Modułowe stacje gazowe

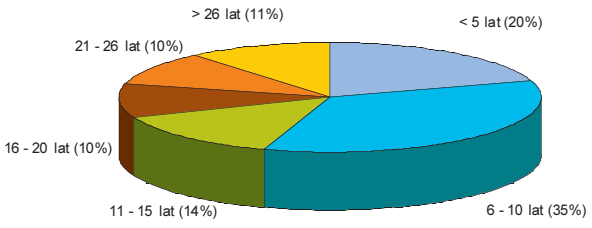
Maciej Chaczykowski*, Krzysztof Wójcik**

Z krajowej sieci wysokiego ciśnienia zasilanych jest ponad 1700 stacji gazowych I stopnia, w tym około 1500 stacji aktualnie eksploatowanych przez PGNiG. Stacje gazowe I stopnia są obiektami systemu, których zadaniem jest zasilanie sieci dystrybucyjnych, przy ciśnieniu dopasowanym do parametrów pracy tych sieci.

Przyjmując przedziały czasowe 5-letnie, w tablicy 1 podano podział stacji gazowych ze względu na wiek, a na rys. 1 udziały procentowe poszczególnych grup w stosunku do ogólnej ich liczby. Z przedstawionych danych wynika, że przeszło 20% stacji ma aktualnie czas eksploatacji przekraczający 20 lat, co świadczy o potrzebie prowadzenia dużej liczby prac modernizacyjnych w nadchodzących latach.

Tablica 1.

Czas eksploatacji [lata]	Liczba stacji
Ogółem	1706
< 5	337
6 – 10	606
11 – 15	235
16 – 20	167
21 – 25	175
> 26	186



Rys. 1.

* dr inż. Maciej Chaczykowski, Politechnika Warszawska, Zakład Inżynierii Gazownictwa, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, e–mail: maciej.chaczykowski@is.pw.edu.pl

** mgr inż. Krzysztof Wójcik, PGNiG S.A. Centrala Spółki, Biuro Zakupów Centralnych, ul. Kasprzaka 25, 01-224 Warszawa, e–mail: krzysztof.wojcik@pgnig.pl

W tablicy 2 podano klasyfikację istniejących stacji ze względu na maksymalną przepustowość. Z danych zamieszczonych w tab. 2 wynika, że 90% stacji pracuje przy przepustowości poniżej 10 tys. m^3/h. Projekt stacji modułowej dotyczy właśnie tych obiektów.

Tablica 2.

Przepustowość (tys.m^3/h)	Stacje red.-pom. I st. (szt.)
OGÓŁEM	1706
< 1	317
1 – 5	932
5 – 10	283
10 – 20	100
20 – 50	57
>50	17

Biorąc pod uwagę dużą liczbę stacji, konieczne staje się opracowanie spójnego programu generalnej, stopniowej modernizacji stacji gazowych, w celu podniesienia efektywności ekonomicznej ich budowy i eksploatacji. Szereg uwarunkowań stanowiących bariery techniczne i ekonomiczne w budowie i eksploatacji stacji gazowych może być rozwiązane poprzez zastosowanie modułowych elementów stacji. Powstała więc koncepcja podziału stacji gazowej na elementy składowe w taki sposób aby suma tych elementów dała pełną, spójną technologicznie całość, a jednocześnie możliwa była sprawna i szybka wymiana poszczególnych elementów stacji (tutaj zwanych modułami) w razie wystąpienia np. naturalnego rozwoju danego regionu i wzrostu zapotrzebowania na gaz ziemny, czy też pojawienia się nowego dużego odbiorcy indywidualnego.

Zaproponowany został następujący podział stacji gazowej na elementy składowe — moduły:

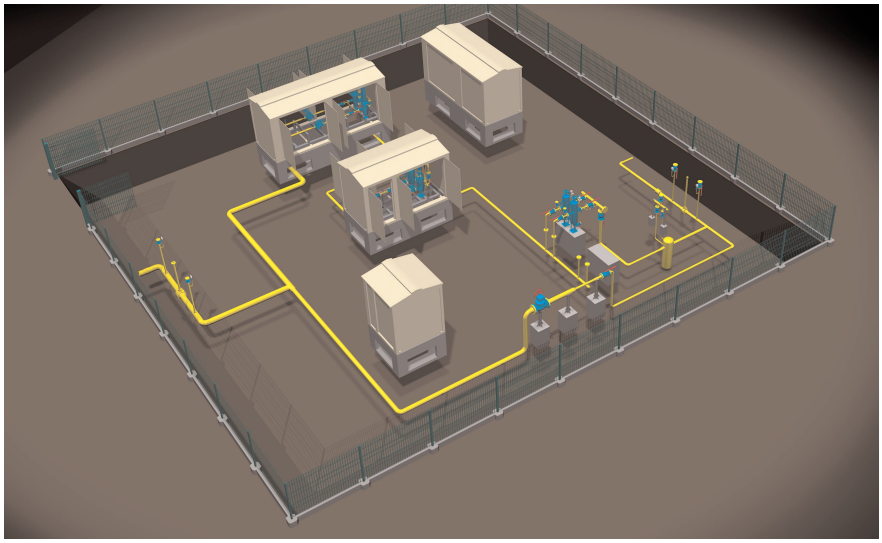
1. układu zaporowo-upustowego wysokiego ciśnienia,
2. zespołu odwadniacza,
3. układu zaporowo-upustowego średniego ciśnienia,
4. awaryjnego ciągu redukcji ciśnienia,
5. układu filtrów (bądź filtroseparatorów),
6. układu pomiaru ilości i strumienia gazu,
7. układu podgrzewaczy i kotłowni,
8. układu redukcji ciśnienia,
9. nawanialni,
10. Aparatury kontrolno-pomiarowej (AKP) i telemetrii,
11. obudów — kontenerów dla części technologicznych,
12. fundamentów,
13. ogrodzenia,
14. elektrycznego,

oraz dodatkowo, po konsultacjach z Regionalnymi Oddziałami Przesyłu:

15. jako suplement 1. — koncepcja redukcji ciśnienia gazu bez podgrzewania (popularnie nazywana „zimną redukcją").

