

Technopomiar

Everything You need to measure



LD22-02 MONITORING ZANIECZYSZCZEŃ WODORU KLASY UHP

SYSTEM HyDetek



Pomiar z użyciem systemu HyDetek



MultiDetek2 Ex



HyDetek system

W kierunku zerowej emisji

Wodorowe ogniwa paliwowe oferują niezawodność i mniejszy ślad węglowy w porównaniu do oleju napędowego i baterii elektrycznych.

Praca wodorowego ogniwa paliwowego polega na elektrochemicznej konwersji energii chemicznej paliwa (wodoru) w elektryczną poprzez reakcję redoks z utleniaczem (często tlenem).

Ogniwa paliwowe występują w wielu odmianach, jednak wszystkie działają w podobny sposób. Składają się z trzech sąsiadujących ze sobą elementów: anody, elektrolitu i katody. Na ich styku zachodzą dwie reakcje elektrochemiczne. Końcowym wynikiem jest zużycie paliwa i wytworzenie prądu elektrycznego oraz wody jako produktu ubocznego.

Kontrola limitu zanieczyszczeń wodoru

Aby zachować trwałość i wydajność ogniw paliwowych, jakość używanego wodoru musi być zgodna z normą ISO 14687 Część II. Norma ta określa wymagania dotyczące jakości wodoru dla wszystkich komercyjnych stacji paliw zaopatrujących pojazdy z ogniwami paliwowymi (FCEV) typu PEM.

Aby zachować zgodność z normą należy kontrolować i mierzyć dopuszczalne limity zanieczyszczeń wodoru, które podano w tabeli na stronie obok.

SKŁADNIK	WZÓR CHEMICZNY	GRANICE	TESTOWE METODY LABORATORYJNE DO ROZWAŻENIA I W TRAKCIE OPRACOWANIA	MINIM. ANALIT. PRÓG DETEKCJI
Wodór	H ₂	>99,97%		
Całkowite dopuszczalne składniki poza H ₂ i cząstk. wskaz. poniżej		300 μmol/mol		
DOZWOLONE LIMITY DLA POJEDYNCZYCH SKŁADNIKÓW [μmol/mol]				
woda	H ₂ O	5	ASTM D7653-10, ASTM D7649-10	0,12
suma węglowodorów (baza C1)		2	ASTM D7675-11	0,1
tlen	O ₂	5	ASTM D7649-10	1
hel	He	300	ASTM D1945-03	100
azot, argon	N ₂ , Ar	100	ASTM D7649-10	5
dwutlenek węgla	CO ₂	2	ASTM D7649-10, ASTM D7653-10	0,1
tlenek węgla	CO	0,2	ASTM D7653-10	0,01
całkowita siarka		0,004	ASTM D7652-11	0,00002
formaldehid	HCHO	0,1	ASTM D7653-10	0,01
kwas mrówkowy	HCOOH	0,2	ASTM D7550-09, ASTM D7653-10	0,02
amoniak	NH ₂	0,1	ASTM D7653-10	0,02
suma związków halogenowych		0,05	Przedmiot pracy 23815	0,01
cząstki stałe		1 mg/kg		0,005 mg/kg

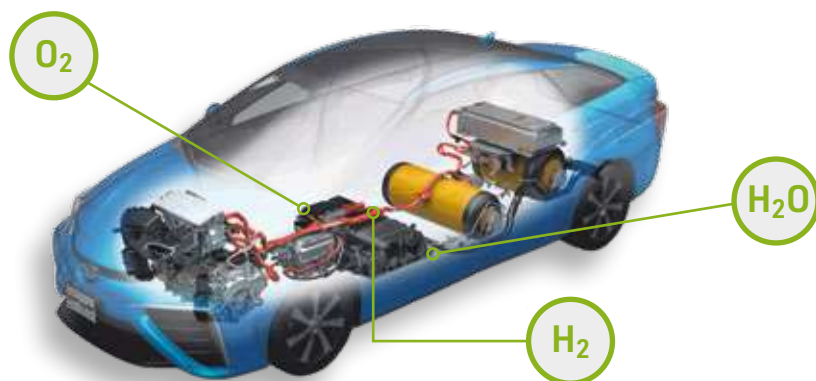
Aplikacje

Energetyka

Stacjonarne ogniwa paliwowe są używane do komercyjnego, przemysłowego i komunalnego wytwarzania energii podstawowej i rezerwowej. Ogniwa paliwowe są bardzo przydatne jako źródła energii tam, gdzie występują trudności w dostępie do podstawowej sieci elektrycznej, np. w pojazdach kosmicznych, stacjach badawczych, stacjach meteorologicznych, na obszarach wiejskich, czy też w aplikacjach militarnych. Zaletami systemu ogniwa paliwowych zasilanych wodorem są kompaktowy rozmiar, niska waga oraz brak większych części ruchomych.

Transport

Paliwo wodorowe może być wykorzystywane do napędzania pojazdów takich jak samochody, autobusy, wózki widłowe, pociągi, łodzie, samoloty, okręty podwodne, rakiety i inne. Napędy takich pojazdów przekształcają energię chemiczną w energię mechaniczną poprzez spalanie wodoru w silniku spalinowym, albo, częściej, poprzez reakcję wodoru z tlenem w ogniwie paliwowym. Jedynym produktem ubocznym tej reakcji jest woda, traktowana jako zanieczyszczenie zielone.



Produkcja wodoru

Choć wodór występuje powszechnie na Ziemi, jest on jednak dostępny prawie zawsze jako część innego związku chemicznego, takiego jak woda (H_2O) lub metan (CH_4). Należy go wydzielić do postaci czystej (H_2), aby można go było wykorzystać w pojazdach elektrycznych z ogniwami paliwowymi. Wodór można pozyskać z różnorodnych źródeł, w tym z paliw kopalnych, biomasy i dzięki elektrolizie wody za pomocą energii elektrycznej. Wpływ wodoru na środowisko i jego efektywność energetyczna zależą od metody produkcji. Chociaż obecnie większość wodoru jest produkowana z gazu ziemnego, instytucje badawczo-rozwojowe badają różne sposoby jego produkcji ze źródeł odnawialnych. W niniejszej broszurze przedstawimy najpopularniejsze technologie wykorzystywane do produkcji wodoru do ogniw paliwowych: reforming gazu ziemnego i elektroliza wody.

Produkcja przez reforming gazu ziemnego

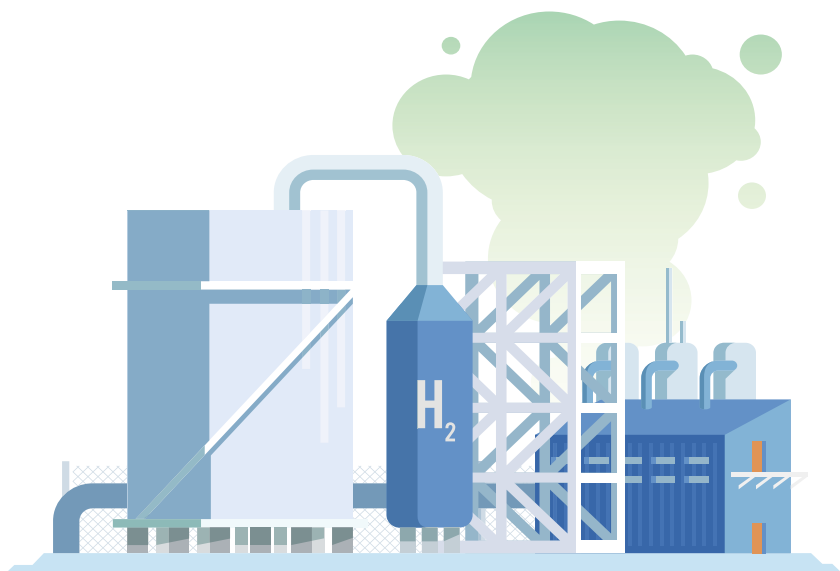
Reforming gazu ziemnego to zaawansowany i dobrze poznany proces produkcyjny, który opiera się na istniejącej infrastrukturze dostaw tego surowca. Obecnie większość wodoru produkowanego na świecie pochodzi z reformingu gazu ziemnego. Jest to ważna ścieżka technologiczna umożliwiająca podjęcie produkcji wodoru w krótkoterminowej perspektywie.

Jak to działa?

Gaz ziemny zawiera metan (CH_4), który można wykorzystać do produkcji wodoru w procesach termicznych, takich jak reforming metanu parą wodną lub częściowe utlenianie.

Dlaczego rozważyć tę ścieżkę?

Reforming taniego gazu ziemnego może dziś dostarczyć wodór do pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi (FCEV), a także do innych zastosowań. W perspektywie długoterminowej oczekuje się, że produkcja wodoru z gazu ziemnego zostanie rozszerzona o uzyskiwanie tego paliwa ze źródeł odnawialnych, jądrowych, kopalnych (z wychwytywaniem i składowaniem dwutlenku węgla) oraz innych źródeł z niskim śladem węglowym. Zużycie ropy naftowej i powstające emisje są niższe niż w przypadku pojazdów z silnikami spalinowymi napędzanymi benzyną. Jedynym produktem z rury wydechowej samochodu FCEV jest para wodna, ale nawet przy całościowym rozważaniu procesu produkcji wodoru z gazu ziemnego, wraz z jego transportem i magazynowaniem do wykorzystania w FCEV, całkowita emisja gazów cieplarnianych zostaje zmniejszona o połowę, a zużycie ropy naftowej o ponad 90% w porównaniu z dzisiejszymi pojazdami benzynowymi.



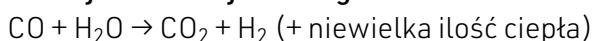
Reforming parowo-metanowy

Większość produkowanego obecnie wodoru powstaje w wyniku reformingu parowo-metanowego, dobrze poznanego procesu, w którym para wodna o wysokiej temperaturze (700°C – 1000°C) służy do produkcji wodoru z metanu pochodzącego z gazu ziemnego. W reformingu metan reaguje z parą pod ciśnieniem 3÷25 barów w obecności katalizatora, wytwarzając wodór, tlenek węgla i niewielką ilość dwutlenku węgla. Reakcja jest endotermiczna - to znaczy, że do procesu musi być doprowadzone ciepło. Następnie, w reakcji konwersji wodno-gazowej, tlenek węgla i para wodna poddawane są reakcji z użyciem katalizatora w celu wytworzenia dwutlenku węgla i większej ilości wodoru. Na ostatnim etapie, w procesie zwanym adsorpcją zmiennociśnieniową (pressure swing adsorption), dwutlenek węgla i inne zanieczyszczenia są usuwane ze strumienia gazu, pozostawiając zasadniczo czysty wodór. Reforming parowy można również zastosować do produkcji wodoru z innych paliw, takich jak etanol, propan, a nawet benzyna.

Reakcja reformingu parowo-metanowego:



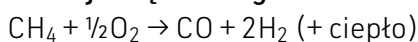
Reakcja konwersji woda-gaz:



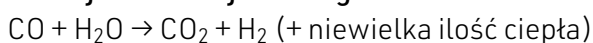
Częściowe utlenianie

Podczas częściowego utleniania, metan i inne węglowodory zawarte w gazie ziemnym, reagują z ograniczoną ilością tlenu (zwykle z powietrza), która nie wystarcza do całkowitego utlenienia do dwutlenku węgla i pary wodnej. Mając mniej niż stechiometryczną ilość dostępnego tlenu, produkty reakcji zawierają głównie wodór i tlenek węgla (również azot, jeśli reakcja jest prowadzona z powietrzem, a nie w czystym tlenie) oraz stosunkowo niewielką ilość dwutlenku węgla i innych związków. Następnie, w reakcji konwersji woda-gaz, tlenek węgla reaguje z parą wodną, tworząc dwutlenek węgla i więcej wodoru. Częściowe utlenianie jest procesem egzotermicznym – powoduje wydzielanie ciepła. Ten proces zwykle jest znacznie szybszy niż reforming parowy i wymaga mniejszego reaktora.

Reakcja częściowego utleniania metanu



Reakcja konwersji woda-gaz



Na podstawie przedstawionych powyżej reakcji chemicznych można wywnioskować, że proces utleniania wytwarza mniej wodoru na jednostkę wsadu paliwa, niż jest to uzyskiwane przez reforming parowy.



