

**PODRĘCZNIK RATOWNICTWA DROGOWEGO**



**PIOTR GUZEWSKI  
ROMAN PAWŁOWSKI**

# **AUTO NA GAZ**



**INSTALACJE ZASILANIA  
SAMOCHODÓW  
CIEKŁYM GAZEM**

**TAKTYKA DZIAŁAŃ  
RATOWNICZYCH**

Wydano nakładem  
**SZKOŁY PODOFICERSKIEJ  
PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ  
w Opolu**

Opiniodawcy:  
bryg. mgr Józef Manderla  
ml. bryg. inż. Franciszek Golonka

Druk i oprawa:  
Drukarnia "SINDBAD"  
Wydanie I - nakład 3000 egz.

**ISBN 83-901905-2-4**



OPOLSKA OFICyna WYDAWNICZA

## SPIS TREŚCI

WSTĘP .....	5
1. Wymogi stawiane pojazdom zasilanym paliwem gazowym .....	9
2. Dane techniczne paliwa gazowego .....	11
3. Dane pożarowe paliwa gazowego .....	13
4. Elementy składowe i budowa instalacji gazowej .....	15
5. Zbiorniki na paliwo gazowe .....	17
6. Zachowanie się zbiorników w warunkach ekstremalnych .....	21
6.1 Przepelnienie .....	22
6.2 Wzrost temperatury zbiornika .....	24
6.3 Zgniecenie .....	26
7. Zagrożenia od samochodowych instalacji gazowych .....	29
8. Zachowanie się instalacji w warunkach pożaru .....	31
8.1 Warunki przeprowadzania testów .....	31
8.2 Wyniki testów .....	32
8.3 Podsumowanie testów .....	34
9. Zachowanie się butli w warunkach pożaru .....	35
9.1 Warunki przeprowadzania prób .....	36
Próba pierwsza .....	36
Próba druga .....	38
9.2 Wnioski .....	38
9.3 Podsumowanie prób .....	39
10. Taktyka działań ratowniczych .....	41
10.1 Rozpoznawanie samochodów wyposażonych w instalację gazową .....	41
10.2 Analiza zagrożeń - tok postępowania .....	44
10.2.1 Wyciek gazu .....	44
Tok postępowania .....	45
10.2.2 Pożar samochodu .....	45
Tok postępowania .....	47
Zbiornik z paliwem .....	49
Uwaga końcowa .....	49
10.3 Używanie sprzętu ratowniczego .....	50
10.4 Zabezpieczenie terenu akcji ratowniczej .....	51
LITERATURA .....	53
ZAŁĄCZNIK .....	55
WYKAZ RYSUNKÓW I TABEL .....	61

*W przedstawionym poniżej materiale autorzy omówili instalacje zasilania gazem samochodów wyposażonych w silniki benzynowe z gaźnikiem pod kątem prowadzenia działań ratowniczych w czasie wypadków i pożarów. Dokładnie i w wyczerpujący sposób opisano możliwe i najbardziej prawdopodobne zachowanie się wymienionych instalacji w warunkach ekstremalnych. Materiał przeznaczony jest dla dowódców w jednostkach ratowniczo-gaśniczych PSP prowadzących szkolenia na podległych zmianach służbowych.*

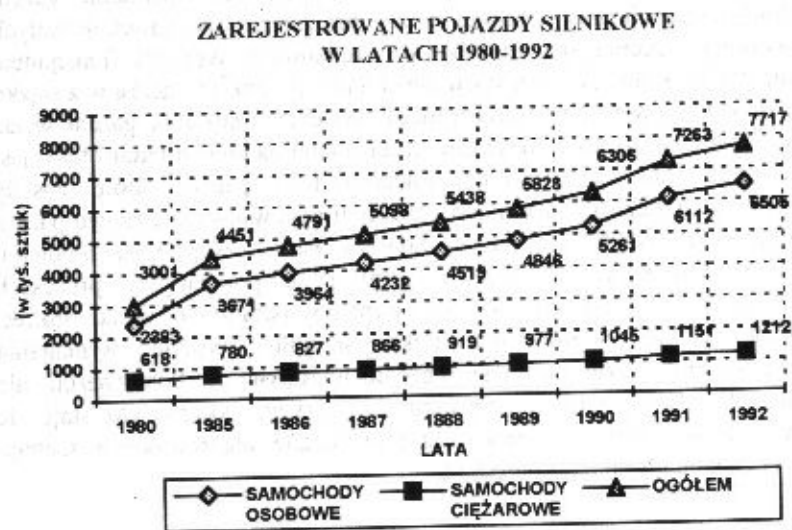
## Wstęp

W ostatnich latach pojawiły się na naszych drogach samochody z silnikami benzynowymi oraz z silnikami wysokoprężnymi zasilane nietypowym paliwem: mieszaniną propanu-butanu. Jeszcze rok, dwa lata temu niewiele było zarejestrowanych takich samochodów i problem był niezauważalny. Obecnie w dużych aglomeracjach miejskich w większości stacji benzynowych znajdują się również stanowiska napełniania gazem. Dokładna statystyka pojazdów wyposażonych w tego typu instalacje nie jest u nas prowadzona a dynamikę przyrostu użytkowników tych systemów można ocenić jedynie po ilości punktów oferujących napełnianie gazem zbiorników samochodów. Obecnie można już zatankować nawet w małych miasteczkach. Ocenia się, że tylko na środkowym wybrzeżu funkcjonuje obecnie około osiemdziesięciu stacji napełniania gazem. Ich liczba w związku z dynamicznym wzrostem użytkowników systemów zasilania gazem wciąż rośnie. Skąd tak duże zainteresowanie instalacjami na propan-butan? Otóż jest to spowodowane niewątpliwymi zaletami tego paliwa, które zostały potwierdzone w licznych badaniach. Poza tym wprowadzenie ciekłego paliwa gazowego było efektem prac naukowców nad rozwiązaniem problemu zagospodarowania dużych ilości gazu jakie powstają w procesach przeróbczych ropy naftowej. W tym wypadku odniesiono wielki sukces. Uzyskane ciekłe paliwo nie tylko spełniło wysokie wymagania prośrodowiskowe, jakie stawia się obecnie wszystkim źródłom energii, ale również okazało się tanie w stosunku do benzyny. Obecnie gaz staje się alternatywnym źródłem nie tylko dla samochodów ale również w szeregu innych działach gospodarki narodowej.