Na tym etapie zostały określone cele strategiczne projektu jako całości, etapy jego tworzenia oraz sposoby jego weryfikacji technicznej i ekonomicznej. W ujęciu syntetycznym cel projektu można sformułować jako dążenie do skrócenia czasu potrzebnego na wykonanie czynności eksploatacyjnych i napraw w sytuacjach awaryjnych oraz skrócenie czasu budowy nowych obiektów lub modernizacji obiektów istniejących przy jednoczesnym obniżeniu kosztów budowy, modernizacji i serwisu. W ramach projektu wyróżniono 4 etapy realizacyjne:

I. Konsultacje wstępne — polegające na zebraniu opinii ekspertów dotyczących realności osiągnięcia przez projekt założonych celów (etap wykonany).
II. Opracowanie projektu technicznego i jego weryfikacja (etap wykonany).
III. Pilotażowe wykonanie dwu stacji modułowych (etap w trakcie realizacji)
IV. Koncepcja administracji systemem budowy i eksploatacji stacji modułowych (etap wykonany).



Rys. 2. *Modułowa stacja gazowa*

Krótka charakterystyka modułów stacji

Przystępując do projektu stacji przyjęto następujące założenia techniczne:

- Przepustowość stacji: 300–10 000 m^3/h
- Ciśnienie wlotowe: 2,0–6,3 MPa
- Ciśnienie wylotowe: 0,3 MPa

Ponadto sformułowano następujące wymagania funkcjonalne:

- możliwość łatwej i szybkiej rozbudowy,
- możliwość wykorzystania demontowanych elementów — modułów,
- orurowanie powinno być umieszczone w ziemi i wykonane dla maksymalnej przepustowości, tj. 10 000 m^3/h.

Poszczególne moduły stacji zostaną krótko scharakteryzowane poniżej.

Moduł 1. Zespół zaporowo upustowy wysokiego ciśnienia

Zespół znajduje się na gazociągu wlotowym wysokiego ciśnienia. Zaprojektowano podziemny zespół zaporowo-upustowy o jednej średnicy nominalnej DN100 i ciśnieniu nominalnym PN63 dla wszystkich projektowanych stacji w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h. Przed zespołem zaporowo-upustowym przewidziano monoblok izolujący z iskiernikiem o średnicy DN100 PN63, który odizolowuje stację redukcyjno-pomiarową wraz z zamontowanymi na niej urządzeniami elektronicznymi od rurociągu na którym jest realizowana ochrona katodowa.

Moduł 2. Zespół odwadniacza

Zespół odwadniacza gazu DN40 PN63 z odwadniaczem gazu o pojemności 150 l, DN100 PN63 zaprojektowano jako jeden stały (uniwersalny) układ dla wszystkich projektowanych stacji w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h.

W przypadku przesyłania gazu suchego przez stację projektant obiektu może zdecydować o rezygnacji z montowania zespołu odwadniacza.

Zbiornik odwadniacza wykonany jest jako stalowa konstrukcja spawana, składająca się z płaszcza walcowego z obu stron zakończona dnem elipsoidalnym. W płaszcz zbiornika wspawane są dwa króćce DN100 do połączenia z rurociągiem i dwa króćce DN40 do odbioru kondensatu. Aby umożliwić spływ skroplin zbiornik odwadniacza montuje się w najniższym punkcie rurociągu. Jest on tak zaprojektowany, aby w wyniku zawirowania w nim wilgotnego gazu nastąpiło oddzielenie cząstek stałych oraz wody i zebranie ich w zbiorniku magazynowym.

Moduł 3. Zespół zaporowo upustowy średniego ciśnienia

Na gazociągu wylotowym średniego ciśnienia, zaprojektowano podziemny zespół zaporowo-upustowy o jednej średnicy nominalnej DN200 i ciśnieniu nominalnym PN16 dla wszystkich projektowanych stacji w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h. W razie zaprojektowania za zespołem zaporowo-upustowym rurociągu stalowego należy przewidzieć monoblok izolujący z iskiernikiem o średnicy DN200 PN16.

Moduł 4. Przewód awaryjny

W projektowanym module zakłada się, że przewód awaryjny nie będzie montowany na stałe na obiekcie. Na stałe zamontowane są tylko nadziemne kurki kulowe, wlotowy i wylotowy zaślepione kołnierzami. Kurek wlotowy o średnicy DN80 i ciśnieniu PN63 jest wpięty w gazociąg za zespołem odwadniacza, a przed baterią filtroseparatorów, natomiast kurek wylotowy o średnicy DN150 i ciśnieniu PN63 jest wpięty w gazociąg za zespołem zaporowo-upustowym średniego ciśnienia. Kurki te mają jednakową wielkość we wszystkich projektowanych stacjach modułowych w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h, a odległość pomiędzy nimi jest ściśle określona

Przyjęto założenie, że przewód awaryjny będzie się znajdował w firmie zajmującej się eksploatacją np. 1 przewód awaryjny na 10

stacji. Przy większych remontach stacji modułowych istnieje możliwość podłączenia stacji przewoźnej.

Moduł 5. Układ filtroseparatorów

Zaprojektowano jednakowy układ filtroseparatorów DN50 PN63 dla przepustowości od 300–10 000 m^3/h na gazociągu wlotowym, za odwadniaczem. Zadaniem układu jest oczyszczenie gazu z cząstek stałych o średnicy większej niż 5 µm, a przede wszystkim wytrącenie z gazu kondensatów. O wielkości układu (liczbie zastosowanych filtroseparatorów) decyduje projektant obiektu.

Przepustowość nominalna jednego filtroseparatora wynosi ok. 3 000 m^3/h, co daje możliwość rozbudowy o dodatkowe filtroseparatory tak, aby zapewnić najbardziej korzystne warunki pracy dla projektowanej stacji.

W module Układ filtroseparatorów projektant obiektu może zastosować następujące warianty:

1. Projektant uzgadnia, że nie ma potrzeby stosowania filtroseparatorów — moduł nie występuje na obiekcie.
2. W początkowym okresie pracy stacji nie ma potrzeby stosowania filtroseparatorów, lecz w przyszłości gaz będzie wstępnie oczyszczany, wtedy moduł jest zabudowany na obiekcie, a w miejsce filtroseparatorów są stosowane prostki DN50.
3. Istnieje konieczność wstępnego oczyszczania gazu — moduł jest zabudowany na obiekcie zgodnie z projektem. Projektant obiektu po wcześniejszej akceptacji inwestora decyduje o liczbie zastosowanych filtroseparatorów.

Moduł 6. Układ pomiarowy

Projekt stacji modułowych zakłada dwie możliwości zabudowy układu pomiarowego:

- układ pomiarowy zabudowany na wysokim ciśnieniu,
- układ pomiarowy zabudowany na średnim ciśnieniu.