Produkcja z elektrolizy wody

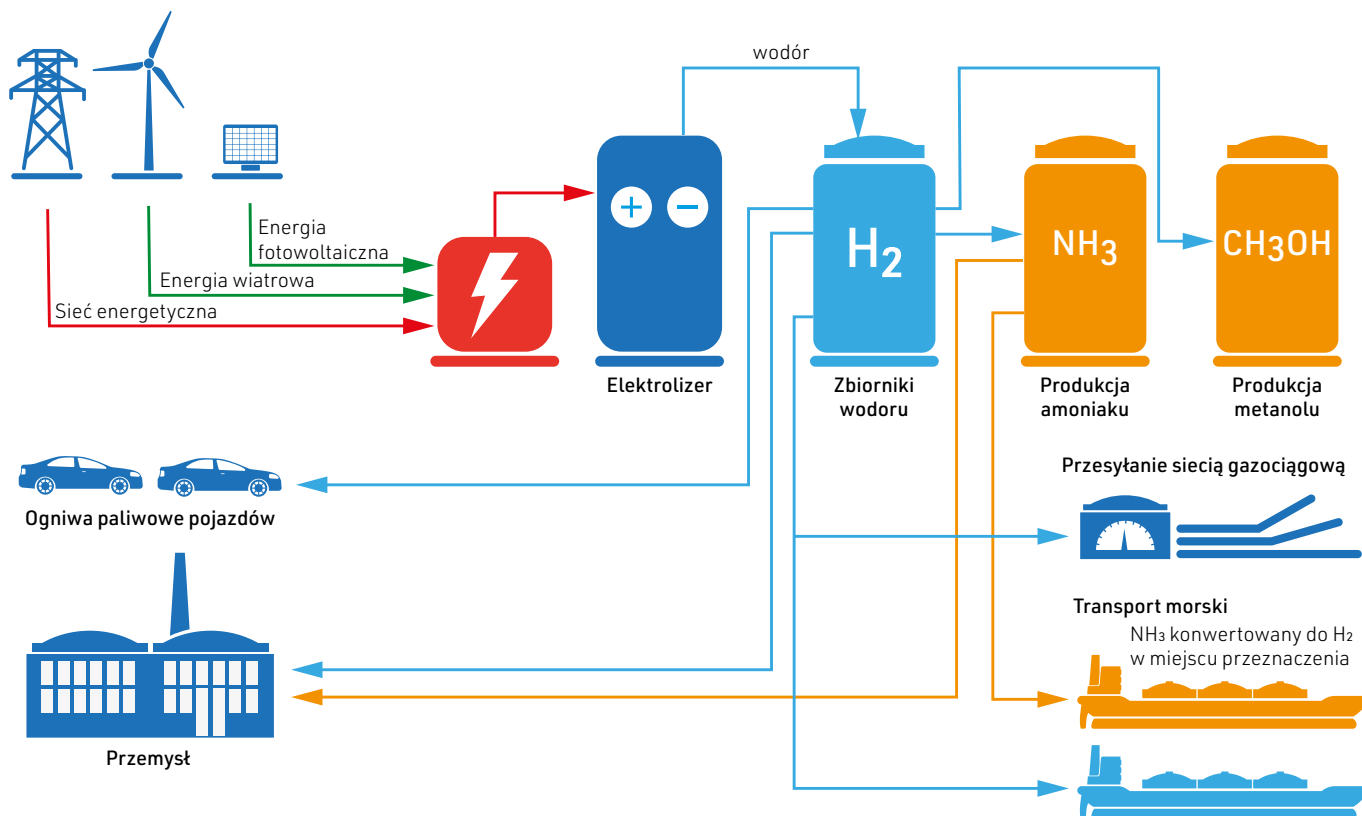
Elektroliza jest obiecującą metodą produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych. To proces wykorzystania energii elektrycznej do rozszczepienia wody na wodór i tlen. Reakcja zachodzi w jednostce zwanej elektrolizerem. Elektrolizery mogą mieć różne rozmiary, od małych urządzeń, które są dobrze przystosowane do rozproszonej produkcji wodoru na skalę lokalną, po duże zakłady produkcyjne, które mogą być bezpośrednio powiązane z odnawialnymi lub innymi, nieemitującymi gazów cieplarnianych, formami źródeł energii elektrycznej. Wytworzony wodór wykorzystywany jest w przemyśle, transporcie oraz do produkcji amoniaku i metanolu.

Jak to działa?

Podobnie jak ogniwa paliwowe, elektrolizery składają się oddzielonej elektrolitem anody i katody. Elektrolizery różnią się w nieznacznym stopniu, głównie ze względu na rodzaj zastosowanego elektrolitu.

Dlaczego rozważa się tę ścieżkę?

Wykorzystanie wodoru wytwarzanego w procesie elektrolizy prowadzi do zerowej emisji gazów cieplarnianych, w zależności od źródła wykorzystywanej energii elektrycznej. Źródło potrzebnej energii elektrycznej – w tym jej koszt i wydajność, a także emisje – muszą być brane pod uwagę przy ocenie korzyści i opłacalności ekonomicznej produkcji wodoru w drodze elektrolizy. W wielu regionach dzisiejsza sieć energetyczna nie jest idealna do dostarczania energii elektrycznej potrzebnej do tego procesu ze względu na uwalniane gazy cieplarniane i ilości wymaganego paliwa przy niskiej sprawności procesu wytwarzania energii elektrycznej. Prowadzone są działania rozwojowe produkcji wodoru poprzez elektrolizę z wykorzystaniem energii odnawialnej (solarnej, wiatrowej) i jądrowej. Te ścieżki prowadzą do praktycznie zerowego wydzielania gazów cieplarnianych i powstawania zanieczyszczeń spełniających dzisiejsze kryteria dotyczące emisji.



Elektrolizery z membraną polimerową

W elektrolizerze z polimerową membraną elektrolityczną (PEM) elektrolit jest specjalnym stałym tworzywem sztucznym.

- W elektrolizerze z polimerową membraną (PEM) elektrolitem jest specjalne stałe tworzywo sztuczne.
- Elektrony przepływają przez obwód zewnętrzny, a jony wodoru przemieszczają się selektywnie przez PEM do katody.
- Na katodzie jony wodoru łączą się z elektronami z obwodu zewnętrznego, tworząc gazowy wodór.
- Reakcja anodowa: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$; Reakcja katodowa: $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$

Elektrolizery alkaliczne

Elektrolizery alkaliczne działają na zasadzie transportu jonów wodorotlenkowych (OH^-) przez elektrolit z katody do anody, przy czym wodór jest wytwarzany po stronie katody. Od wielu lat dostępne są elektrolizery wykorzystujące jako elektrolit ciekły alkaliczny roztwór wodorotlenku sodu lub potasu są dostępne od wielu lat. Nowsze podejście wykorzystujące jako elektrolit stałe membrany do wymiany alkalicznej daje obiecujące rezultaty w skali laboratoryjnej.

Elektrolizery stało-tlenkowe

Elektrolizery stało-tlenkowe, które wykorzystują stały materiał ceramiczny jako elektrolit do selektywnego przewodzenia ujemnie naładowanych jonów tlenkowych (O_2^-) w podwyższonej temperaturze, generują wodór w nieco inny sposób.

- Woda na katodzie łączy się z elektronami z obwodu zewnętrznego, tworząc gazowy wodór i ujemnie naładowane jony tlenu.
- Jony tlenu przechodzą przez stałą membranę ceramiczną i reagują na anodzie, tworząc gazowy tlen i generując elektrony dla obwodu zewnętrznego.

Elektrolizery stało-tlenkowe muszą pracować w temperaturach dostatecznie wysokich, aby membrany z tlenków stałych działały prawidłowo (około $700\div 800^\circ\text{C}$, w porównaniu z elektrolizerami PEM, które działają w temperaturze $70\div 90^\circ\text{C}$, oraz komercyjnymi elektrolizerami alkalicznymi, które działają w temperaturze $100\div 150^\circ\text{C}$). Elektrolizery stało-tlenkowe mogą efektywnie wykorzystywać ciepło dostępne w tych podwyższonych temperaturach (z różnych źródeł, w tym energii jądrowej) w celu zmniejszenia ilości energii elektrycznej potrzebnej do produkcji wodoru z wody.

Potencjał synergii z wytwarzaniem energii odnawialnej

Produkcja wodoru poprzez elektrolizę może stwarzać możliwości synergii z wytwarzaniem energii ze źródeł zmiennych, co jest charakterystyczne dla niektórych technologii energii odnawialnej. Na przykład, chociaż koszt energii wiatrowej nadal spada, nieodłączna zmienność wiatru jest przeszkodą w jej efektywnym wykorzystaniu.

Wytwarzanie paliwa wodorowego i energii elektrycznej można zintegrować z farmą wiatrową lub panelami fotowoltaicznymi, umożliwiając elastyczność w zakresie jak najlepszego dopasowania dostępności zasobów do potrzeb operacyjnych systemu i czynników rynkowych. W czasie nadmiernej produkcji energii elektrycznej z farm wiatrowych, zamiast ograniczać wytwarzanie, jak to się zwykle robi, można wykorzystać tę nadwyżkę energii do produkcji wodoru w drodze elektrolizy.



Rozwiązania analityczne dla reformingu gazu ziemnego

Aby zapewnić energię niezbędną do reakcji, około jednej czwartej zużywanego gazu ziemnego ulega spalaniu. Pozostała część jest pozbawiana zawartości siarki po dodaniu pary wysokociśnieniowej następuje reakcja z metanem na katalizatorze niklowo-glinowym. Gaz syntezowy zawiera mieszaninę H_2 , CO_2 , CO oraz nieprzereagowane CH_4 i H_2O . Gaz ten jest kierowany do chłodniejszego reaktora konwersji. Wydajność reaktora konwersji wynosi około trzech czwartych wodoru. W jednostce adsorpcji zmiennociśnieniowej zanieczyszczenia są usuwane i zwracane z powrotem do reformera, a uzyskany produkt końcowy zawiera wodór o czystości ponad 99,9%.



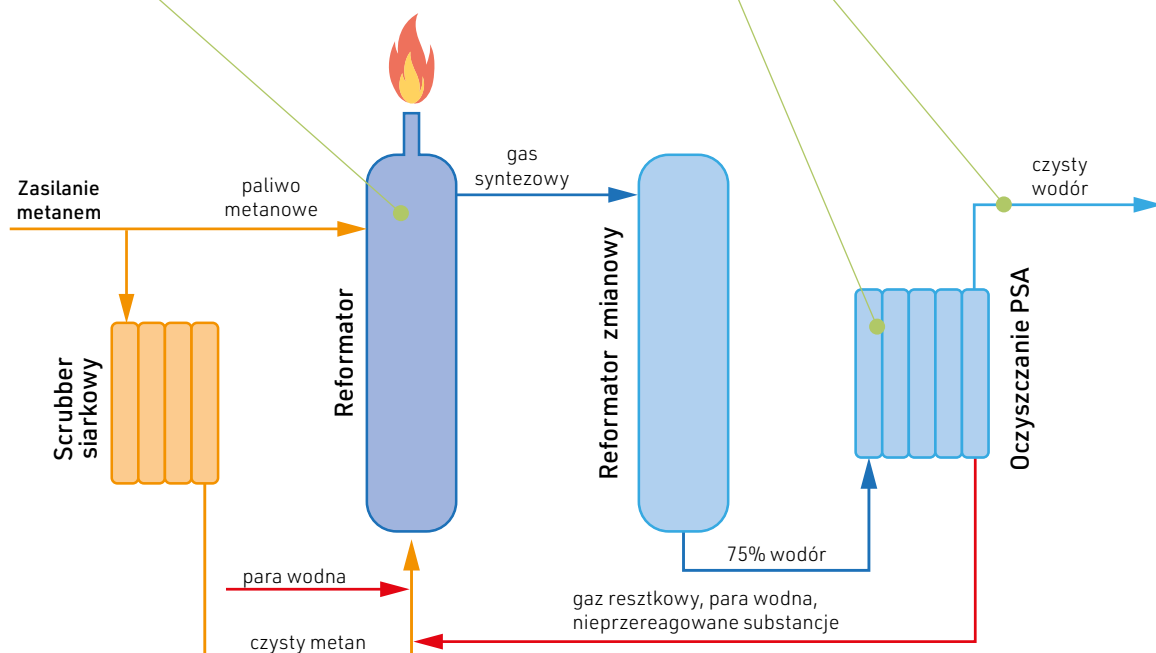
MultiDetek2 Ex
Pomiar śladów H_2S , CO_S w Syngas z użyciem MultiDetek2 z detektorem PlasmaDetek2 w obudowie EX.



MultiDetek2
Analiza czystości H_2 : 99%-100% z wykorzystaniem MultiDetek2 z TCD



HyDetek system
Jeden system do pomiaru śladowych zanieczyszczeń (ppb/ppm): N_2 , Ar, He, O_2 , CH_4 , CO , CO_2 , NMHC, związki siarki, formaldehyd, amoniak, halogenopochodne, kwas mrówkowy i woda - zgodnie z wymogami norm dla wodoru do ogniw paliwowych. Z użyciem detektorów PED-TCD (He) i mikrowagi kwarcowej (H_2O).



