBUS	TCP/IP, RS 485, MODBUS	TCP/IP, RS 485, MODBUS	TCP/IP, RS 485, MODBUS	ETHERNET, WLAN / WiFi, USB Type B
(Options)		TCP/IP, IEC 61850 DNP 3.0, 3G Modem	IEC 61850 DNP 3.0, 3G Modem	IEC 61850 DNP 3.0, 3G Modem	IEC 61850 DNP 3.0, 3G Modem	IEC 61850 DNP 3.0, 3G Modem	IEC 61850 DNP 3.0, 3G Modem	

Köszönöm a figyelmet!