Projektant danego obiektu gazowniczego, po dokonaniu obliczeń, kierując się dokładnością pomiaru oraz po konsultacjach z Inwestorem, będzie decydował o miejscu zabudowy układu pomiarowego

Układ pomiarowy na zabudowany na wysokim ciśnieniu

Układ pomiarowy zaprojektowano na gazociągu wlotowym, za układem filtroseparatorów. Zadaniem układu jest pomiar przepływającego gazu dla celów rozliczeniowych lub pomiarów bilansowych.

W celu bliższego wyjaśnienia strategii podejścia modułowego przyjrzyjmy się bliżej koncepcji układu pomiarowego. W projektowanym module, aby uzyskać założone i wymagane parametry w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h przewidziano dwa wymienialne podmoduły 6/A i 6/B (tablica 3). Niezależnie od wybranego podmodułu w części dopływowej, za kolektorem wlotowym, zainstalowano filtry w celu oczyszczenia gazu z cząstek stałych o średnicy do 5 µm.

Tablica 3.

Moduł	Moduł / Podmoduł	Przepustowość układu pomiarowego	Wielkość obudowy (długość x szerokość)
6	6/A	300÷5000 m^3/h	3894 × 2000
	6/B	5000÷10000 m^3/h	6484 × 2000

Tablica 4.

Podmoduł	Typ podmodułu	Przepustowość układu pomiarowego	Rodzaj układu pomiarowego	Średnica i wielkość gazomierza
6/A	6/A1	300÷1300 m^3/h	U1	DN50 G40
	6/A2	1300÷2000 m^3/h		DN50 G65
	6/A3	2000÷3300 m^3/h		DN80 G100
	6/A4	3300÷5000 m^3/h		DN80 G160

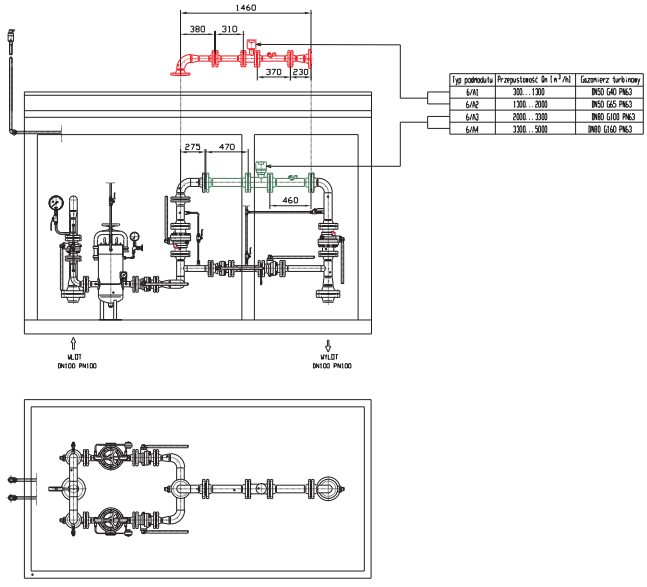
Tablica 5.

Podmoduł	Typ podmodułu	Przepustowość układu pomiarowego	Rodzaj układu pomiarowego	Średnica i wielkość gazomierza
6/B	6/B1	5000÷5150 m^3/h	U2	DN80 G160
	6/B2	5150÷8200 m^3/h		DN100 G250
	6/B3	8200÷10000 m^3/h		DN150 G400

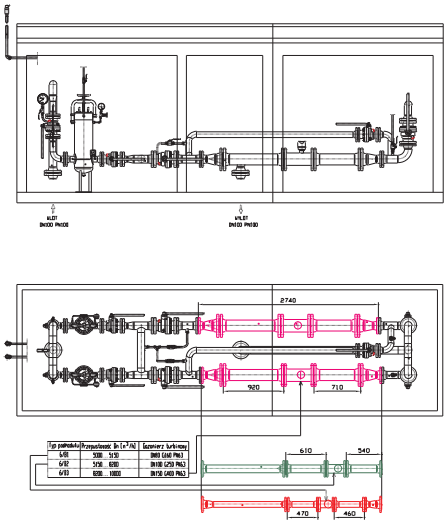
Dla obydwu podmodułów przyjęto jedną stałą średnicę wlotową i wylotową DN100 o ciśnieniu nominalnym PN100. Wlot i wylot znajdują się w stałych miejscach, co pozwala na wymianę układu na większy (w razie rozbudowy stacji pomiarowej i zwiększenia przepustowości), wymieniając podmoduł 6/A na 6/B. Podczas wymiany podmodułu 6/A na 6/B zwiększa się długości obudowy o 2500 mm. Rozbudowując istniejący fundament o 2500 mm uzyskujemy możliwość postawienia obudowy przystosowanej do zabudowy podmodułu 6/B. Szerokość obudów podmodułów jest taka sama i wynosi 2000 mm.

W podmodule 6/A (rys. 3) zastosowano układ pomiarowy U1 dla przepustowości 300–5 000 m^3/h. Dostosowując przepustowość układu do średnicy i wielkości gazomierza podzielono podmoduł na cztery typy: 6/A1, 6/A2, 6/A3 i 6/A4 (tablica 4).

O wyborze typu podmodułu decyduje projektant obiektu dobierając podmoduł zgodnie z powyższą tablicą. Wielkości i średnice



Rys. 3. *Podmoduł 6/A*



Rys. 4. *Podmoduł 6/B*

gazomierzy dobrano odpowiednio do przepustowości maksymalnej i minimalnej oraz ciśnienia minimalnego stacji.

W podmodule 6/B (rys. 4) zastosowano układ pomiarowy U2 dla przepustowości 5 000–10 000 m^3/h. W układzie pomiarowym U2 znajduje się jeden ciąg pomiarowy roboczy oraz jeden ciąg pomiarowy kontrolny. W przypadku konieczności wyłączenia z pracy ciągu roboczego ciąg pomiarowy kontrolny pełni funkcję ciągu pomiarowego rezerwowego. Dostosowując przepustowość układu do średnicy i wielkości gazomierza podzielono podmoduł na trzy typy: 6/B1, 6/B2 i 6/B3 (tablica 5). Zmieniając typ podmodułu wymienia się jedynie cały zestaw pomiarowy z gazomierzem turbinowym oraz odcinek wlotowy zamontowany bezpośrednio przed zestawem.

Podsumowując, moduł układu pomiarowego został zaprojektowany w taki sposób, aby rozmieszczenie wlotu i wylotu było niezmienne dla wszystkich podmodułów. Średnice wlotu i wylotu zostały dobrane do maksymalnej przepustowości, co zapewnia łatwość ewentualnej rozbudowy stacji. Wszystkie podmoduły są montowane na ramach.