Na świecie propan-butan używany jest jako paliwo silnikowe już od ponad 50-ciu lat. Jednak dopiero w latach 70-tych nastąpił wzrost zainteresowania tym paliwem między innymi z tego powodu, że jest ono czystsze ekologicznie oraz blisko połowę tańsze od benzyny. Poziom zanieczyszczeń emitowanych w spalinach jest średnio 5-cio krotnie mniejszy niż w przypadku tradycyjnych paliw. Spaliny wolne są od takich trujących związków jak: tlenki ołowiu, tlenki siarki, aromatyczne węglowodory, benzen, benzopiryryna, a także nie wykazują obecności innych aromatycznych polimerów zawartych w zielonej benzynie, które charakteryzują się rakotwórczym oddziaływaniem. Inne zalety, o których należałoby wspomnieć to:

- elastyczenie i wyciszenie pracy silnika (*jest to szczególnie ważne w warunkach miejskich*);
- blisko trzykrotne wydłużenie czasu eksploatacji katalizatorów;
- zwiększenie niezależności z uwagi na alternatywne źródła zasilania (*instalacja gazowa współistnieje z instalacją tradycyjną*);
- brak jakiegokolwiek ujemnego wpływu gazu na silnik spalinowy; silnik nie wykazuje praktycznie żadnych śladów zużycia z uwagi na wysoką liczbę oktanową (*ok. 100*);
- nie wymagane jest dokonywanie przeróbek w silniku.

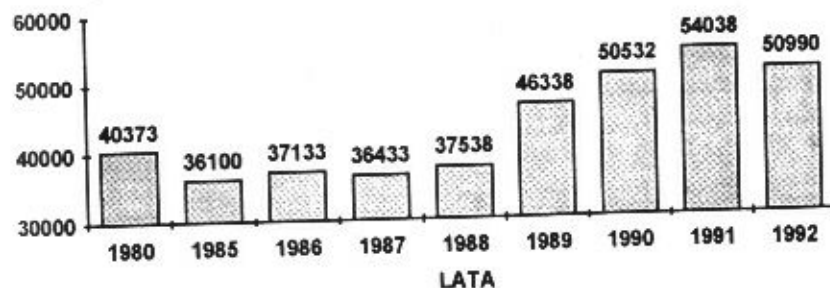
O samej instalacji i jej zaletach można by napisać jeszcze wiele, ale nie to jest główną treścią niniejszego materiału; więcej informacji nt. rozwoju instalacji gazowych w Polsce można znaleźć w Przeglądzie Technicznym nr 42/93, str.17.



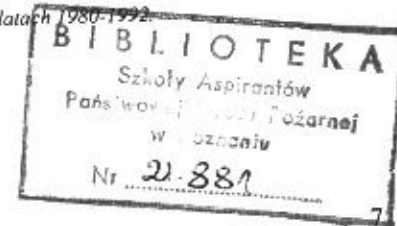
Rys.1. Zarejestrowane pojazdy silnikowe w latach 1980-1992 r.

Wzrost liczby samochodów, który w ostatnich latach spowodował ich podwojenie (Rys.1) wpłynął również na wzrost liczby odnotowywanych kolizji i wypadków drogowych (Rys.2). O ile jeszcze do niedawna przy pożarach samochodów musieliśmy uważać na zbiorniki z paliwem, to w chwili obecnej dodatkowo musimy umieć rozpoznawać samochód wyposażony w instalację gazową i musimy wiedzieć jak może się ona zachować w czasie pożaru samochodu. Informacje te pozwolą przeprowadzać akcje ratownicze z należytym poziomem bezpieczeństwa i po prostu pewniej. Poniżej zostanie przedstawiona charakterystyka paliwa gazowego używanego do silników spalinowych, ogólna budowa instalacji, rozmieszczenie poszczególnych elementów w samochodzie (*na przykładzie urzędów włoskiej firmy Lovato*), sposoby rozpoznawania samochodów wyposażonych w instalację gazową oraz przedstawione zostaną wyniki badań poligonowych zachowania się tych instalacji w warunkach pożaru przeprowadzone w Australii w Londonderry Occupational Safety Center. Na podstawie wymienionych materiałów opracowano z kolei taktykę działań ratowniczych uwzględniających wszystkie aspekty zagrożeń, które mogą wystąpić w czasie pożarów samochodów wyposażonych w instalacje zasilania gazem propan-butan.

### WYPADKI DROGOWE W LATACH 1980-1992



Rys.2. Wypadki drogowe w latach 1980-1992.



## 1. WYMOGI STAWIANE POJAZDOM ZASILANYM PALIWEM GAZOWYM

Szczegółowe wymagania jakie stawiane są pojazdom wyposażonym w instalację gazową zawarte są w załączniku nr 3 do Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 01.02.1993 roku w sprawie warunków technicznych i badań pojazdów (*Dziennik Ustaw nr 21, poz. 91 z marca 1993 roku*). Przedruk cytowanego załącznika do Rozporządzenia zawarty jest na końcu niniejszego materiału.