Punkt pomiarowy gazu syntezowego (Syngas)

Analizator procesowy LDetek (GC) służy do pomiaru śladowych ilości H₂S-COS. Stosuje się go do monitorowania jakości gazu syntezowego używanego do produkcji paliw neutralnych, pod względem emisji dwutlenku węgla. Gaz syntezowy wykorzystywany jest również do produkcji amoniaku i metanolu. Zastosowanym urządzeniem jest procesowy chromatograf gazowy (GC) MultiDetek2 z detektorem PlasmaDetek2 w konfiguracji optycznej do selektywnego pomiaru niskich ppm / ppb H₂S i COS w mieszaninie gazów H₂, CO₂ i CO. GC jest skonfigurowany z kolumną kapilarną MXT pokrytą warstwą sulfinert, aby uniknąć powierzchniowej absorpcji lepkich zanieczyszczeń, takich jak siarka. Cała droga gazowa analizatora jest pokryta warstwą sulfinert, aby zapewnić dokładny pomiar siarki o niskiej zawartości (ppb). Urządzenie oferowane jest w wykonaniu do strefy bezpiecznej w standardowej kompaktowej obudowie do montażu w racku lub w wersji do strefy zagrożonej wybuchem Ex w obudowie przedmuchiwanej/ciśnieniowej.

Punkt pomiarowy adsorpcji zmiennociśnieniowej (PSA) wodoru

Analizator MultiDetek2 jest również używany do pomiaru czystości H₂ w zakresie procentowym po instalacji PSA. Chromatograf skonfigurowano do pomiaru w zakresie 99%-100% wodoru z użyciem detektora TCD. Urządzenie jest dostępne w wykonaniu do strefy bezpiecznej w standardowej kompaktowej obudowie do montażu w racku lub w wersji do strefy zagrożonej wybuchem Ex w obudowie przedmuchiwanej/ciśnieniowej.

Punkt pomiarowy czystego wodoru

Chromatograf procesowy MultiDetek2 służy do pomiaru produktu końcowego – wodoru o wysokiej czystości. Analizator jest skonfigurowany z kombinacją detektorów, takich jak PED do pomiaru zanieczyszczeń poniżej ppb oraz TCD do analizy ppm He oraz modułu mikrowagi kwarcowej do monitorowania śladów wilgoci. Dzięki zamontowaniu wszystkich modułów w tym samym rozwiązaniu analitycznym, LDetek może zapewnić pełne spektrum analiz wymaganych dla wodoru przeznaczonego do ogniw paliwowych zgodnie ze standardami SAE. Urządzenie może być dostarczone w wykonaniu do strefy bezpiecznej w standardowej kompaktowej obudowie do montażu w stojaku lub w wersji do strefy zagrożonej wybuchem Ex w obudowie przedmuchiwanej/ ciśnieniowej. Jak opisano w części poświęconej wynikom, do pełnego zastosowania wymagane są dwa analizatory modelu MultiDetek2. Jeden GC służy do analizy na poziomie ppb związków siarki, kwasu mrówkowego, formaldehydu, amoniaku i halogenopochodnych. Kolejny GC wykorzystywany jest do pomiaru śladów:

O₂-Ar-N₂-CH₄-CO-CO₂-NMHC-He-H₂O.



Rozwiązania analityczne dla elektrolizy wody



lub



lub



HyDetek system

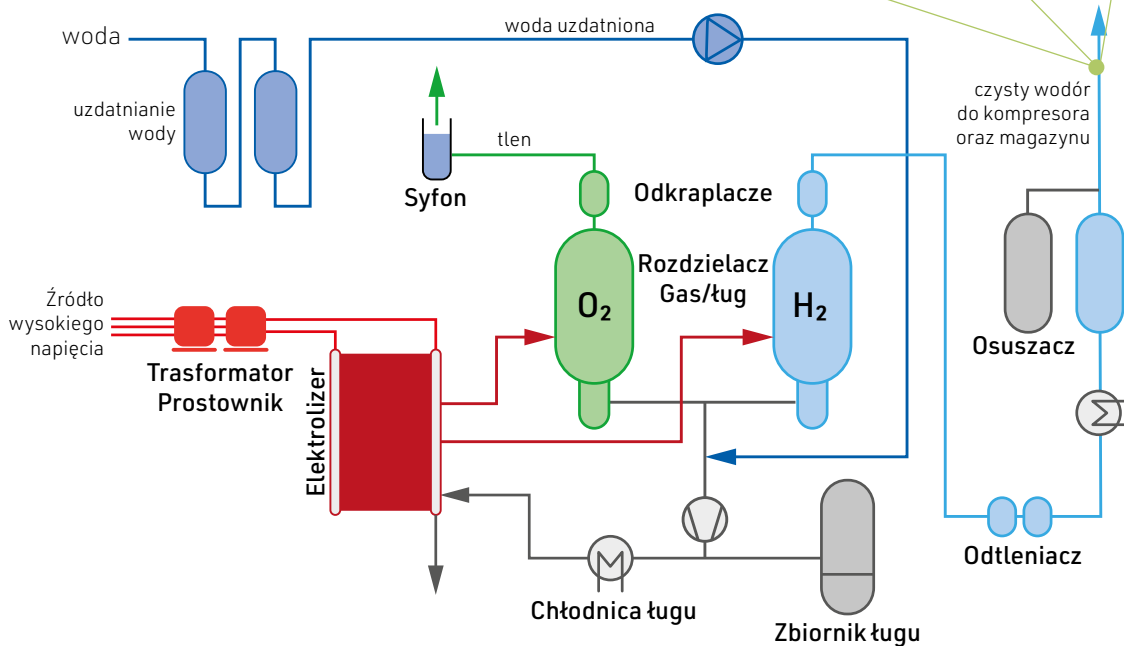
Jeden system do pomiaru śladowych zanieczyszczeń (ppb/ppm):
 N_2 , Ar, He, O_2 , CH_4 , CO, CO_2 , NMHC, związki siarki, formaldehyd, amoniak, halogenopochodne, kwas mrówkowy i woda - zgodnie z wymogami norm dla wodoru do ogniw paliwowych.
 Z użyciem detektorów PED-TCD(He) i mikrowagi kwarcowej(H_2O).

MultiDetek2 Ex

Jeden system do pomiarów śladowych zanieczyszczeń N_2 -Ar- O_2 -CO- CO_2 oraz wody zgodnie z wymogami norm dla wodoru.
 Z użyciem detektora PED i mikrowagi kwarcowej (H_2O)

MultiDetek2

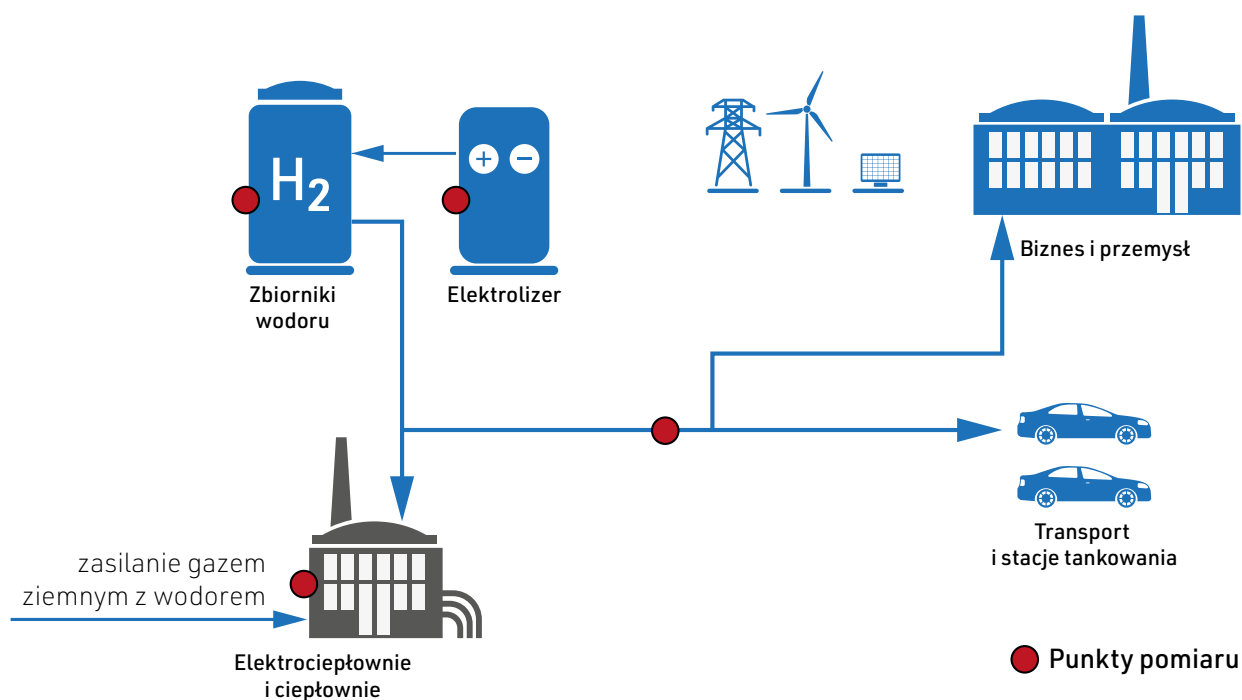
Analizator czystości wodoru 99%-100%
 MultiDetek2 z detektorem TCD



Punkt pomiarowy czystego wodoru

Przy produkcji wodoru metodą elektrolizy wody do pomiaru czystości wodoru używany jest analizator MultiDetek2 z detektorem TCD w zakresie pomiarowym 99%-100% obj. H₂ z ultraczystym wodorem jako gazem referencyjnym. Do dokładnego monitorowania indywidualnych zanieczyszczeń zgodnie z wymaganiami normy ISO 14687 należy dodać analizator z detektorami PED i mikrowagą kwarcową do pomiaru śladów wilgoci. Przy tej metodzie produkcji wodoru nie są konieczne analizy związków siarki, halogenopochodnych, formaldehydu, węglowodorów i kwasu mrówkowego, ponieważ proces produkcji nie generuje powstawania tych zanieczyszczeń. To sprawia, że konfiguracja analizatora jest prostsza i skupia się na pomiarze śladowych zawartości O₂-Ar-N₂-CO₂- H₂O. Inne warianty MultiDetek2 z większą lub mniejszą ilością mierzonych parametrów można skonfigurować dzięki modułowemu charakterowi platformy MultiDetek2.

Punkty pomiarowe w produkcji wodoru



Konfiguracja analizatorów MultiDetek2

Wykorzystując swój (opatentowany) detektor PlasmaDetek2 w połączeniu z TCD (He) i mikrowagą kwarcową (H₂O), system pomiarowy może zapewnić kompletne rozwiązanie do analizy wszystkich zanieczyszczeń, które muszą być zmierzone w wodorowym ogniwie paliwowym. Poniższe dane przedstawiają możliwe konfiguracje, potrzebne do osiągnięcia odpowiedniego stopnia detekcji. Najbardziej kompletna konfiguracja do pełnej analizy wodoru do ogniw paliwowych wymaga maksymalnie trzech analizatorów MultiDetek2. Modułowość urządzenia umożliwia stosowanie pewnych wariacji w zależności od wymagań. Każdy GC jest skonfigurowany z różnymi kanałami, które opisano poniżej.

MULTIDETEK2 GC#1

Kanał 1: H₂S-COS-NH₃-CH₂O-CH₂Cl₂

Składnik	zakres (ppb)	LDL (ppb)	powtarz. (%)	detektor
H ₂ S (siarkowodór)	0-500	0,4	0,8	PED
COS (tlenosiarczek węgla)	0-500	0,5	0,6	PED
NH ₃ (amoniak)	0-1000	2,5	0,3	PED
CH ₂ O (formaldehyd)	0-500	2,0	0,4	PED
Halogenopochodne CH ₂ Cl ₂ (chlorek metylenu)	0-1000	10,0	1,0	PED

Kanał 2: CH₃S-CS₂-DMS-DMDS-HCOOH

Składnik	zakres (ppb)	LDL (ppb)	powtarz. (%)	detektor
CH ₃ SH (merkaptan metylu)	0-500	0,5	1,5	PED
CS ₂ (disiarczek węgla)	0-500	0,2	0,7	PED
DMS (siarczek dimetylu)	0-500	0,2	0,9	PED
DMDS (disiarczek dimetylu)	0-500	0,45	1,6	PED
HCOOH (kwas mrówkowy)	0-1000	2,0	0,4	PED

Kanał 3*: wybór pomiędzy He lub H₂O

Składnik	zakres (ppm)	LDL (ppb)	powtarz. (%)	detektor
He	0-1000	1 (ppm)	0,5	TCD
H ₂ O	0-10	10,0	0,5	Quartz crystal

Kanały 1-2 wykorzystują detektor PlasmaDetek2 w połączeniu z selektywnym filtrem optycznym dla związków siarki oraz filtrem optycznym dla formaldehydu / amoniaku / kwasu mrówkowego. Każdy element optyczny przepuszcza wąski zakres długości fali, co ogranicza interferencje z tła wodorowego i zapewnia czułość poniżej poziomu ppb. Dla obu kanałów wszystkie zastosowane elementy (zawory membranowe, złącza i rurki) są pokryte warstwą sulfinert, aby uniknąć ryzyka absorpcji powierzchniowej dla zanieczyszczeń mierzonych na poziomie ppb. Zastosowane kapilarne kolumny MXT pokryte sulfinertem zapewniają odporność na absorpcję gazów. Wysoki poziom detekcji uzyskuje się łącząc odpowiednie komponenty GC z wysoko czułym i selektywnym detektorem PlasmaDetek2.