Układ pomiarowy na zabudowany na średnim ciśnieniu

Układ pomiarowy średniego ciśnienia ma zastosowanie w przypadku eksploatacji gazociągów o ciśnieniu średnim podwyższonym np. stare gazociągi po gazie koksowniczym, gdzie ciśnienie maksymalne gazu nie przekracza 1,6 MPa. Zamiana ta jest podyktowana nie spełnieniem wymaganej dokładności pomiaru na wysokim ciśnieniu. Stosując układ pomiarowy na średnim ciśnieniu należy w Module 7. Układ regulacji, w miejsce przewidzianych podgrzewaczy gazu zastosować filtropodgrzewacze gazu.

Zastosowane filtorpodgrzewacze powinny posiadać parametry oraz wymiary takie, aby można je było zamontować bez konieczności przerabiania układów.

Tablica 6.

Moduł	Moduł / Podmoduł	Przepustowość układu pomiarowego	Wielkość obudowy (długość x szerokość)
6	6/A	300÷1550 m^3/h	3890 × 2000
	6/B	1550÷5000 m^3/h	4900 × 2000
	6/C	5000÷10000 m^3/h	7400 x 2000

Układ pomiarowy zaprojektowano na gazociągu wylotowym za układem regulacji ciśnienia. Aby uzyskać założone i wymagane parametry w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h przewidziano trzy wymienialne podmoduły A, B i C (tablica 6).

W podmodule A zastosowano układ pomiarowy U1 dla przepustowości 300–1 550 m^3/h. Dostosowując przepustowość układu do średnicy i wielkości gazomierza podzielono podmoduł na cztery typy: A1, A2, A3 i A4. (tablica 7). Dla projektowanego podmodułu zastosowano:

- zestaw pomiarowy zabudowany z obu stron kurkami kulowymi DN80 PN16 z gazomierzem turbinowym DN50÷DN100 PN16 (w zależności od przepustowości układu),
- przewód obejściowy DN65 z dwoma kurkami kulowymi DN65 PN16 oraz kurkami kulowymi DN15 PN16,
- kolektor wlotowy DN80/200,
- kolektor wylotowy DN80/200.

W podmodule B zastosowano układ pomiarowy U1 dla przepustowości 1 550–5 000 m^3/h. Dostosowując przepustowość układu do średnicy i wielkości gazomierza podzielono podmoduł na trzy typy: B1, B2, i B3 (tablica 8). Dla projektowanego podmodułu zastosowano:

Tablica 7.

Podmoduł	Typ podmodułu	Przepustowość układu pomiarowego	Rodzaj układu pomiarowego	Średnica i wielkość gazomierza
A	A1	300÷390 m^3/h	U1	DN50 G65
	A2	390÷630 m^3/h		DN80 G100
	A3	630÷980 m^3/h		DN80 G160
	A4	980÷1550 m^3/h		DN100 G250

Tablica 8.

Podmoduł	Typ podmodułu	Przepustowość układu pomiarowego	Rodzaj układu pomiarowego	Średnica i wielkość gazomierza
B	B1	1550÷ 2560 m^3/h	U1	DN150 G400
	B2	2560÷3940 m^3/h		DN150 G650
	B3	3940÷5000 m^3/h		DN200 G1000

Tablica 9.

Podmoduł	Typ podmodułu	Przepustowość układu pomiarowego	Rodzaj układu pomiarowego	Średnica i wielkość gazomierza
C	C1	5000÷6300 m^3/h	U2	DN200 G1000
	C2	6300÷9850 m^3/h		DN250 G1600
	C3	9850÷10000 m^3/h		DN300 G2500

- zestaw pomiarowy zabudowany z obu stron kurkami kulowymi DN150 PN16 z gazomierzem turbinowym DN150–DN200 PN16 (w zależności od przepustowości układu),
- przewód obejściowy DN150 z dwoma kurkami kulowymi DN150 PN16 oraz kurkami kulowymi DN25 PN16,
- kolektor wlotowy DN150/200,
- kolektor wylotowy DN150/200.

W podmodule C zastosowano układ pomiarowy U2 dla przepustowości 5 000–10 000 m^3/h. W układzie pomiarowym U2 znajduje się jeden ciąg pomiarowy roboczy oraz jeden ciąg pomiarowy kontrolny. W przypadku konieczności wyłączenia z pracy ciągu roboczego ciąg pomiarowy kontrolny pełni funkcję ciągu pomiarowego rezerwowego. Dostosowując przepustowość układu do średnicy i wielkości gazomierza podzielono podmoduł na trzy typy: C1, C2 i C3 (tablica 9). Dla projektowanego podmodułu zastosowano:

- zestaw pomiarowy zabudowany z obu stron kurkami kulowymi DN200 PN16 z gazomierzem turbinowym DN200–DN300 (w zależności od przepustowości układu),
- przewód obejściowy DN200 z kurkiem kulowym DN200 PN16 oraz kurkami kulowymi DN25 PN16,
- kolektor wlotowy DN200,
- kolektor wylotowy DN200.

Moduł 7. Układ regulacji ciśnienia

W celu uzyskania założonych i wymaganych parametrów w zakresie przepustowości od 300–10 000 m^3/h, w sposób analogiczny jak w przypadku układu pomiarowego, przewidziano trzy wymienialne podmoduły układu regulacji ciśnienia (tablica 10).

Dla wszystkich układów regulacji ciśnienia przyjęto jedną stałą średnicę wlotową DN100 o ciśnieniu nominalnym PN63 i jedną stałą średnicę wylotową DN200 o ciśnieniu nominalnym PN16. Wlot DN100 i wylot DN200 są w stałych miejscach, co pozwala na wymianę układu regulacji na większy (w razie rozbudowy stacji redukcyjnej i zwiększenia przepustowości) w ramach tej samej obudowy wymieniając podmoduł A na B. Wymieniając podmoduł A lub B na C zwiększa się długość obudowy o 1470 mm. Szerokość obudów dla wszystkich układów regulacji ciśnienia jest taka sama i wynosi 2000 mm.