Rozporządzenie reguluje wymagania jakim powinny odpowiadać pojazdy wyposażone w instalacje zasilania silników gazem ziemnym i płynnym oraz wymagania jakie powinny spełniać same instalacje. Pojazd zasilany gazem powinien być wyposażony co najmniej w takie elementy jak: układ sygnalizacji minimalnego ciśnienia gazu w odniesieniu do gazu ziemnego; w układ sygnalizacji przełączenia na zasilanie gazowe oraz w gaśnicę, o ile w ogólnych wymaganiach dla danego pojazdu nie jest ona przewidziana. Natomiast instalacja zasilania gazem płynnym powinna posiadać wskaźnik poziomu gazu oddzielnie dla każdego zbiornika; zawór odcinający umieszczony możliwie najbliżej odparowywacza od strony zasilania oraz urządzenia uniemożliwiające przepływ gazu pomiędzy zbiornikami o zróżnicowanym ciśnieniu. Zamontowana instalacja nie może zmieniać parametrów eksploatacyjnych pojazdu określonych przez producenta a w szczególności dotyczy to całkowitej masy pojazdu, nacisków osi oraz położenia środka ciężkości. Instalacja nie może zakłócać zasilania podstawowego oraz powinna automatycznie odłączać zasilanie w przypadku zgaśnięcia silnika. Temperaturowy zakres pracy powinien zawierać się w przedziale  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Zbiorniki stosowane w instalacjach powinny spełniać wymagania określone w warunkach technicznych dozoru technicznego. W pojeździe powinny być zamontowane w sposób dający im maksymalną ochronę w przypadku zderzeń. Mocowanie zbiorników powinno zabezpieczać przed ich przemieszczeniem się przy działaniu przeciążeń w kierunku wzdłużnym  $20g$  oraz poprzecznym  $8g$  ( $g$  - przyspieszenie ziemskie). Zabronione jest montowanie zbiorników w przedziale silnikowym oraz w części przedniej pojazdu. Zbiorniki montowane w zamkniętych przestrzeniach, np. w bagażniku, muszą być umieszczone w szczelnej obudowie lub w takiej obudowie (w tzw. wydzielonej komorze) powinny być umieszczone ich zawory (wielozawór). Obudowy te powinny być wyposażone w przynajmniej dwa

otwory wentylacyjne połączone z atmosferą poza przestrzenią pojazdu. Wyloty otworów wentylacyjnych nie mogą znajdować się w bezpośredniej okolicy elementów układu wydechowego. Dopuszczalna odległość wynosi nie mniej niż 0,25m.

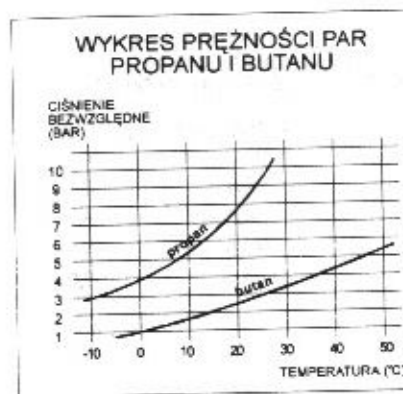
Pojazd zasilany gazem może być używany dopiero po uzyskaniu adnotacji w dowodzie rejestracyjnym o treści:

### "PRZYSTOSOWANY DO ZASILANIA GAZEM"

Takie zaświadczenie wystawiają uprawnione stacje kontroli pojazdów na podstawie przeprowadzonych badań oraz zaświadczeń o dostosowaniu pojazdu do zasilania gazem wydawanych przez producenta pojazdu lub uprawniony zakład, który dokonał tego dostosowania.

## 2. DANE TECHNICZNE PALIWA GAZOWEGO

Ciekły gaz używany jako paliwo silnikowe należy do grupy skroplonych gazów węglowodorowych (C3-C4) pozostających w zamkniętym zbiorniku pod ciśnieniem własnych par. Ponieważ zarówno propan jak i butan posiadają niską prężność par w temperaturach otoczenia (Rys.3) ciśnienie powstałe w zbiorniku kształtuje się w granicach kilku atmosfer (Rys.4).



Rys.3. Wykres prężności par propanu i butanu



Rys.4. Wykres prężności par mieszaniny propanu i butanu.

Podstawowymi składnikami gazów węglowodorowych są:

- propan, propylen - C3;
- butan, buteny oraz butadieny - C4;

oraz w mniejszych ilościach:

- metan - C1;
- etan etylen - C2;
- pentany, penteny, i wyższe - C5.

Gazy węglowodorowe płynne (C3-C4), otrzymywane są przez stabilizację gazoliny surowej, ropy naftowej lub przez przeróbkę gazów rafineryjnych pochodzących z procesów reformowania benzyn, krakingu, pirolizy i innych procesów przerobczych produktów naftowych.

Obecnie wytwarzane są trzy gatunki mieszanin ciekłych gazów, które mają różne przeznaczenie:

- mieszanina A - butan techniczny - przeznaczona jest do produkcji 1,3-butadienu oraz do napełniania butli turystycznych jednorazowego użytku;
- mieszanina B - propan-butan techniczny - przeznaczona jest do gazyfikacji bezprzewodowej i przewodowej, użytku domowego i turystycznego oraz do napędu silników spalinowych;
- mieszanina C - propan techniczny - przeznaczona jest do oświetlania sygnałów kolejowych, napędu silników spalinowych, cięcia metali, instalacji blokowych-zbiorowych, karburyzacji w okresie zimowym.

Skład chemiczny poszczególnych mieszanin przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Skład mieszanin propan-butan.

SKŁADNIKI MIESZANINY GAZOWEJ	RODZAJE MIESZANIN UDZIAŁ % POSZCZEGÓLNYCH SKŁADNIKÓW		
	MIESZANINA A	MIESZANINA B	MIESZANINA C
zawartość C1 nie więcej niż	-	0,1	0,1
zawartość C2 nie więcej niż	0,2	4,0	5,5
zawartość C3 nie więcej niż nie mniej niż	5,0 -	55,0 18,0	- 90,0
zawartość C4 nie więcej niż nie mniej niż	- 95,0	- 45,0	10,0 -
zawartość C5 nie więcej niż	1,0	1,0	nie zawiera

Źródło: PN-82/C-96000. Przetwory naftowe. Gazy węglowodorowe (płynne C3 - C4).

Prężność par gazu płynnego uzależniona jest nie tylko od temperatury ale także od procentowego udziału poszczególnych składników. W miarę opróżniania zbiornika następuje zmiana składu procentowego poszczególnych gazów. Zjawisko to może doprowadzić do zwiększenia zawartości mniej lotnego butanu co spowoduje okresowy zanik odparowywania (w niskich temperaturach rzędu  $-1^{\circ}\text{C}$ ) i zaprzestanie wypływu gazu ze zbiornika. Z tego względu skład procentowy mieszaniny propanu-butanu dobiera się z uwzględnieniem pory roku. W okresie letnim stosuje się mieszaninę po około 50% poszczególnych składników, natomiast w okresie zimowym - propanu 70% i butanu 30%.