Kanał 3 można skonfigurować z detektorem TCD do pomiaru ppm helu lub z modułem mikrowagi kwarcowej do pomiaru śladowych ilości H₂O. Jeśli wymagane są oba, wówczas drugi detektor można zamontować na kanale 3 GC#2. Do analizy He wymagany jest argon jako gaz nośny. W przypadku pomiaru śladów H₂O moduł detektora jest montowany wraz z jego wewnętrznym wzorcem do kalibracji. Więcej informacji można znaleźć w raporcie dotyczącym modułu śladowej wilgotności zintegrowanym z MultiDetek2.

*Ten kanał może być wydzielony lub zintegrowany z GC#1 lub GC#2 w zależności od wymagań

MULTIDETEK2 GC#2

Kanał 1: N₂-CH₄-CO-CO₂

Symbol zanieczyszczenia	zakres (ppb)	LDL (ppb)	powtarz. (%)	detektor
N ₂	0-10	1,5	0,1	PED
CH ₄	0-10	3,5	0,1	PED
CO	0-10	1,5	0,1	PED
CO ₂	0-10	1,5	0,1	PED

Kanał 2: AR-O₂-NMHC

Symbol zanieczyszczenia	zakres (ppb)	LDL (ppb)	powtarz. (%)	detektor
Ar	0-10	0,5	0,2	PED
O ₂	0-10	10,0	0,2	PED
NMHC	0-10	4,0	0,6	PED

Kanał 3*: wybór pomiędzy He lub H₂O

Symbol zanieczyszczenia	zakres (ppm)	LDL (ppb)	powtarz. (%)	detektor
He	0-1000	1 (ppm)	0,5	TCD
H ₂ O	0-10	10,0	0,5	Quartz crystal

Modułowa budowa chromatografu MultiDetek2 umożliwia skonfigurowanie go do indywidualnych potrzeb użytkownika. Tutaj system został skonfigurowany poprzez pierwszy kanał kanałem z detektorem PED do pomiaru śladowych ilości N₂-CH₄-CO-CO₂. Ten moduł wykorzystuje detektor PlasmaDetek2 z selektywnymi filtrami optycznymi dla N₂, CH₄ i jednym dla CO/CO₂.

Drugi kanał wykorzystuje detektor PED do pomiaru Ar-O₂-NMHC. Tutaj PlasmaDetek2 jest skonfigurowany z trzema selektywnymi filtrami optycznymi. Jeden jest używany do Ar, drugi do O₂, a trzeci do NMHC. Analiza śladowych ilości tlenu wymaga modułu dozującego, aby umożliwić stabilne i powtarzalne wykrywanie O₂ na poziomie ppb.

Trzeci kanał jest skonfigurowany zgodnie z opisem dla GC#1.

MULTIDETEK2 GC#3

Kanał 1: czystość wodoru

Symbol zanieczyszczenia	zakres (ppb)	dokładność (%)	detektor	czas analizy (sek.)
H ₂	99-100	0,001	TCD	60

To urządzenie jest stosowane do monitorowania całkowitej czystości wodoru w zakresie od 99% do 100%. Zwykle instalowane jest w połączeniu z analizatorami śladowych zanieczyszczeń. Zapewnia krótki czas analizy wynoszący 1 minutę, aby szybko monitorować czystość wytwarzanego wodoru. W przypadku alarmu procesowego, analizatory śladowych zanieczyszczeń podadzą szczegóły dotyczące konkretnych zanieczyszczeń. Stosowanie obu przyrządów jest najlepszą praktyką zapewniającą szybkość i dokładność produkcji wodoru. W tym przypadku Multidetek2 GC jest skonfigurowany z detektorem TCD i bezpośrednim dozowaniem.

Wszystkie zanieczyszczenia są wyświetlane jako jeden pik, mierzony przez TCD. Gazem wzorcowym i nośnym jest ultra czysty wodór.

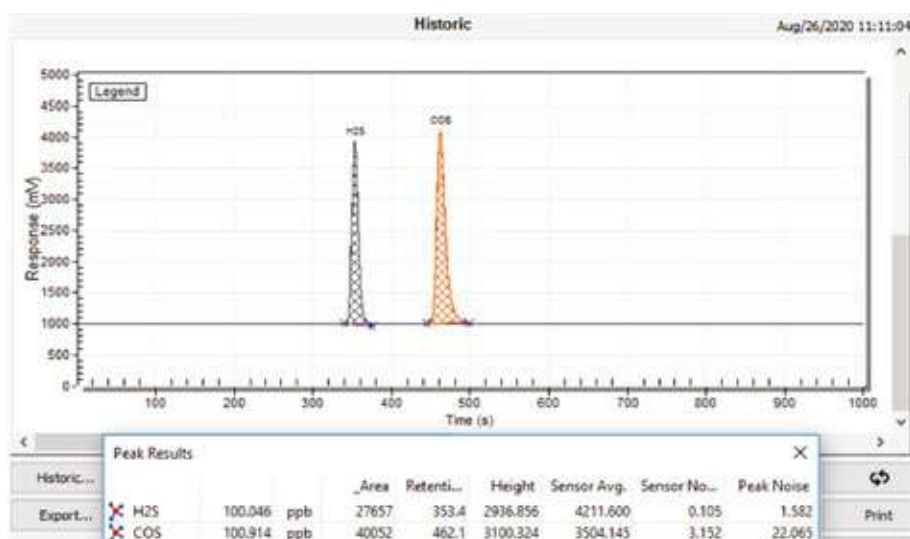


*Ten kanał może być wydzielony lub zintegrowany z GC#1 lub GC#2 w zależności od wymogów