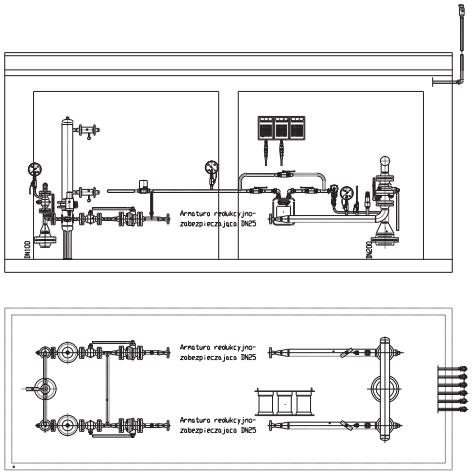
Układy regulacji ciśnienia wyposażone są w dwa ciągi redukcyjne z regulacją automatyczną, każdy o przepustowości maksymalnej podanej w tablicy dla każdego podmodułu. Jeden z ciągów redukcyjnych pracuje jako ciąg główny, a drugi jako ciąg rezerwowy przejmujący pracę w przypadku zamknięcia przepływu w ciągu głównym lub spadku ciśnienia gazu po redukcji do wartości nastawy na ciągu rezerwowym. Urządzenia i orurowanie w części wejściowej układu regulacji ciśnienia wraz z ciągami redukcyjnymi, aż do pierwszej armatury odcinającej zamontowanej po urządzeniach redukcyjnych, posiadają wytrzymałość na ciśnienie nominalne jak urządzenia zamontowane w części wlotowej.

Każdy ciąg redukcyjny układu regulacji ciśnienia będzie wyposażony w:

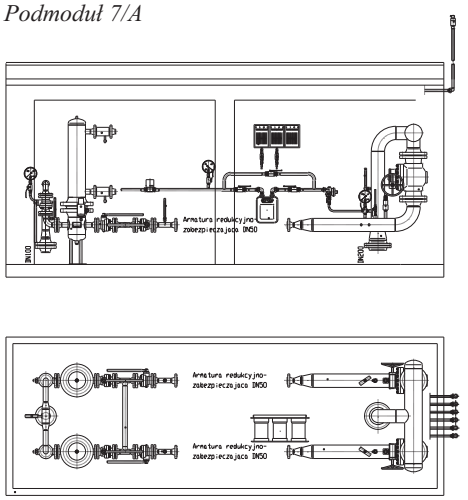
- kurek kulowy na wlocie,
- baterię podgrzewaczy,
- zawór szybko zamykający,
- drugi zawór szybko zamykający lub reduktor monitor,
- reduktor roboczy,
- wydmuchowy zawór upustowy (opcjonalnie),
- kurek kulowy na wylocie,

Tablica 10.

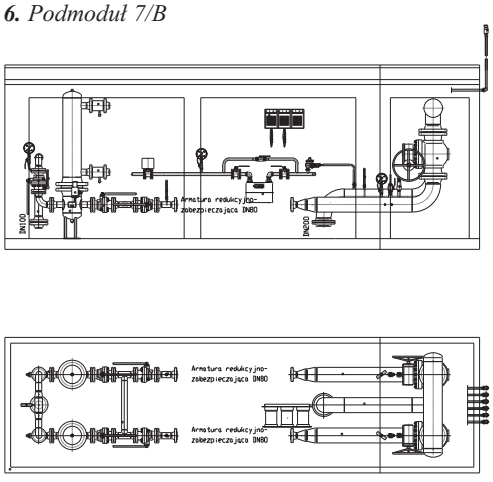
Nr modułu/typ ukł. pom./podmodułu	Przepustowość ukł. regulacji ciśn.	Wielkość obudowy (długość x szerokość)
7 / I / A	300÷1600 m^3/h	5530 x 2000
7 / I / B	1600÷5000 m^3/h	
7 / II / C	5000÷10000 m^3/h	7000 x 2000



Rys. 5. *Podmoduł 7/A*



Rys. 6. *Podmoduł 7/B*



Rys. 7. *Podmoduł 7/C*

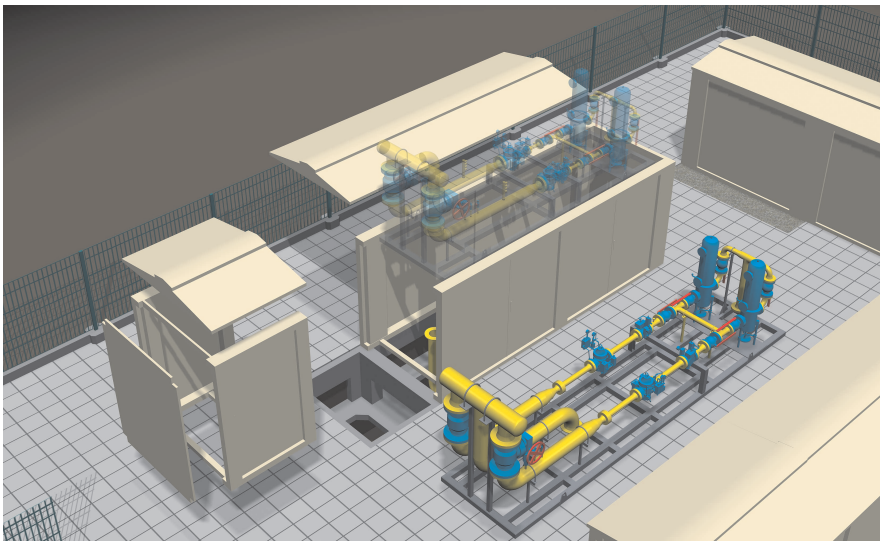
- aparaturę kontrolno-pomiarową

Schemat układów regulacji ciśnienia przedstawiono na rys. 5–7.

Moduł 8. Kotłownia

Aby zapobiec oszronieniu, a nawet zamarznięciu urządzeń redukcyjnych lub pilotów sterujących, na wlocie przed redukcją ciśnienia, zabudowano baterię podgrzewaczy gazu wspólną dla ciągu głównego i rezerwowego, która będzie podgrzewała gaz do temperatury 4–7°C po redukcji. Podgrzewacze gazu będą przystosowane do pracy w systemie grzewczym zamkniętym wspomaganym pompą obiegową umieszczoną wraz z kotłami w pomieszczeniu kotłowni.

Jako źródło ciepła zastosowanie mają kotły wodne niskotemperaturowe opalane gazem, umieszczone w oddzielnym kontenerze kotłowni. Dla odpowiednich podmodułów stacji redukcyjnych przewidziano dwie wolnostojące kotłownie, różniące się mocą cieplną oraz wymiarami kontenerów. Rozwiązanie to przedstaiono w tablicy 11.



Rys. 8. *Przykład wymiany modułów (podmodułu 7/B na 7C)*

Tablica 11.