### 3. DANE POŻAROWE PALIWA GAZOWEGO

Zarówno propan jak i butan są gazami tworzącymi mieszaniny wybuchowe w dolnym zakresie przedziału wybuchowości oraz w dość wąskim zakresie. Z uwagi na niską wartość DGW oraz szybkie odparowywanie skroplonego gazu w zamkniętych pomieszczeniach szybko osiągają dolną granicę przedziału wybuchowości. Dodatkowo należy pamiętać, że są to gazy dużo cięższe od powietrza i będą gromadziły się w dolnych partiach pomieszczeń oraz we wszelkiego rodzaju zagłębieniach (studzienki kanalizacyjne, kanały kablone, odstożniki, itp.). Dla butanu współczynnik K osiąga wartość 2,05, co oznacza, że gaz ten jest ponad dwukrotnie cięższy od powietrza. W tabeli 2 zestawiono wybrane parametry fizykochemiczne i pożarowe propanu i butanu.

Tab. 2. Wybrane parametry fizykochemiczne i pożarowe propanu i butanu

PARAMETR	JEDNOSTKA	PROPAN	BUTAN
Temperatura wrzenia	$^{\circ}\text{C}$	- 42,1	- 0,5
Gęstość gazu względem powietrza	-	1,56	2,05
Prężność par w temperaturze $20^{\circ}\text{C}$	atm	8,5	-
Temperatura krytyczna	$^{\circ}\text{C}$	96,8	152
Ciśnienie krytyczne	atm	42,0	37,5
Temperatura zapłonu	$^{\circ}\text{C}$	- 95,0	- 60
Temperatura samozapalenia	$^{\circ}\text{C}$	470	365
Dolna granica wybuchowości	%	2,1	1,6
Górna granica wybuchowości	%	13,5	8,5
Maksymalne ciśnienie wybuchu	atm	8,3	-

Źródło: Niebezpieczne materiały chemiczne... Rejestr IPO nr 017 i 048.

Charakterystyczną i przy tym bardzo niebezpieczną cechą propanu-butanu jest stosunkowo mała prędkość jego spalania się w strumieniu gazu. Oznacza to, że przy zbyt dużej prędkości wypływu może nastąpić oderwanie się płomienia i wyciek gazu do atmosfery, co spowoduje utworzenie strefy zagrożonej wybuchem. Ta cecha z punktu widzenia działań gaśniczych ułatwia z kolei ugaszenie płomienia gazu wypływającego ze zbiornika czy też przewodu ciśnieniowego.

Do zainicjowania wybuchu mieszaniny propanu-butanu z powietrzem potrzebna jest stosunkowo nieduża energia. Wystarczająca jest w tym przypadku np. energia powstała w czasie zaiskrzenia instalacji elektrycznej w samochodzie (a nawet latarki bateryjnej).

*Źródło: Instalacje i urządzenia na gaz płynny. Jerzy Sitkiewicz. CRZZ 1976.*

GAZ	PRĘDKOŚĆ SPALANIA W CM/S	
	z powietrzem	z tlenem
PROPAN	32	450
BUTAN	32	370
ACETYLEN	130	1310

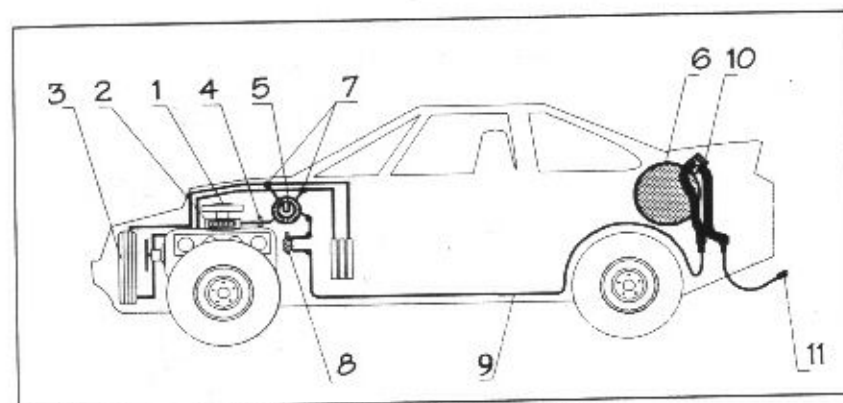
*Tab.3. Prędkość spalania się gazu w płomieniu.*

Przy niskiej temperaturze zapłonu i niskich stężeniach wybuchowych daje to obraz wysokiego zagrożenia jakie niesie ze sobą niekontrolowana emisja tego gazu.



## 4. ELEMENTY SKŁADOWE I BUDOWA INSTALACJI GAZOWEJ

Przykładową instalację gazową w samochodzie osobowym przedstawiono na rysunku 5 i 6. Ciekły gaz przepływa ze zbiornika 6 przez wielozawór 10 do reduktora-odparowywacza 5 przewodem ciśnieniowym 9 biegnącym pod podwoziem samochodu. Natężenie przepływu regulowane jest przez zawór elektromagnetyczny 8, który zamknięty jest w czasie pracy silnika na benzynę. W reduktorze odparowywacza, będącym sercem instalacji, następuje przygotowanie gazu do spalania - gaz przechodzi z fazy ciekłej w fazę lotną po czym przez regulator maksymalnego przepływu 4 dostaje się do umieszczonego na dolocie do gaźnika miksera 2. Energia potrzebna do tej przemiana-