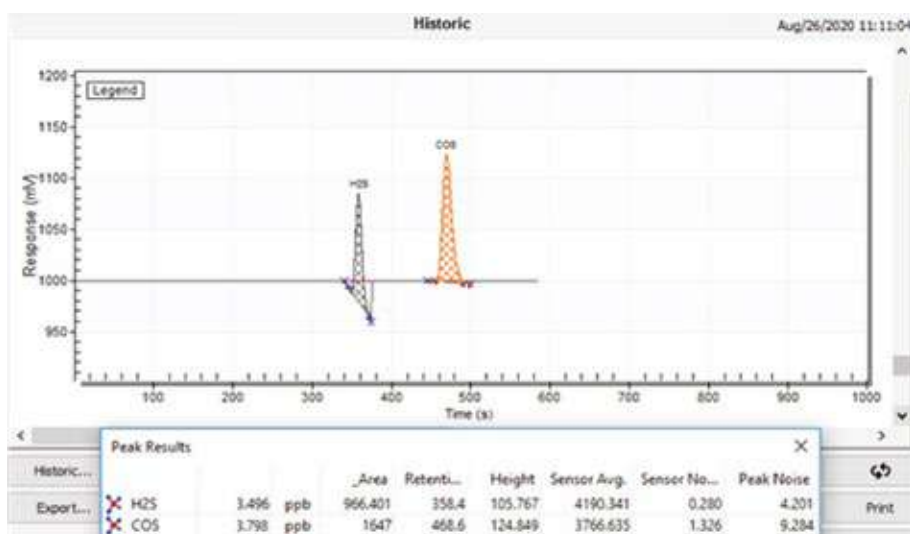
Wyniki

Chromatogramy : GC#1/Kanał 1

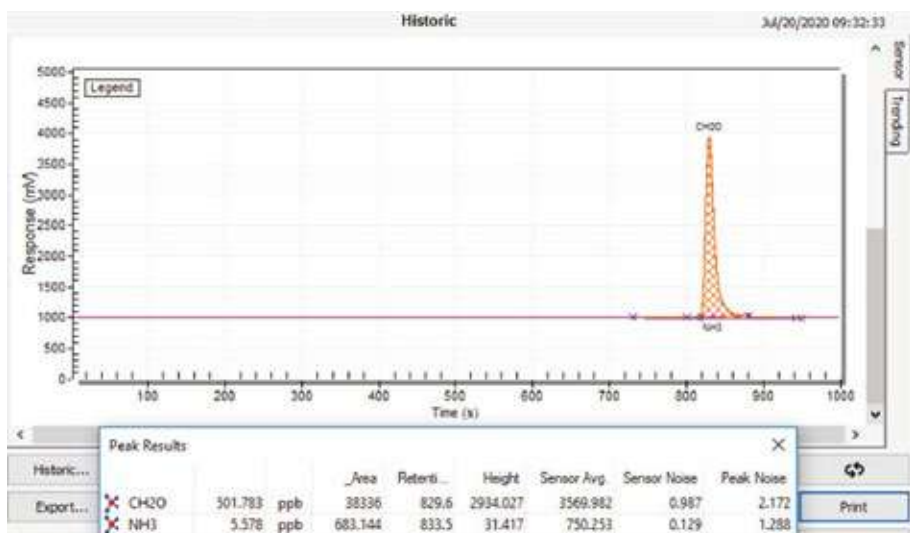
Próbka : 100ppb H₂S, COS w matrycy H₂



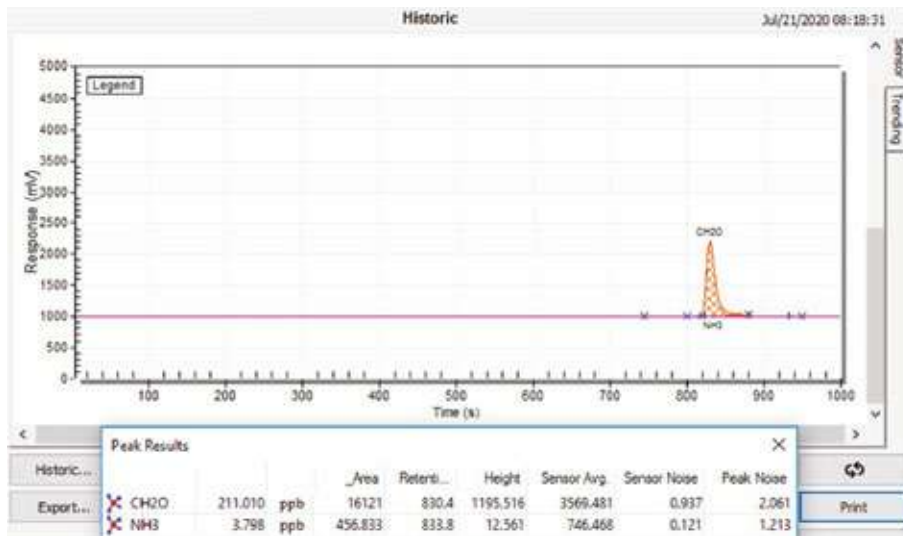
Próbka : 3ppb H₂S, COS w matrycy H₂



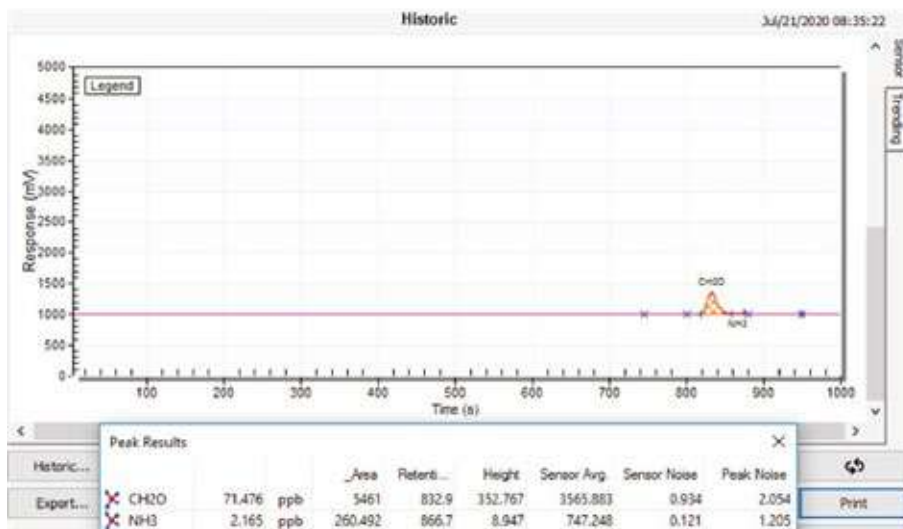
Próbka: 500ppb CH₂O w matrycy H₂



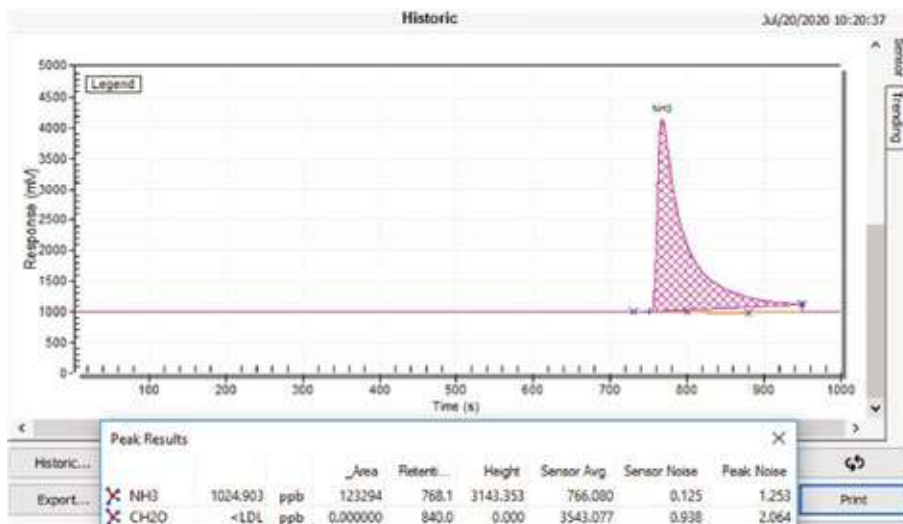
Próbka: 210ppb CH₂O w matrycy H₂



Próbka: 70ppb CH₂O w matrycy H₂

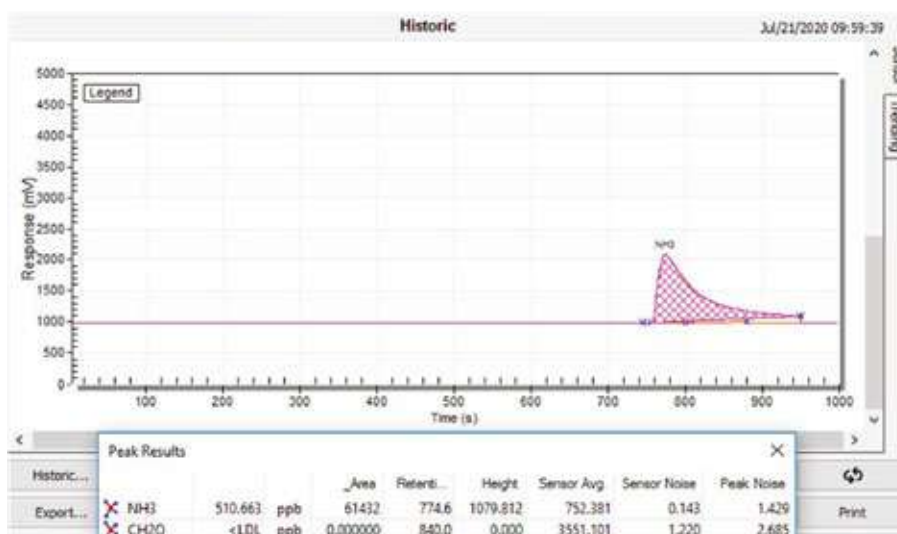


Próbka: 1025ppb NH₃ w matrycy H₂

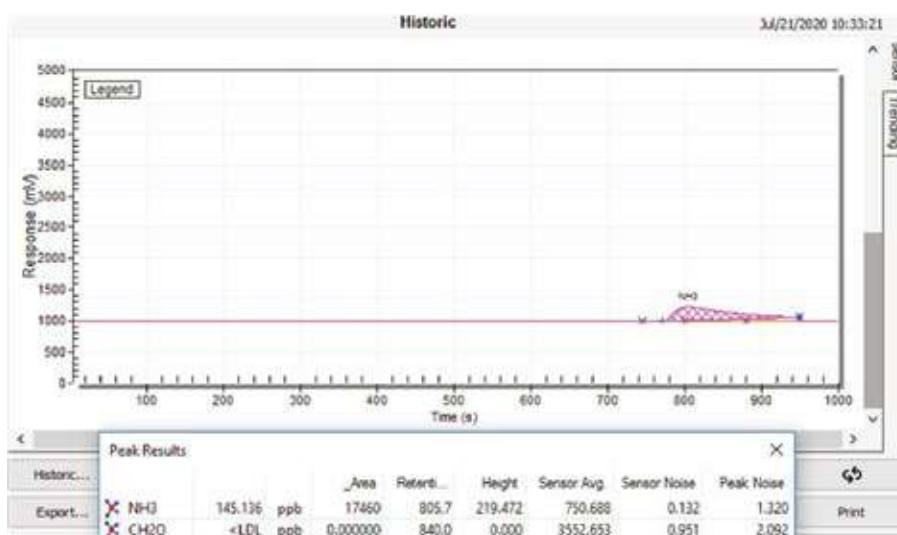


MONITORING ZANIECZYSZCZEŃ WODURU

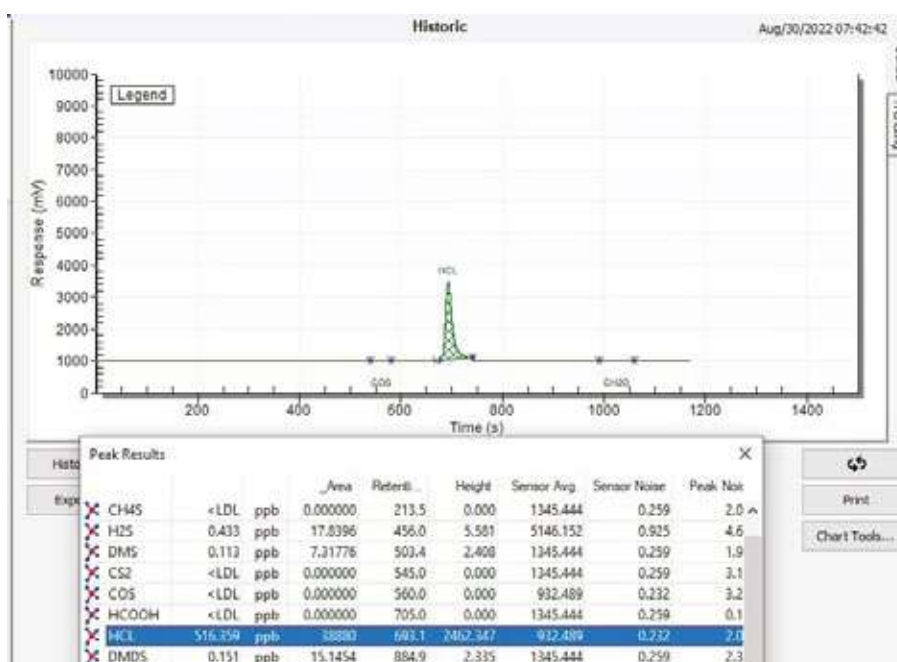
Próbka: 510ppb NH₃ w matrycy H₂



Próbka: 150ppb NH₃ w matrycy H₂



Próbka: 516ppb HCL w matrycy H₂



LDL :

Symbol zanieczyszczenia	zawartość (ppb)	wys. piku (mV)	Szum. (mV)	LDL (3xszum) (ppb)
H ₂ S (siarkowodór)	3,5	105,8	4,2	0,41
COS (tlenosiarczek węgla)	3,79	124,9	9,2	0,80
NH ₃ (amoniak)	71,4	352,7	2,05	1,24
CH ₂ O (formaldehyd)	145	219,4	1,432	2,61
HCL (chlorowodór)	516	2462	2,0	1,25

Uwaga: różne wartości LDL można uzyskać w zależności od objętości iniekcji próbki i warunków chromatograficznych

Powtarzalność:

Próbka : 3ppb H₂S, COS w matrycy H₂

Description	H ₂ S	COS
Wed, Aug-26-2020		
17:39:32	3.564	4.102
17:29:23	3.565	4.145
17:19:13	3.533	4.151
17:09:03	3.543	4.185
16:58:53	3.506	4.121
16:48:42	3.530	4.145

Próbka : 135ppb NH₃ & 75ppb CH₂O w matrycy H₂

Description	NH ₃	CH ₂ O
Historic		
Tue, Jul-21-2020		
13:55:43	136.162	75.984
13:38:50	136.759	76.416
13:22:00	136.398	76.441
13:05:08	136.709	76.621
12:48:16	136.848	76.707
12:31:24	137.460	76.683

Symbol zanieczyszczenia	H ₂ S	COS	NH ₃	CH ₂ O
Średnia (ppb)	3,534	4,142	136,7	76,48
Sigma σ (ppb)	0,028	0,028	0,44	0,27
CV (%)	0,80	0,68	0,32	0,35
CV \times 3 (%)	2,40	2,05	0,97	1,06
Status	zaliczony	zaliczony	zaliczony	zaliczony
Powtarzalność (%)	0,8	0,6	0,3	0,4

Test powtarzalności składa się z serii 6 analiz. Aby został pozytywnie zatwierdzony, wyniki muszą mieścić się poniżej 5% wartości 3-krotności współczynnika zmian (CV).

Powtarzalność (%) jest uzyskiwana na bazie wyników 6 kolejnych analiz jako względne odchylenie standardowe (sigma) do średniej z tych 6 pomiarów.

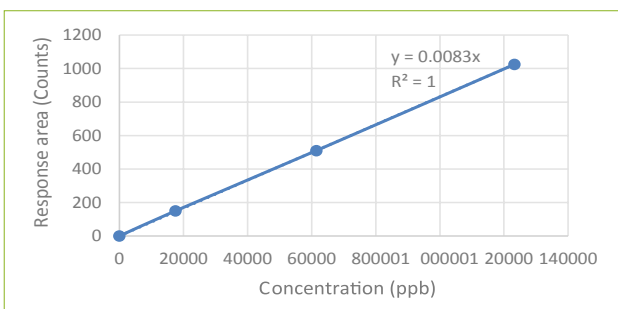
Test przeprowadzono w dolnych granicach zakresu pomiarowego, w których najtrudniej jest uzyskać wysoką powtarzalność. Przy większych stężeniach uzyskanie wysokiej powtarzalności jest łatwiejsze.

Przeprowadzony test pokazuje, jaka jest wydajność systemu pod względem powtarzalności.



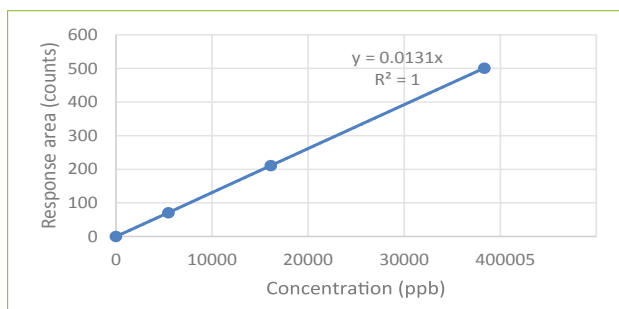
Liniiowość

Zanieczyszczenie: amoniak (NH₃)



Odpowiedź (zliczenia)	zawartość (ppb)
0	0
17460	150
61432	510
123294	1025

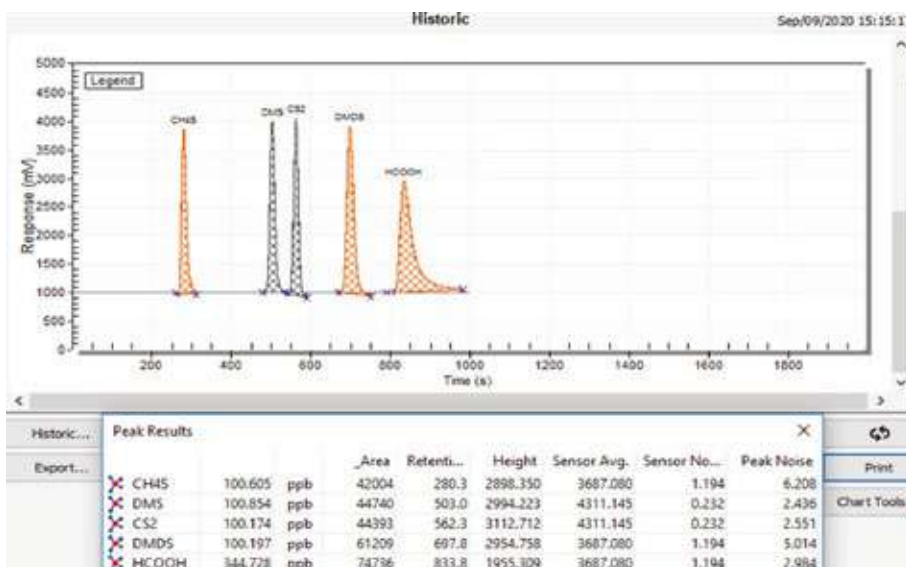
Zanieczyszczenie: formaldehyd (CH₂O)