Przepustowość podmodułu układu regulacji ciśnienia (m^3/h)	Podmoduł kotłowni	Moc cieplna kotłowni (kW)	Wymiary gabarytowe kontenera kotłowni dł. × szer. (mm)
300÷1600	8/A	85	3000 × 2000
1600÷5000			
5000÷10000	8/B	170	3000 × 2600

Do całkowitego pokrycia mocy cieplnej użyto dwóch kotłów podstawowego i rezerwowego o różnej mocy cieplnej, zasilających układ podgrzewaczy gazu zainstalowany w stacji redukcyjnej.

Uwzględniając szeroką ofertę produkowanych kotłów gazowych, dopuszcza się niewielkie zmiany mocy cieplnej kotłów gazowych, pod warunkiem zachowania minimum wynikającego z obliczeń cieplnych.

Aby uchronić urządzenia redukcyjne przed zamarznięciem w trakcie pracy stacji redukcyjnej bez podgrzewania gazu, przewidziano możliwość pracy kotłowni przy zaniku napięcia w sieci elektrycznej. W tym celu wykorzystano kocioł rezerwowy, który może pracować bez użycia energii elektrycznej i posiada niższą moc cieplną od podstawowego. Zakładając takie rozwiązanie należy przewidzieć dwa warianty pracy kotłowni:

- wariant normalny (z zasilaniem w energię elektryczną) - polega na pracy kotła podstawowego, który może być okresowo wspomagany przez rezerwowy w zależności od chwilowego zapotrzebowania na ciepło, lub zastąpiony przez rezerwowy w przypadku zakłóceń pracy lub awarii. Podczas takiej pracy obieg czynnika grzewczego wymusza pompa obiegowa, a pompa mieszająca służy do zabezpieczenia kotłów przed zbyt niską temperaturą czynnika grzewczego powracającego z podgrzewaczy gazu. Pracę kotłów i pomp nadzoruje sterownik elektroniczny, w oparciu o temperaturę gazu po jego redukcji oraz zadane parametry pracy.
- wariant awaryjny (zanik napięcia) - w przypadku zaniku napięcia pracuje tylko kocioł rezerwowy w obiegu grawitacyjnym, utrzymując zadaną temperaturę czynnika grzewczego na zasilaniu podgrzewaczy gazu. Przy powrocie napięcia w sieci elektrycznej układ samoczynnie podejmuje i realizuje funkcje pracy trybu normalnego.

Moduł 9. Nawanialnia

Nawanialnia wtryskowa powinna być tak dobrana, aby zapewnić przy maksymalnym przepływie gazu wymagane stężenie środka nawaniającego w zakresie 10–100 mg/m^3. Nawanialnia powinna być adaptowalna do środka nawaniającego bez siarki. Sterownik nawanialni powinien dozować nawaniacz proporcjonalnie do przepływającej ilości gazu. Zbiornik do nawanialni wtryskowej powinien zostać tak dobrany, aby częstotliwość napełnień nie była uciążliwa dla obsługi.

Maksymalne ciśnienie pompy dozującej powinno być wyższe niż ciśnienie robocze gazu w miejscu, w którym zostaje wprowadzony środek nawaniający. Dla wszystkich projektowanych stacji modułowych w zakresie przepustowości od 30–10 000 m^3/h maksymalne ciśnienie robocze wynosi 0,5 MPa a średnica gazociągu, w który jest wprowadzany środek nawaniający jest stała i wynosi DN200.

Moduł 10. AKP i telemetria

W projektowanym module AKP i telemetrii przewiduję się wykonanie dwóch podmodułów różniących się elementem transmisji danych tj.:

- podmoduł 10A — transmisja danych drogą radiową,
- podmoduł 10B — transmisja danych drogą telefoniczną.

W projekcie nie przewiduje się oddzielnych opracowań w zależności od przepustowości stacji gazowej. Opracowane AKP jest wersją zakładającą maksymalne wyposażenie w przetworniki pomiarowe jak i sygnalizacje. W projektowanej stacji przewidziano realizację następujących pomiarów i sygnalizacji:

- zdalny pomiar napięcia ochrony katodowej na wlocie i wylocie stacji,
- zdalny pomiar ciśnienia, temperatury i przepływu gazu na ciągach pomiarowych,
- zdalny pomiar ciśnienia gazu na wylocie ze stacji,
- zdalny pomiar temperatury otoczenia,
- sygnalizacja zadziałania zaworów szybkozamykających,
- sygnalizacja zadziałania zaworów wydmuchowych,
- sygnalizacja zanieczyszczenia filtroseparatorów,
- sygnalizacja zanieczyszczenia filtrów,
- sygnalizacja otwarcia drzwi do pomieszczeń stacji,
- sygnalizacja zaniku napięcia w sieci zasilającej,
- sygnalizacja spadku temperatury w pomieszczeniu AKP,
- sygnalizacja nieszczelności w pomiarowini, reduktorowni i kotłowni,
- sygnalizacja pracy nawanialni gazu,
- sygnalizacja pracy kotła,
- miejscowe pomiary z rejestracją mechaniczną ciśnienia i temperatury gazu na wlocie i wylocie stacji,
- miejscowe pomiary ciśnienia i temperatury na wlocie i wylocie ze stacji, ciągach pomiarowych i redukcyjnych oraz filtrach,
- miejscowe pomiary na zespole zaporowo-upustowym wysokiego ciśnienia,
- miejscowy pomiar ciśnienia na zespole zaporowo-upustowym średniego ciśnienia.

Projekt branży aparatura kontrolno — pomiarowa i sterująca przewiduje elektryczny system pomiarów i automatyki z zastosowaniem elektronicznych przeliczników objętości oraz sterownika programowalnego (PLC).

Projektowany układ transmisji danych umożliwia zdalny monitoring stanu obiektu w trybie automatycznego odpytywania przez system nadzoru i sterowania. Niezależnie możliwe jest odpytanie stacji na żądanie operatora systemu (dostępne są dane chwilowe odzwierciedlające stan obiektu oraz dane archiwalne przeliczników objętości, dające obraz zmian parametrów układów pomiarowych w czasie).

Zaprojektowany system komunikacji pomiędzy urządzeniami oraz zastosowanie sterownika PLC umożliwia w stanach awaryjnych, zainicjowanie połączenia z wybraną stacją operatorską systemu SCADA i przekazanie aktualnego stanu obiektu.

Komunikacja pomiędzy sterownikiem PLC, przelicznikami przepływu, sterownikiem kotłów oraz rediomodemem bądź modemem telefonicznym została zaprojektowana z zastosowaniem magistrali RS485.