*Rys.5. Rozmieszczenie elementów instalacji gazowej w samochodzie.*

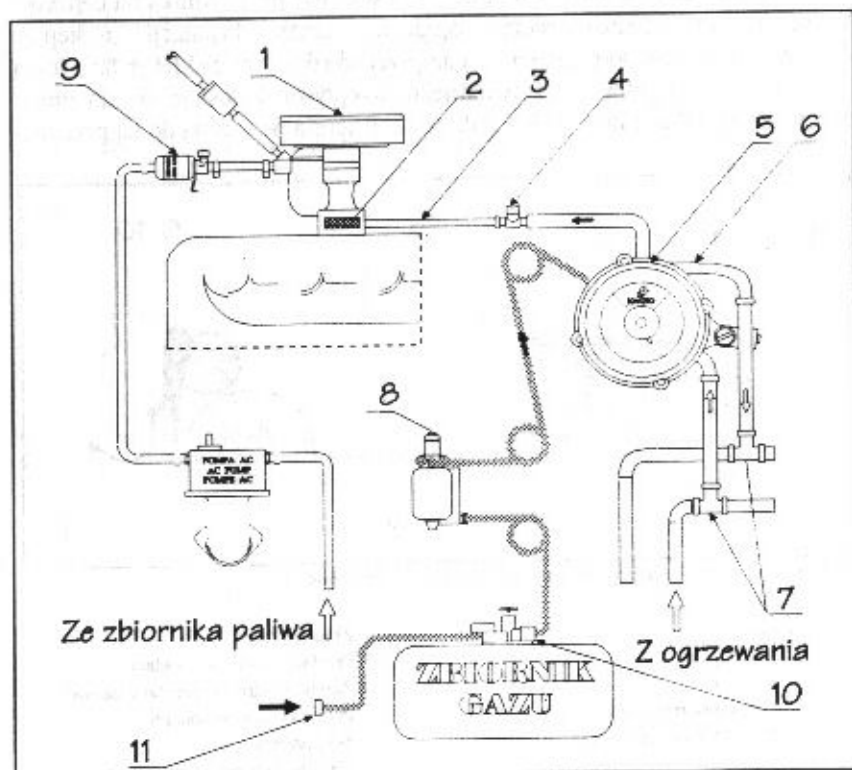
- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Gaźnik                           | 6. Zbiornik gazu                   |
| 2. Mikser                           | 7. Przylączy do wody z układu      |
| 3. Chłodnica                        | 8. Zawór elektromagnetyczny gazowy |
| 4. Regulator największego przepływu | 9. Przewód gazu wysokopiętny       |
| 5. Reduktor-odparowywacz            | 10. Wielozawór                     |
|                                     | 11. Nasada do napełniania gazem    |

ny - gazyfikacji - pochodzi od gorącej wody z układu chłodzenia silnika. W gaźniku następuje proporcjonalne wymieszanie z powietrzem i zassanie do silnika. Uruchomienie zasilania gazowego odbywa się w czasie jazdy przełącznikiem na tablicy rozdzielczej instalacji, który powoduje zamknięcie zaworu elektromagnetycznego etyliny 9 oraz otwarcie elektrozaworu gazu 8.



Po zamknięciu dopływu etyliny musi nastąpić całkowite spalanie resztek benzyny w gaźniku i wówczas po kilku sekundach można otworzyć dopływ gazu.

Ze wszystkich wymienionych powyżej elementów instalacji najbardziej kontrowersyjny jest zbiornik na ciekły gaz. To od jego zachowania się w warunkach pożaru zależy bezpieczeństwo ratowników wykonujących zadania na terenie akcji ratowniczej. Stąd też główna uwaga prowadzących badania była skierowana na ten element instalacji. Zanim przejdziemy do prezentacji wyników badań parę słów poświęcimy budowie samego zbiornika.



Rys.6. Schemat zbiorczy instalacji gazowej w samochodzie z gaźnikiem.

- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Gaźnik                           | 6. Przewód wodny                      |
| 2. Mikser                           | 7. Przyłącza do wody z układu         |
| 3. Wejście gazu                     | 8. Zawór elektromagnetyczny gazowy    |
| 4. Regulator największego przepływu | 9. Zawór elektromagnetyczny benzynowy |
| 5. Reduktor - odparowywacz          | 10. Wielozawór                        |
|                                     | 11. Nasada do napełniania gazem       |

## 5. ZBIORNIKI NA PALIWO GAZOWE

Wszystkie elementy instalacji gazowej montowanej w samochodach muszą spełniać wymogi Regulaminu nr 67 ONZ stanowiącego załącznik do Porozumienia dotyczącego "Przyjęcia Jednolitych Warunków Homologacji oraz Wzajemnego Uznawania Homologacji Wyposażenia i Części Pojazdów Samochodowych". Powyższy Regulamin obowiązuje od 1 czerwca 1987 roku. Polska ratyfikowała Porozumienie w 1991 roku.

Regulamin nr 67 zawiera jednolite przepisy dotyczące homologacji specjalnego wyposażenia pojazdów samochodowych napędzanych gazami ciekłymi. Zawarte są w nim wymagania techniczne i konstrukcyjne dotyczące każdego elementu instalacji.

Zgodnie z postanowieniami Regulaminu zbiorniki na ciekły gaz do instalacji samochodowych produkowane mogą być w dwóch klasach:

- klasa A - są to zbiorniki skonstruowane do użytkowania z zaworem bezpieczeństwa;
- klasa B - są to zbiorniki skonstruowane do użytkowania bez zaworu bezpieczeństwa; przy czym zbiorniki tej klasy mogą być wyposażane w zawory bezpieczeństwa.

Zbiorniki klasy A i B różnią się pomiędzy sobą wytrzymałością mechaniczną. W klasie A, dla której obowiązuje wyposażenie w zawór bezpieczeństwa, zbiorniki wykonywane są z cieńszej blachy. W ich przypadku nie zakłada się bowiem możliwości rozerwania płaszcza na skutek wzrostu ciśnienia, oczywiście przy założeniu, że zawór bezpieczeństwa będzie działał prawidłowo.

W zbiornikach klasy B przewidzianych do użytkowania bez zaworów bezpieczeństwa ścianki są grubsze i tym samym zapewniają większą wytrzymałość mechaniczną. W ich przypadku prowadzone są w fazie produkcji badania niszczące, sprawdzające wytrzymałość na rozerwanie wybranych zbiorników z każdej wyprodukowanej partii.