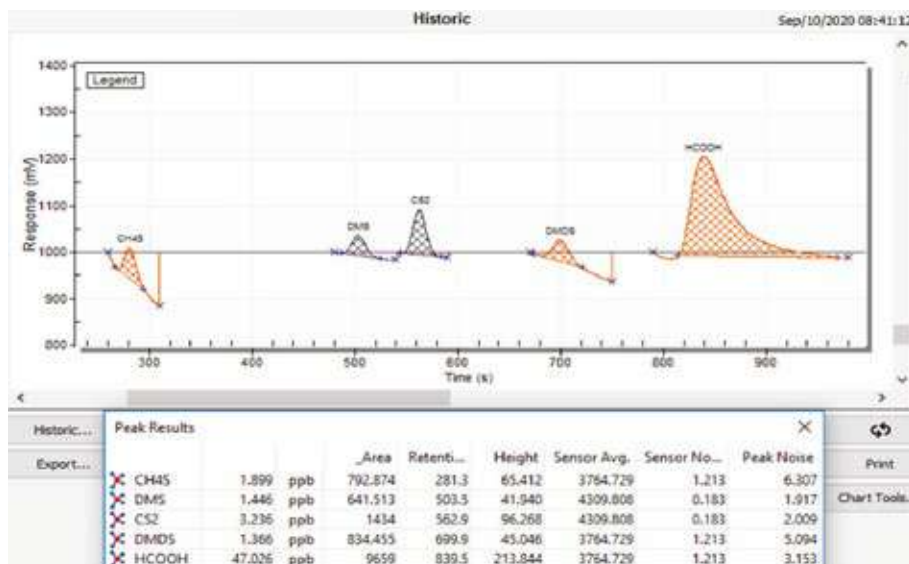
Odpowiedź (zliczenia)	zawartość (ppb)
0	0
5461	71
16121	211
38336	501

Chromatogramy : GC#1/Kanał 2

Próbka: 100ppb CH₃SH-CS₂-DMS-DMDS / 330ppb HCOOH w matrycy H₂



Próbka : 2ppb CH₃HS-CS₂-DMS-DMDS / 50ppb HCOOH w matrycy H₂



LDL :

Symbol zanieczyszczenia	zawartość (ppb)	wys. piku (mV)	szum. (mV)	LDL (3 x szum) (ppb)
CH ₃ HS (merkaptan metylu)	1,89	65,4	6,3	0,50
DMS (siarczek dimetylu)	1,44	41,9	2,0	0,20
CS ₂ (disiarczek węgla)	3,23	96,3	1,91	0,19
DMDS (disiarczek dimetylu)	1,36	45,0	5,0	0,45
HCOOH (kwas mrówkowy)	47,0	213,9	3,15	2,00

Uwaga: różne wartości LDL można uzyskać w zależności od objętości iniekcji próbki i warunków chromatograficznych

Powtarzalność:

Próbka : 2ppb CH₃HS-CS₂-DMS-DMDS / 50ppb HCOOH w matrycy H₂

	Description	CH ₄ S	DMS	CS ₂	DMDS	HCOOH
Historic						
☒ Thu, Sep-10-2020						
	07:49:10	1.879	1.334	3.344	1.265	47.865
	07:32:18	1.873	1.316	3.338	1.230	48.020
	07:15:26	1.904	1.343	3.359	1.226	47.958
	06:58:35	1.924	1.317	3.384	1.272	48.074
	06:41:43	1.951	1.343	3.397	1.265	48.279
	06:24:51	1.940	1.326	3.389	1.259	48.295

Symbol zanieczyszczenia	CH ₃ HS	DMS	CS ₂	DMDS	CHOOH
Średnia (ppb)	1,91	1,33	3,37	1,25	48,08
Sigma σ (ppb)	0,03	0,012	0,024	0,02	0,17
CV (%)	1,66	0,91	0,74	1,57	0,36
CV \times 3 (%)	4,98	2,73	2,22	4,72	1,08
Status	zaliczony	zaliczony	zaliczony	zaliczony	zaliczony
Powtarzalność (%)	1,5	0,9	0,7	1,6	0,4

Test powtarzalności składa się z serii 6 analiz. Aby został pozytywnie zatwierdzony, wyniki muszą mieścić się poniżej 5% wartości 3-krotności współczynnika zmian (CV).

Powtarzalność (%) jest uzyskiwana na bazie wyników 6 kolejnych analiz jako względne odchylenie standardowe (sigma) do średniej z tych 6 pomiarów.

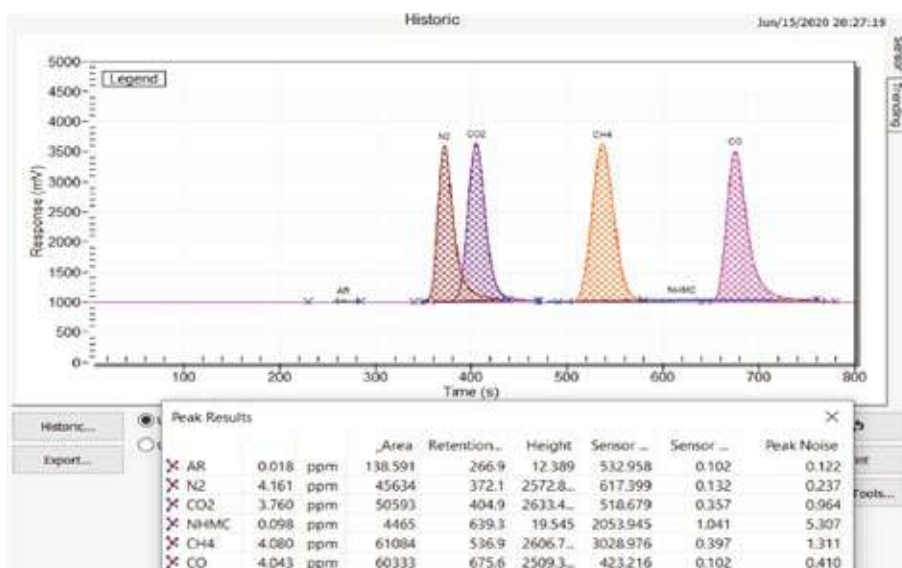
Test przeprowadzono w dolnych granicach zakresu pomiarowego, w których najtrudniej jest uzyskać wysoką powtarzalność. Przy większych stężeniach uzyskanie wysokiej powtarzalności jest łatwiejsze.

Przeprowadzony test pokazuje, jaka jest wydajność systemu pod względem powtarzalności.

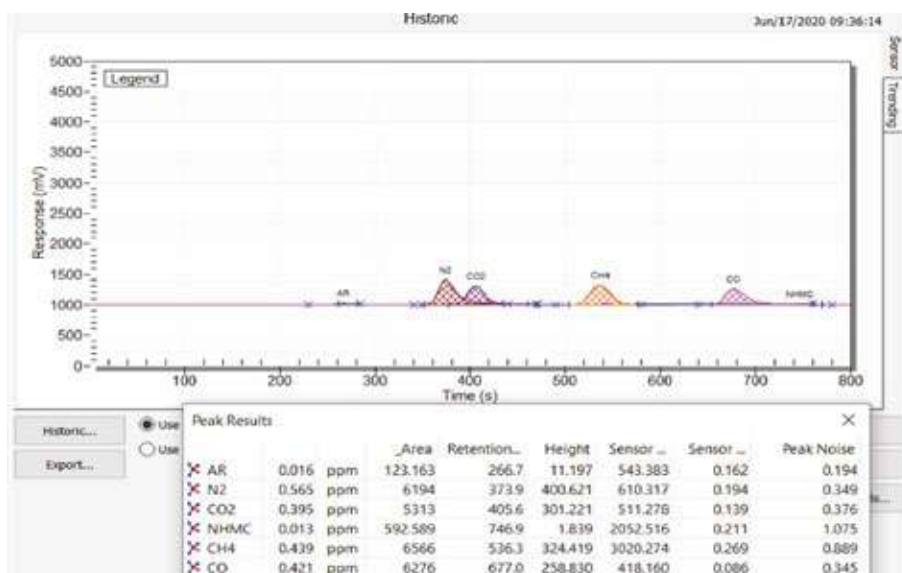


Chromatogramy : GC#2/Kanał 1

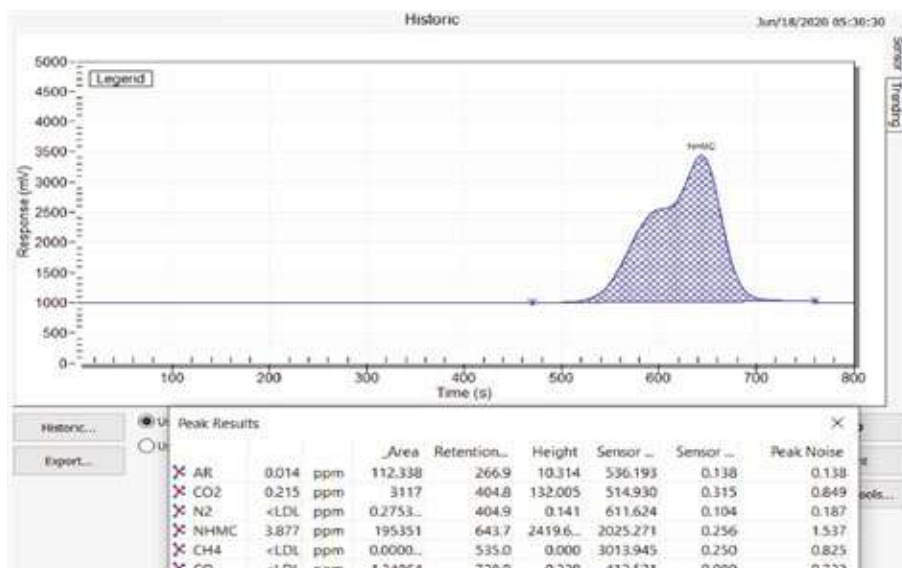
Próbka : 4ppm N₂-CO₂-CH₄-CO w matrycy H₂