Moduł 11. Obudowy

Projekt nie zawiera szczegółowych rozwiązań technicznych wykonania kontenerów stacji, a jedynie główne założenia i wytyczne, które powinny być przestrzegane przez producentów obudów.

Podstawowym założeniem projektu modułowego jest standaryzacja poszczególnych pomieszczeń (kontenerów) stacji (reduktorownia, pomiarownia, kotłownia, nawanialnia i AKP) dotycząca gabarytów i architektury.

W projektowanym module przewiduje się zastosować lekkie obudowy kontenerowe osobne dla każdego pomieszczenia stacji dające możliwość:

- prostej rozbudowy stacji redukcyjnej i pomiarowej,
- zastosowania jednakowych rozwiązań konstrukcyjnych dla obniżenia kosztów wytworzenia,
- wymiany modułów technologicznych stacji poprzez zastosowanie rozłącznego dachu,
- zastosowania materiałów dających gwarancję niezawodności i obniżenia kosztów eksploatacji.

Moduł 12. Fundamenty

Założono dwie możliwości wykonania fundamentów: fundamenty gotowe prefabrykowane u producenta lub fundamenty murowane z bloczków na budowie. Zaletą jednej i drugiej metody w stosunku do fundamentów wylewanych na budowie jest znaczne skrócenie czasu, od momentu wykonania fundamentów, do czasu posadowienia kontenera.

W przypadku fundamentów prefabrykowanych uzyskujemy kolejną zaletę związaną z możliwością budowy stacji podczas niekorzystnych warunków atmosferycznych takich jak np. niskie temperatury.

Przy rozbudowie stacji związanej ze zmianą kontenerów reduktorowni, pomiarowni bądź kotłowni fundamenty zostają domurowywane bądź dostawiane do fundamentów istniejących.

Moduł 13. Ogrodzenie

W projektowanych stacjach modułowych przewiduje się wykonanie ogrodzenia panelowego ze standardowych elementów spełniających wymagania zawarte w projekcie technicznym stacji modułowej. Przęsło ogrodzenia staci jest konstrukcją kratową, ażurowa, o wysokości 1750 mm i długości 2500 mm. Słupki są mocowane w monolitycznym fundamencie z betonu B-15 i posiadają zabezpieczenie przed demontażem przęseł przez osoby postronne. Połączenia przęsła i słupka są skręcane, dzięki czemu istnieje możliwość demontażu i ewentualnego przestawienia ogrodzenia.

Moduł 14. Część elektryczna

Projektowany moduł przewiduje się wykorzystać dla całego zakresu przepustowości stacji budowanych systemem modułowym tj. 300–10 000 m^3/h.

W skład niniejszego modułu wchodzą:

- złącze kablowo — pomiarowe,
- wewnętrzna kablowa linia zalicznikowa,
- oświetlenie terenu stacji,
- instalacja zasilająca AKP i telemetrię,
- oświetlenie pomieszczenia AKP,
- ogrzewanie pomieszczeń AKP i nawanialni,
- uziomy technologiczne i odgromowe,
- punkty pomiarowe ochrony katodowej.

Suplement 1. Moduł 15. Układ regulacji ciśnienia bez podgrzewania gazu

Suplement dotyczy prowadzenia redukcji ciśnienia gazu bez podgrzewania gazu przed reduktorami. Jest to rozwiązanie atrakcyjne ze względu na zmniejszenie nakładów inwestycyjnych przy budowie stacji gazowej poprzez rezygnację z: podgrzewaczy gazu, kotłowni gazowej, układu zasilania kotłowni w gaz.

Wyeliminowanie powyższych układów powoduje równocześnie zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych związanych z obsługą:

- podgrzewaczy gazu i odbiorami Urzędu Dozoru Technicznego,
- kotłowni gazowej,
- braku zasilania kotłowni w energię elektryczną,
- braku zużycia gazu na potrzeby kotłowni gazowej.

Wybierając budowę stacji gazowej w systemie modułowym z układem regulacji ciśnienia bez podgrzewania gazu rezygnujemy z za-

stosowania Modułu 7. Układ regulacji ciśnienia i Modułu 8. Kotłownia.

Prace nad wdrożeniem

Podczas konsultacji i przygotowań do budowy stacji pilotażowych okazało się, że w skali całego kraju 454 stacje gazowe pracują w warunkach braku stałego przyłącza energii elektrycznej, w tym 191 posiada zasilanie bateryjne pozwalające realizować w minimalnym stopniu przekaz danych z AKP. Oznacza to, że 263 stacje pracuje pozbawione w sposób ciągły zasilania w energię elektryczną (kontakt z tymi stacjami odbywa się jedynie podczas przeglądów okresowych).

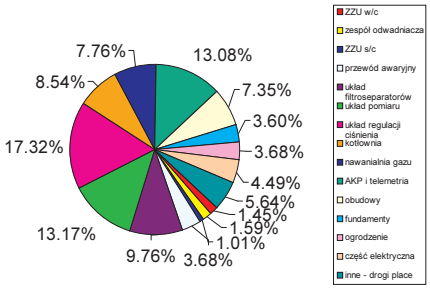
Fakt ten pozostaje w zdecydowanej sprzeczności z potrzebami Inwestora, który chce dziś szczegółowo znać parametry pracy stacji gazowych, a jutro mieć realną możliwość zdalnego sterowania pracą stacji. Ten stan sprawności technicznej infrastruktury przesyłowej można osiągnąć jedynie w przypadku zaspokojenia pełnych potrzeb energetycznych wszystkich części i podzespołów (modułów) stacji gazowych. Odpowiedzią na to wyzwanie są trwające przygotowania do wdrożenia projektu zasilania stacji pozbawionych dotąd energii elektrycznej w energię elektryczną pochodzącą z alternatywnych źródeł (w tym głównie gazu).