Zbiorniki w okresie produkcji podlegają licznym badaniom, których celem jest zapewnienie jak największego bezpieczeństwa w czasie eksploatacji. Każdy zbiornik przez okres 1 minuty poddawany jest hydraulicznemu ciśnieniu próbnemu, które dla zbiorników klasy A wynosi 30 atm. i dla klasy B - 45 atm. W czasie tego badania nie mogą wystąpić żadne przecieki ani zniekształcenia powierzchni.

Z każdej partii 100 zbiorników klasy B na losowo wybranym przeprowadzana jest próba rozrywająca. Ciśnienie niszczące nie powinno być mniejsze niż 9/4 (2.25) wartości ciśnienia próbnego, co odpowiada ciśnieniu

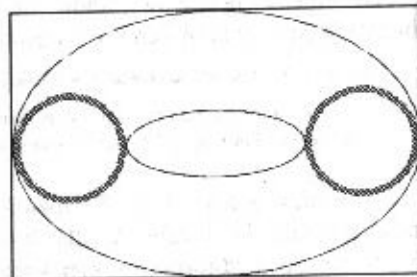
101,25 atm. W czasie tej próby zmiana objętości zbiornika nie może być mniejsza niż: 20%, jeżeli długość zbiornika jest większa niż jego średnica oraz 17%, jeżeli długość jest równa lub mniejsza niż jego średnica. Na ogół ciśnienia rozrywające są dużo większe niż zalecane przepisami Regulaminu.

W przypadku zbiorników spawanych klasy B jeden na 200 powinien być poddany badaniom radiograficznym spoin. Jakość wykonania spawów podlega również badaniom makroskopowym a w przypadkach wątpliwych badaniom mikroskopowym wybranych przekrojów.

Ciekły propan-butan przechowywany jest w zbiornikach cienkościennych pod ciśnieniem własnych par. Zbiorniki służące do montowania w samochodowych instalacjach gazowych wykonywane są z wysokojakościowej stali w kształcie walczaków (Rys. 7) oraz w kształcie toroidu (Rys. 8). W tym drugim przypadku montowane są w miejscu koła zapasowego przez co przestrzeń



Rys. 7. Przekrój walczaka.



Rys. 8. Toroid.

bagażnika nie ulega zmniejszeniu. Walczaki natomiast w przypadku samochodów osobowych instalowane są najczęściej w bagażniku za tylnym siedzeniem. Można spotkać również umieszczanie zbiorników w przedziale pasażerskim na tylnym siedzeniu, np. w Fiatach 126p. Są to jednak rozwiązania prowizoryczne nie stosowane przez autoryzowane zakłady instalacyjne. W samochodach dostawczych oraz ciężarowych można znaleźć je zabudowane w karoserii lub na zewnątrz w podwoziu.

Pojemności zbiorników przystosowane są do poszczególnych marek samochodów. Nie ma ściśle określonych typoszeregów, gdyż w chwili obecnej potencjalny użytkownik tego systemu ma możliwość zamówienia zbiornika o dowolnej średnicy i pojemności. W tabeli 4 i 5 przedstawiono dostępne obecnie rodzaje zbiorników dwóch różnych producentów.

Tab. 4. Wykaz przykładowych walczaków produkowanych w klasie A i B.

Średnica zbiornika	Pojemność w litrach															
	25	30	35	40	45	50	55	60	62	65	70	80	90	100	105	110
D = 270 mm	+	+	+	+	+	+	+									
D = 300 mm				+	+	+	+	+	+	+	+					
D = 315 mm			+	+	+	+	+	+		+	+	+				
D = 360 mm				+		+		+			+	+	+	+	+	+

Źródło: Prospekt handlowy Zakładu Wyrobów Metalowych STAKO w Słupsku.

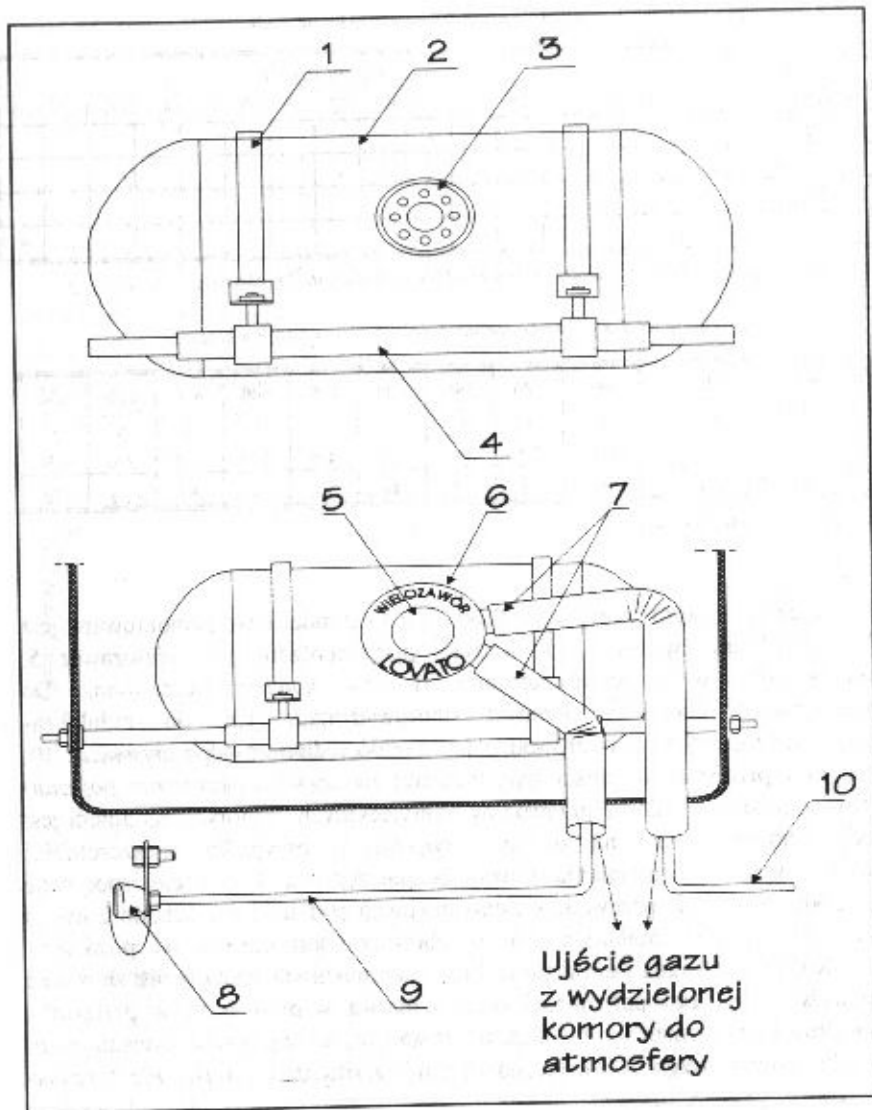
Tab. 5. Wykaz przykładowych zbiorników toroidalnych produkowanych w klasie B.