Próbka : 500ppb N₂-CO₂-CH₄-CO w matrycy H₂

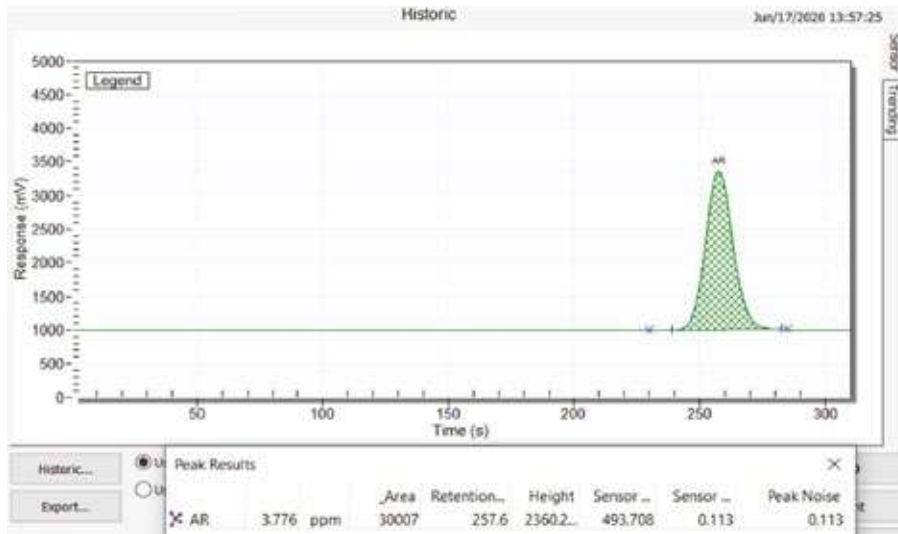


Próbka : 4ppm NMHC (C₃H₈) w matrycy H₂

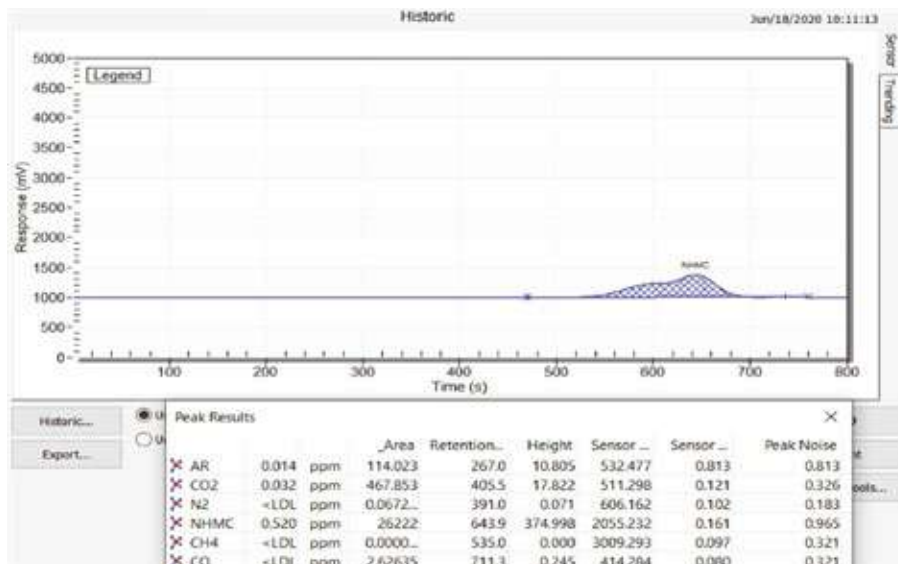


Chromatogramy : GC#2/Kanał 2

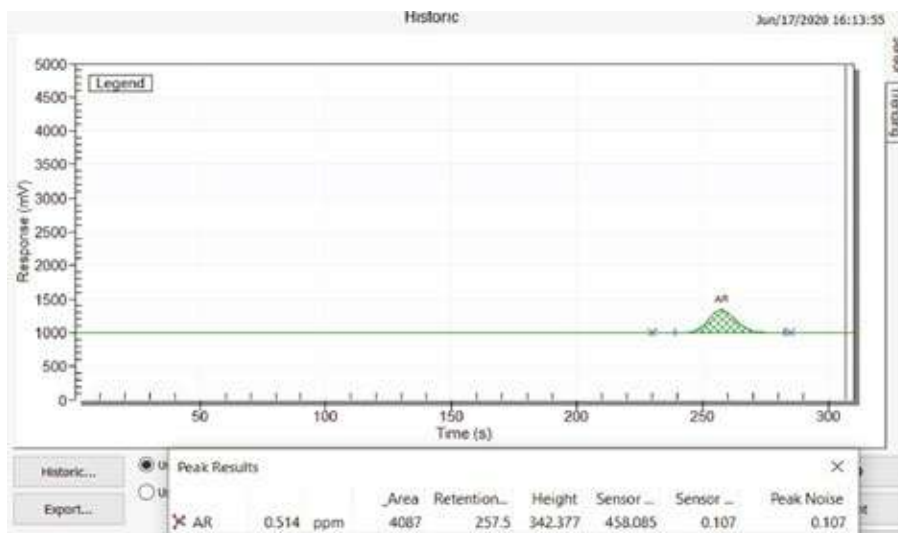
Próbka : 4ppm Ar w matrycy H₂

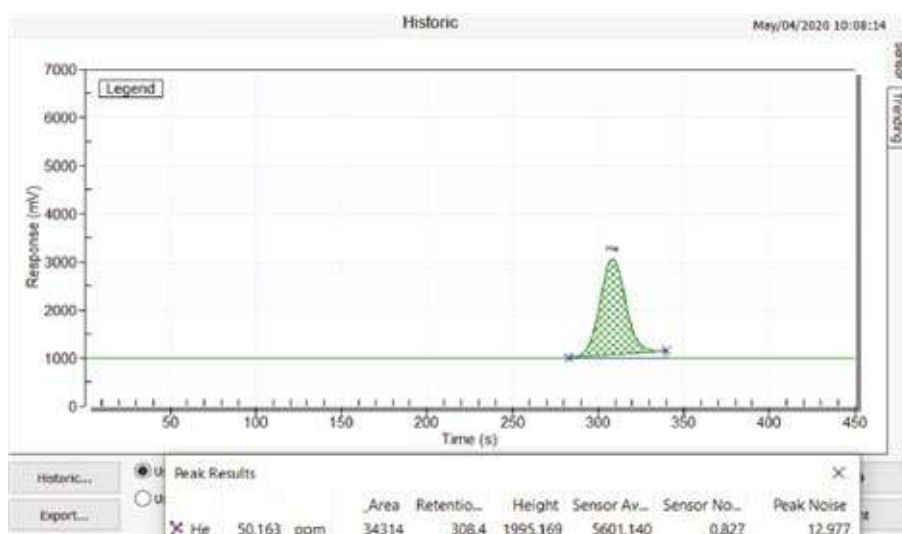


Próbka : 500ppb NMHC(C₃H₈) w matrycy H₂



Próbka : 500ppb Ar w matrycy H₂



Chromatogramy : GC#2/Kanał 3Próbka : 50ppm He w matrycy H₂**LDL :**

Symbol zanieczyszczenia	zawartość (ppb)	wys. piku (mV)	szum. (mV)	LDL (3 x szum) (ppb)
N ₂	565	401	0,349	1,48
CO ₂	395	301	0,376	1,48
CH ₄	439	324	0,889	3,61
CO	421	259	0,345	1,68
Ar	514	342	0,107	0,48
NMHC	520	375	0,965	4,01
He	50(ppm)	1995	12,97	1,00(ppm)

Uwaga: różne wartości LDL można uzyskać w zależności od objętości iniekcji próbki i warunków chromatograficznych

Powtarzalność:Próbka : 1ppm Ar-N₂-NMHC-CO₂-CH₄-CO w matrycy H₂

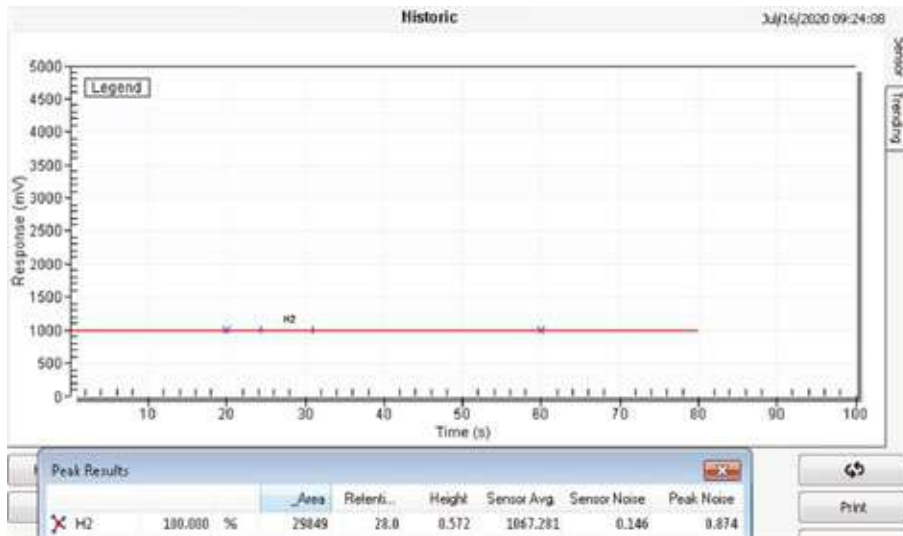
Start	AR	N2	NMHC	CO2	CH4	CO
2020-05-21 20:16	0.889 ppm	1.171 ppm	0.564 ppm	1.045 ppm	1.161 ppm	1.042 ppm
2020-05-21 20:02	0.889 ppm	1.174 ppm	0.567 ppm	1.045 ppm	1.161 ppm	1.042 ppm
2020-05-21 19:49	0.886 ppm	1.174 ppm	0.568 ppm	1.044 ppm	1.161 ppm	1.042 ppm
2020-05-21 19:35	0.886 ppm	1.174 ppm	0.571 ppm	1.046 ppm	1.159 ppm	1.041 ppm
2020-05-21 19:21	0.886 ppm	1.174 ppm	0.573 ppm	1.044 ppm	1.160 ppm	1.042 ppm
2020-05-21 19:08	0.887 ppm	1.176 ppm	0.573 ppm	1.042 ppm	1.163 ppm	1.043 ppm

Symbol zanieczyszczenia	Ar	N ₂	NMHC	CO ₂	CH ₄	CO
Średnia (ppb)	887,2	1173,8	569,3	1044,3	1160,8	1042
Sigma σ (ppb)	1,47	1,60	3,61	1,37	1,33	0,63
CV (%)	0,17	0,14	0,63	0,13	0,12	0,06
CV × 3 (%)	0,5	0,41	1,90	0,39	0,35	0,18
Status	zaliczony	zaliczony	zaliczony	zaliczony	zaliczony	zaliczony
Powtarzalność (%)	0,2	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1

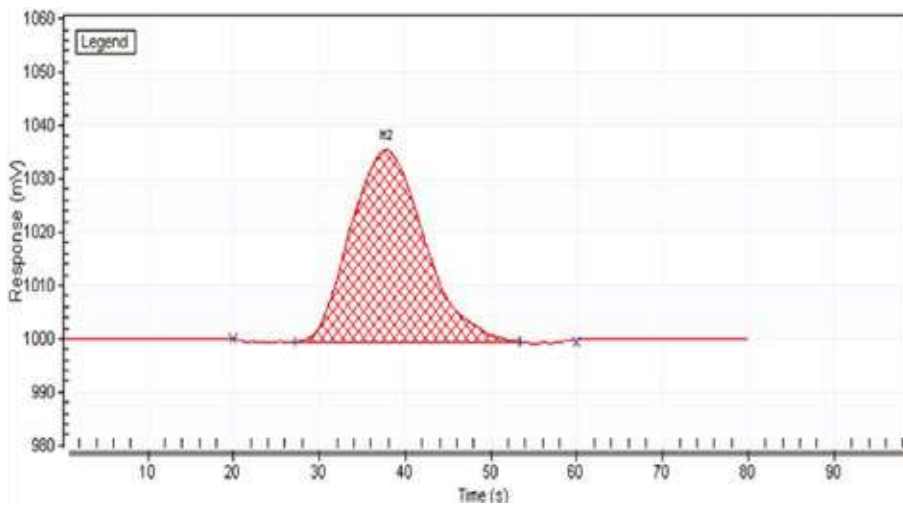
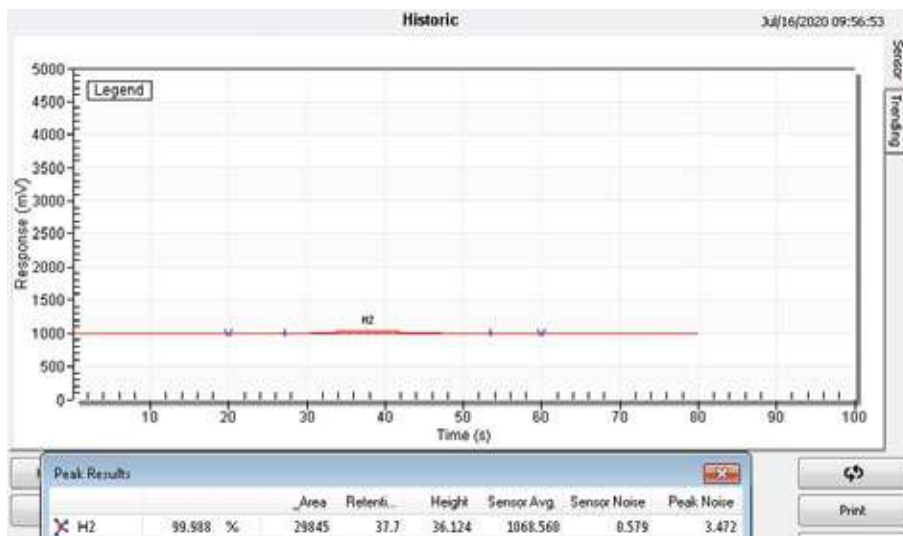
Przeprowadzony test pokazuje, jaka jest wydajność systemu pod względem powtarzalności (poniżej 1%).