Analiza ekononomiczna projektu

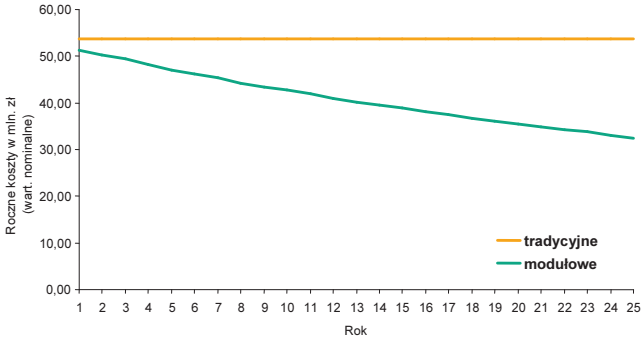
Celem analizy ekonomicznej budowy stacji gazowych systemem modułowym było określenie skutków finansowych, jakie powsta-

Tablica 13. *Udział poszczególnych elementów (modułów) w kosztach budowy całego obiektu*

Lp	MODUŁ	UDZIAŁ PROCENTOWY MODUŁU	UDZIAŁ PROCENTOWY MATERIAŁÓW	UDZIAŁ PROCENTOWY ROBOCIZNY
1	ZZU w/c	1,45%	1,23%	0,22%
2	Zespół odwadniacza	1,59%	1,27%	0,33%
3	ZZU s/c	1,01%	0,78%	0,22%
4	Przewód awaryjny	3,68%	3,02%	0,65%
5	Układ filtroseparatorów	9,76%	7,80%	1,95%
6	Układ pomiarowy	13,17%	11,03%	2,14%
7	Układ regulacji ciśnienia	17,32%	15,12%	2,21%
8	Kotłownia	8,54%	7,44%	1,10%
9	Nawaniania gazu	7,76%	7,19%	0,57%
10	AKP i telemetria	13,08%	10,62%	2,45%
11	Obudowy	7,35%	6,95%	0,41%
12	Fundamenty	3,60%	1,89%	1,71%
13	Ogrodzenie	3,68%	2,04%	1,63%
14	Część elektryczna	4,49%	3,39%	1,10%
15	Inne – drogi, place	5,64%	3,37%	2,27%



Rys. 9. *Udział poszczególnych elementów (modułów) w kosztach budowy całego obiektu*



Rys. 10. *Wielkość inwestycji związanych ze stacjami gazowymi dla porównywanych technologii*

ną przy zmianie procesu budowy stacji gazowych z systemu tradycyjnego, na system modułowy. Na wstępie określono udział kosztów budowy poszczególnych elementów (modułów) w kosztach budowy całego obiektu (stacji gazowej). Wyniki analizy przedstawiono w tablicy 13 i na rys. 9.

Z powyższego zestawienia wynika, że moduły stacji gazowej mające zasadniczy wpływ na cenę to układ redukcji, układ pomiaru oraz AKP i telemetria. Moduły mające drugorzędny wpływ na cenę to: bateria filtroseparatorów, kotłownia, nawanialnia gazu oraz obudowy. Pozostałe moduły w zasadzie mają już niewielki wpływ na cenę w porównaniu z ww. modułami.

Następnie szacowano korzyści wynikające ze zmiany technologii budowy stacji gazowych z tradycyjnej na modułową. Porównywane były dwa scenariusze:

1. Pozostanie przy dotychczasowym sposobie budowy stacji gazowych.
2. Realizacja inwestycji związanych ze stacjami gazowymi zgodnie z założeniami rozważanego projektu.

W analizie przyjęto następujące założenia:

- rozważania ograniczono do nowych stacji i stacji wymagających gruntownych remontów i modernizacji,
- przeyjęto stały poziom inwestycji - na podstawie roku obecnego,
- pominięto różnice w kosztach eksploatacji.

Badając wpływ poszczególnych czynników na koszty inwestycyjne wzięto pod uwagę korzyści wynikające z modułowości rozwiązania: standaryzację projektu technicznego i komponentów stacji gazowych, możliwość ponownego wykorzystania elementów wycofanych z innych stacji gazowych. Wyniki porównania przedstawiono na rys. 10.

Przyjmując koszt przygotowania i wdrożenia projektu modułowej stacji gazowej na poziomie 250 tys. zł uzyskano wartości NPV inwestycji po 10 i 25 latach wynoszące odpowiednio 44 i 104 mln zł.

Analizując silne i słabe strony projektu modułowej stacji gazowej wskazano następujące możliwości:

- poprawy efektywności ekonomicznej inwestycji,
- skrócenia czasu reakcji w razie awarii,
- skrócenia czasu budowy obiektu,
- powtarzalności rozwiązań,

Projekt stwarza możliwość potencjalnego wzrostu inwestycji w zakresie stacji gazowych. Identyfikując zagrożenia wskazano na:

- możliwość objęcia projektem stacji, które mogłyby jeszcze długo funkcjonować bez istotnych nakładów,
- brak długoterminowych planów inwestycyjnych dotyczących stacji gazowych,

- początkową, naturalną niechęć do wdrażania nowych rozwiązań i to od razu na dużą skalę.

W celu zniwelowania słabych stron projektu oraz uniknięcia zagrożeń należy prowadzić ocenę opłacalności zmiany technologii dla poszczególnych stacji, wdrożyć proces planowania długoterminowego inwestycji dla stacji gazowych oraz intensyfikować komunikację i szkolenia w początkowym okresie funkcjonowania nowych rozwiązań.

Wnioski

Intencją autorów było zaprezentowanie koncepcji modułowej stacji gazowej oraz aktualnego stanu zaawansowania prac nad tym projektem.

Modułowa metoda budowy złożonych urządzeń technicznych znana jest od wielu lat. W przypadku obiektów takich jak stacje gazowe, przykładem mogą być tutaj doświadczenia wynikające ze stosowania podziemnych modułów redukcyjnych, których powszechne stosowanie na terenach zurbanizowanych w krajach Europy Zachodniej pozwoliło m.in. na znaczne zmniejszenie kosztów serwisowania oraz ułatwiło działania w sytuacjach awaryjnych.

Zastosowanie metody modułowej ma szereg zalet, do których należą przede wszystkim obniżenie kosztów projektowania i wytwarzania poszczególnych elementów stacji. Kosztem, jaki ponosi się przy modułowym podejściu do projektowania i budowy obiektów jest jednak mniejsza skala integracji stosowanych urządzeń oraz częste „przewymiarowanie" przepustowości modułów w stosunku do potrzeb konkretnej inwestycji. Mając na uwadze ww. wadę zaproponowano typoszeregi podmodułów, pozwalających dostosować przepustowość podstawowych elementów technologicznych stacji, jakimi są m.in. ciągi redukcyjne oraz pomiarowe, odpowiednio do potrzeb konkretnych realizacji.

Przeprowadzone analizy wskazują, iż modułowość stacji gazowych ma wiele zalet zarówno ze względu na niższe nakłady inwestycyjne, jak i koszty eksploatacyjne, oraz prostotę eksploatacji. Obszerność problematyki związanej z tym tematem spowodowała, że pominięto szczegółowe opisy budowy i zasady działania poszczególnych modułów stacji, które będą dostępne w aktualnie opracowywanej Normie Zakładowej PGNiG pod nazwą „Budowa stacji gazowych w systemie modułowym"