Rozmiar zbiornika	580	580	580	600	600	600	650	650	650
średnica x wysokość	x 220	x 240	x 270	x 220	x 240	x 270	x 220	x 240	x 270
Pojemność w litrach	44	48	55	48	53	60	57	63	72

Źródło: Prospekt handlowy ICOM s.r.l.

W części cylindrycznej walczaków (Rys. 9) standardowo zamontowany jest kołnierz pierścieniowy 3, do którego przytwierdzony jest wielozawór 5, umieszczony w szczelnej komorze 6 (tzw. komora wydzielona). Do wielozaworu dochodzi przewód doprowadzający gaz do reduktora-odprowadzacza 9 oraz odprowadzający gaz do reduktora-odparowywacza 10. Obydwa przewody w części bagażnikowej (w części wewnętrznej pojazdu) prowadzone są w osłonie przewodów wentylacyjnych 7, których zadaniem jest odprowadzenie gazu na zewnątrz pojazdu w przypadku nieszczelności wielozaworu lub zadziałania zaworu bezpieczeństwa. Najczęściej spotykane jest odprowadzenie przewodów wentylacyjnych pod spód samochodu z uwagi na fakt, że gaz znajdujący się w zbiorniku jest cięższy od powietrza. Wielozawór posiada ogranicznik, który uniemożliwia napelnienie zbiornika powyżej 80% jego pojemności oraz przerywa wypływ gazu w przypadku gwałtownego wzrostu wypływu gazu z instalacji, np. z powodu zerwania przewodu ciśnieniowego 10 łączącego zbiornik z silnikiem (konkretnie z reduktorem - odparowywaczem).

W zbiornikach toroidalnych wielozawór umieszczony jest wewnątrz toroidu i zamknięty jest w szczelnej komorze wydzielonej. Jest w mniejszym stopniu narażony na uszkodzenia mechaniczne niż wielozawory w walczakach, gdyż żadna jego część nie wystaje poza obrys toroidu. Tutaj również komora wydzielona połączona jest z atmosferą dwoma przewodami wentylacyjnymi zapewniając odprowadzenie gazów poza samochód.



Rys.9. Zbiornik paliwa gazowego z wielozaworem.

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. Opaska mocująca zbiornik  | 6. Obudowa komory wydzielonej                  |
| 2. Zbiornik                  | 7. Przewody wentylacyjne                       |
| 3. Kołnierz do wielozaworu   | 8. Nasada napełniania gazem                    |
| 4. Mocująca rura teleskopowa | 9. Przewód napełniania gazem                   |
| 5. Wielozawór                | 10. Przewód gazowy do reduktora odparowrywacza |

## 6. ZACHOWANIE SIĘ ZBIORNIKÓW W WARUNKACH EKSTREMALNYCH

W czasie prowadzenia działań ratowniczych bardzo ważna jest znajomość zachowania się instalacji gazowej oraz jej elementów w warunkach ekstremalnych. Pod pojęciem: "warunki ekstremalne" będziemy rozumieli takie parametry otoczenia oraz parametry samego gazu, które stwarzają określone niebezpieczeństwo, np. zagrożenie wybuchu. W niniejszym rozdziale zostaną omówione trzy sytuacje wywołujące stany zagrożenia. Są to:

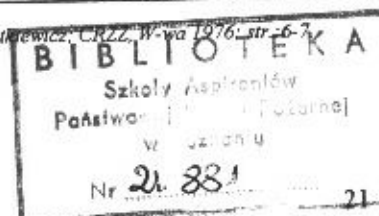
- stan przepełnienia zbiornika - czyli wypełnienie zbiornika ciekłym gazem w ilości przekraczającej normy określone przez producenta (dla zbiorników określony jest na poziomie maksimum 80% dla fazy ciekłej oraz minimum 20% dla fazy gazowej);
- stan przegrzania zbiornika - czyli umieszczenie zbiornika w temperaturach przekraczających określone przez producenta systemu;
- zgniecenia - czyli stan zmniejszenia objętości zbiornika bez zmniejszenia objętości magazynowanego gazu.

Powyższe przypadki zostały omówione szczegółowo w kolejnych rozdziałach, gdyż z nimi ratownicy hipotetycznie najczęściej będą spotykać się w czasie działań ratownictwa drogowego.

Tab.6. Zmiana prężności par propan-butan w funkcji temperatury.

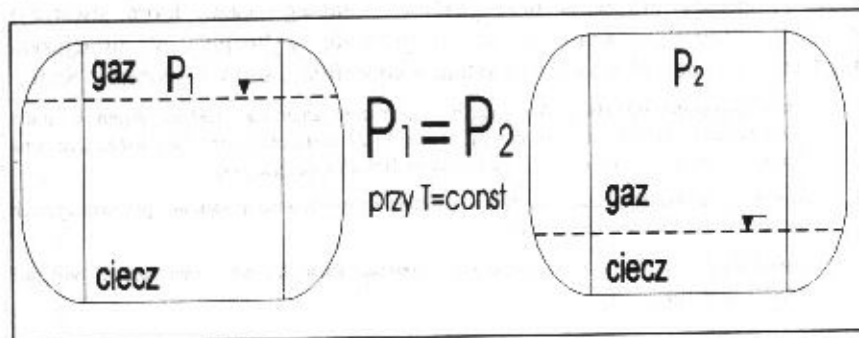
PROPAN %	50	70	BUTAN %
	50	30	
Temperatura w °C	w atmosferach		Temperatura w °C
0	2,2	2,85	0
10	3,35	4,3	10
20	4,75	6,0	20
30	6,65	8,0	30
40	8,7	10,5	40
50	11,3	13,65	50
60	14,3	17,2	60