Chromatogramy : GC#3/Kanał 1

Próbka: 100.000% H₂

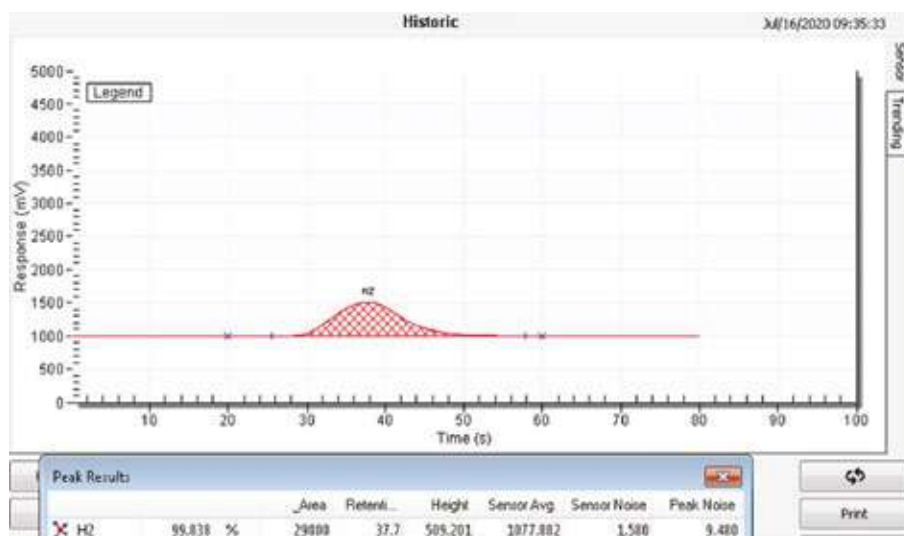


Próbka: 99,989% H₂

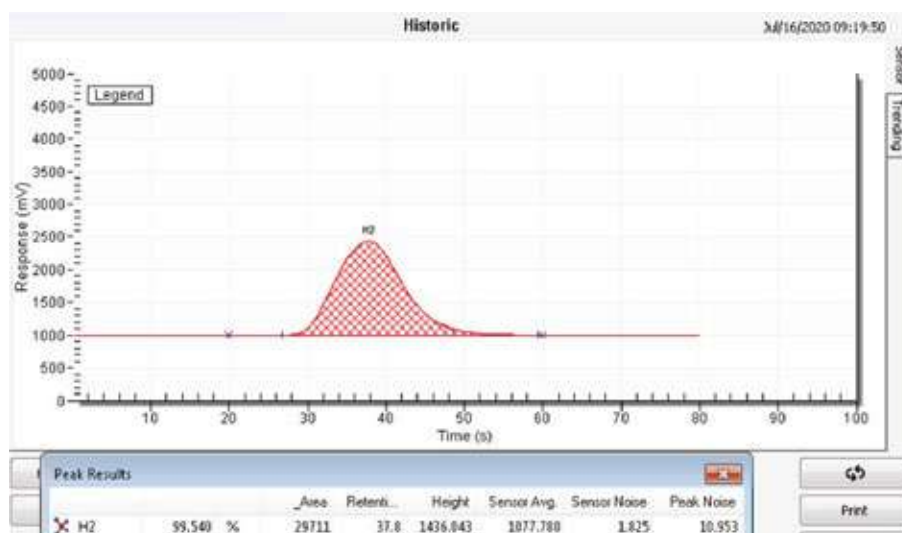


MONITORING ZANIECZYSZCZEŃ WODORU

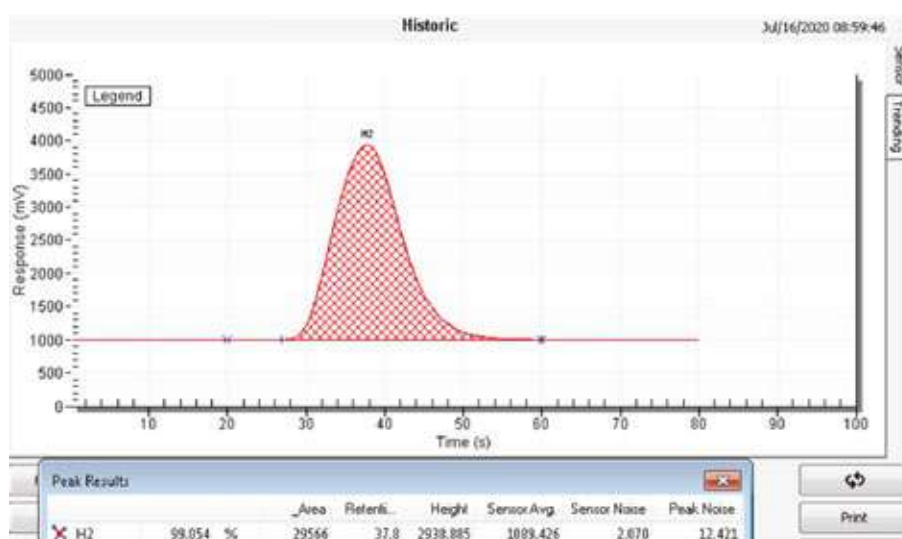
Próbka: 99,837% H₂



Próbka: 99,541% H₂



Próbka: 99,055% H₂



LDL /Dokładność :

Stężenie w % uzyskuje się przez rozcieńczenie H₂ w N₂.

Zastosowano różnicę między 100% H₂ a stężeniem rozcieńczonego H₂.

Symbol zanieczyszczenia	zawartość (ppb)	wys. piku (mV)	szum (mV)	LDL (3 x szum) (ppb)	dokładność (3 x szum) (%)
H ₂	0,012	36,124	3,472	0,003	± 0,0015

Uwaga: różne wartości LDL można uzyskać w zależności od objętości iniekcji próbki i warunków chromatograficznych

Powtarzalność :

Próbka : 99,750% H₂

Start	H2
2020-07-16 10:28	99.756 %
2020-07-16 10:26	99.756 %
2020-07-16 10:25	99.756 %
2020-07-16 10:24	99.756 %
2020-07-16 10:22	99.756 %
2020-07-16 10:21	99.756 %
2020-07-16 10:19	99.756 %
2020-07-16 10:18	99.755 %
2020-07-16 10:16	99.755 %
2020-07-16 10:15	99.755 %
2020-07-16 10:14	99.755 %



Certyfikaty

IECEx

IECEx TEST REPORT COVER	
ExTR Reference Number	CA/QPS/ExTR 19-0028/00
ExTR Free Reference Number	X35775-1
Compiled by + signature (ExTL)	Alenko Vranes <i>[Signature]</i>
	Kerry Nice, A.Sc.T. <i>[Signature]</i>
Reviewed by + signature (ExTL)	Rob Kothuch, P. Eng. <i>[Signature]</i>
Approved by + signature (ExCB)	Dave Adams, P. Eng. <i>[Signature]</i>
Date of issue	February 21, 2020
Ex Testing Laboratory (ExTL)	QPS Evaluation Services Inc. 81 Kellfield St. Unit 7-8, Toronto, Ont. M8L 1S1, Canada
Ex Certification Body (ExCB)	QPS Evaluation Services Inc. 81 Kellfield St. Unit 7-8, Toronto, Ont. M8L 1S1, Canada
Applicant's name	LDetek Inc.
Address	990 Rue Montette E Thefford Mines, QC G6G 7K6, Canada
Standards associated with this ExTR package	IEC 60079-0:2011, Edition 6.0 IEC 60079-2:2007, Edition 5.0 IEC 60079-7:2006, Edition 4.0 IEC 60079-11:2011, Edition 6.0 IEC 60079-18:2009, Edition 3.0
Clauses considered	All clauses considered
Related Amendments, Corrigenda or IGHs	All items are considered
Test item description	Gas Chromatograph MultiDetek 2 EX
Model/type reference	MultiDetek Ex
Code (e.g. Ex_#_#_#_#_#_#)	Ex eb ib mb pxb IIB+H2 T4 Gb
Rating	MultiDetek 2 EX Purge Controller Power: 230 V AC, 47 – 63 Hz, 600 Watts Maximum sample gas pressure: 689 mbar (10 psi) Minimum purge flow: 120 l/min Minimum purge time: 78 minutes Maximum overpressure: 6.7 mbar Minimum overpressure: 1.24 mbar Maximum supply air pressure: 6.9 bar Minimum supply air pressure: 1.4 bar Door clamps tightening torque: 3.4 – 3.9 Nm

IECEx Test Report Summary	
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC Certification System for Explosive Atmospheres <small>For more and details of the IECEx Scheme visit www.iecex.com</small>	
ExTR Ref. No.:	CA/QPS/ExTR19-0028/00 Page 1 of 1
ExTR Free Ref. No.:	X35775-1 Status: Issued
List of Standards Covered:	IEC 60079-0:2011 Edition 6.0, IEC 60079-11:2011 Edition 6.0, IEC 60079-18:2009 Edition 3.0, IEC 60079-2:2007-02 Edition 5.0, IEC 60079-7:2006-07 Edition 4 Date of Issue: 2020-02-21
Issuing ExTL:	QPS - QPS
Endorsing ExCB:	QPS - QPS
Manufacturer:	LDetek Inc. 990 Rue Montette E Thefford Mines G6G 7K6 QC
Location of Manufacturer:	Canada
Ex Protection:	Ex eb ib mb pxb IIC T4 Gb
Rating:	115 V AC, 25 A, 50/60 Hz 953
Equipment:	Gas Chromatograph
Model Reference:	MultiDetek 2 EX
Related IECEx Certificate:	IECEx QPS 18-0028 Issue 6
Comments:	

ATEX

IECEx TEST REPORT of NATIONAL DIFFERENCES	
ExTR Reference Number	CA/QPS/ExTR19-0028/00
ExTR Free Reference Number	X35775-1
Compiled by + signature (ExTL)	Alenko Vranes <i>[Signature]</i>
	Kerry Nice, A.Sc.T. <i>[Signature]</i>
Reviewed by + signature (ExTL)	Rob Kothuch, P. Eng. <i>[Signature]</i>
Date of issue	January 24, 2020
Ex Testing Laboratory (ExTL)	QPS Evaluation Services Inc. 81 Kellfield St. Unit 8, Toronto, ON M9W 5A3
Applicant's name	LDetek Inc.
Address	990 Rue Montette E Thefford Mines, QC G6G 7K6, Canada
Country/Region	Europe: Switzerland (CH), Czech Republic (CZ), Germany (DE), Denmark (DK), Finland (FI), France (FR), United Kingdom (GB), Hungary (HU), Italy (IT), the Netherlands (NL), Norway (NO), Romania (RO), Sweden (SE) and Slovenia (SI)
Standards	EN 60079-0:2012/A11:2013, EN 60079-2:2007, EN 60079-7:2007, EN 60079-11:2012, EN 60079-18:2009
Test Report Form Number	ExTR National Differences_3 (released 2018-02)
Copyright © 2018 International Electrotechnical Commission System for Certification to Standards Relating to Equipment for use in Explosive Atmospheres (IECEx System), Geneva, Switzerland. All rights reserved. This document may be reproduced in whole or in part for non-commercial purposes as long as the IECEx System is acknowledged as copyright owner and source of the material. The IECEx system takes no responsibility for, and will not assume liability for, damages resulting from the reader's interpretation of the reproduced material due to its placement and context.	

CE

Zgodnie z dyrektywą EMC 2004/10/UE i normami EN 61000-6-2:2005 dla nie-wrażliwości i EN 61000-6-4:2007 dla emisji.

File No. 53220 / EMC Test Report

Test name Standard	Limit Test level	EUT	Results
Measurement of conducted emissions CISPR 22: 2008	Class A	E35421 E35422 E35423	Pass
Measurement of radiated emissions CISPR 22: 2008, up to 6 GHz	Class A	E35421 E35422	Pass
Measurement of conducted emissions FCC Part 15: 2015, Subpart B	Class A	E35421 E35422 E35423	Pass
Measurement of radiated emissions FCC Part 15: 2015, Subpart B, up to 8 GHz	Class A	E35421 E35422	Pass
Radiated electromagnetic field immunity – radio frequencies IEC 61000-4-3: 2006 A1: 2007 A2: 2010	10 V/m 80-1000 MHz 3 V/m 1.4-2.7 GHz	E35421 E35422	Pass
Conducted immunity IEC 61000-4-6: 2008	10 V power	E35421 E35422	Pass
Electrostatic discharge immunity IEC 61000-4-2: 2008	±4 kV contact ±8 kV air	E35421 E35422	Pass
Electrical fast transient immunity IEC 61000-4-4: 2012	±2 kV power	E35421 E35422	Pass
Surge immunity IEC 61000-4-5: 2005	±1 kV L - L ±2 kV L - Ground	E35421 E35422	Pass
Magnetic field immunity IEC 61000-4-8: 2009	30 A/m / 50 Hz	E35421 E35422	Pass
Voltage dips, short interruptions and voltage variation immunity IEC 61000-4-11: 2004	0% - 1 cycle 40% - 10 cycles 70% - 25 cycles 0% - 250 cycles	E35421 E35422	Pass

Podsumowanie

Analizator MultiDetek2 może mierzyć wszystkie zanieczyszczenia wodoru realizując wymagane limity wykrywalności, z odpowiednią powtarzalnością i liniowością dzięki połączeniu detektora PlasmaDetek2 (opatentowanego) z TCD i mikrowagą kwarcową w jednym systemie.

Modułowość przyrządu umożliwia dostosowanie go do wysokich wymagań stawianych przez różne aplikacje. System jest kompaktowy i w strefie bezpiecznej można go zainstalować stosując zintegrowane rozwiązanie LDRack. Gdy wymagany jest montaż w strefie Ex, stosuje się certyfikowaną obudowę przedmuchiwaną Ex-P. Dzięki zastosowaniu regulacji temperatury, można skonfigurować system do zastosowań zewnętrznych z w temperaturze otoczenia w zakresie od -30°C do 40°C.

Dostępne jest certyfikowane, pochodzące od jednego producenta, kompleksowe rozwiązanie do pomiaru wodoru do ogniw paliwowych, zgodne ze standardami przemysłowymi.





Realizacje
instalacji „pod klucz”

Projektowanie
systemów pomiarowych

Serwis gwarancyjny
i pogwarancyjny

Doradztwo techniczne
i szkolenia


Uruchomienia
i przeglądy okresowe

Sprzedaż aparatury
i systemów pomiarowych

Technopomiar

Technopomiar Sp. z o.o.

 ul. Graniczna 105, 54-530 Wrocław

 +48 71 332 98 00

 info@technopomiar.pl


www.technopomiar.pl  