Źródło: Instalacje i urządzenia na gaz płynny - Jerzy Sitkiewicz, CRZZ, W-wa 1976, str. 6-7



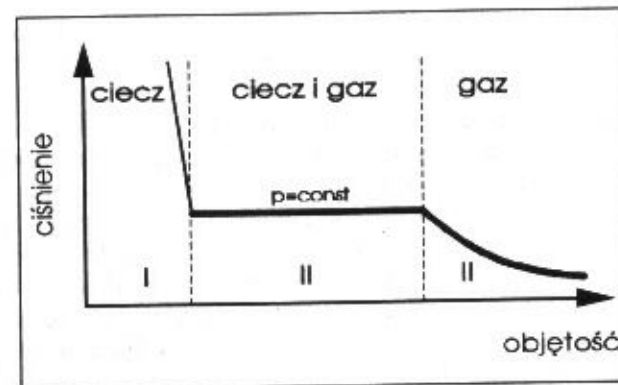
## 6.1. Przepelnienie

Propan-butan jest gazem, który w stanie ciekłym może być utrzymywany jedynie pod ciśnieniem własnych par. Prężność par w zbiorniku nie zależy od ilości fazy ciekłej i gazowej. Oznacza to, że przy rozładowywaniu zbiornika i zmniejszaniu się w tym czasie objętości fazy ciekłej ciśnienie pozostaje niezmienione (Rys. 10). Zmiana prężności par następuje jedynie w wyniku zmiany



Rys. 10. Prężność par propanu-butanu w zbiorniku.

temperatury układu (patrz Tab. 6). Przy stałej temperaturze ciśnienie fazy gazowej będzie niezmiennie do chwili odparowania ostatniej kropli fazy ciekłej. Potem przy dalszym poborze gazu nastąpi zmniejszenie się ciśnienia do poziomu ciśnienia atmosferycznego. I odwrotnie. Przy napełnianiu zbiornika po osiągnięciu określonego dla temperatury ładowania ciśnienia nastąpi przyrost fazy ciekłej i od tego momentu ciśnienie pozostanie niezmienione do chwili całkowitego zaniku fazy gazowej. Jeśli ładowanie byłoby nadal kontynuowane, od tego momentu nastąpi szybki przyrost ciśnienia z uwagi na znikomą ściśliwość cieczy. Powyższe obrazuje izoterma skraplania gazów przedstawiona na Rys. 11., gdzie w obszarze I występuje faza ciekła; w obszarze II współistnieje faza ciekła z gazową; w obszarze III występuje jedynie faza gazowa.



Rys. 11. Izoterma skraplania gazu.

Z powyższych względów stopień napełnienia zbiornika jest ściśle określony przepisami i dla zbiorników na ciekły gaz w instalacjach samochodowych został ustalony na poziomie 80% pojemności zbiornika dla fazy ciekłej. Poduszka gazowa zajmuje więc minimum 20% i jej zadaniem jest kompensowanie zmian temperatury, w czasie których jak już wiemy następuje w zbiorniku zmiana ciśnienia, a tym samym i proporcji procentowego udziału poszczególnych faz. Przy prawidłowym napełnieniu poduszka nie powinna zaniknąć nawet w temperaturach otoczenia w granicach 60 °C

Dokonajmy krótkiej analizy sytuacji, w której zbiornik został przeladowany i doprowadzono do zaniku poduszki powietrznej. Od chwili zaniku fazy gazowej całą objętość zbiornika wypełnia ciecz. Wzrost temperatury powoduje wzrost parcia hydraulicznego cieczy na ścianki. Niska ściśliwość cieczy z kolei powoduje wzrost ciśnienia wewnątrz zbiornika o około 7 - 8 atmosfer przy wzroście temperatury o 1 °C. Jeśli wytrzymałość zbiornika klasy B na rozerwanie przyjmijmy na poziomie minimalnym, czyli 101,25 atm. (patrz Roz. 5), to przy wzroście temperatury od 12 do 14 °C nastąpi przekroczenie wytrzymałości konstrukcyjnej zbiornika i jego rozerwanie. Ciekły propan-butan zostanie wyrzucony na zewnątrz i w połączeniu z powietrzem w ułamkach sekund utworzy mieszaninę wybuchową gotową do zapłonu od najmniejszego nawet źródła energetycznego.

Jak widać z powyższej przeprowadzonej analizy przy przepelnieniu zbiornika zagrożenie powstanie już w normalnych warunkach eksploatacji czyli w zakresie temperatur otoczenia. W warunkach ekstremalnych należy więc tym bardziej liczyć się z możliwością rozerwania zbiornika jeśli nie jest on wyposażony w zawór bezpieczeństwa ale o tym powiemy w kolejnym rozdziale poświęconym wpływie temperatury na gaz znajdujący się w zbiorniku.

Wielozawory w gazowych instalacjach samochodowych wyposażone są w pływak uniemożliwiający przepelnienie zbiornika. Jednak jak już wspomniano wcześniej ratownicy mogą spotkać się z różnymi instalacjami i nie zawsze będą to systemy założone przez autoryzowane zakłady. Poza tym przeladowanie może nastąpić w wyniku samowolnej zmiany przez użytkownika położenia zbiornika (*obrót zbiornika o kilkanaście lub kilkadziesiąt stopni*), doprowadzającej do innego ustawienia pływaka. Przyczyna ta, ma niestety swoje źródło w złe pojętej ekonomii: zysk jest minimalny (*kilka, kilkanaście litrów gazu więcej*) a zagrożenie niewspółmiernie wzrasta. Oprócz tego należy pamiętać, że w użyciu znajdują się instalacje nie wyposażone w zawory bezpieczeństwa (*taka jest obecnie tendencja na świecie*), co przy przepelnieniu zbiornika wywołuje duże zagrożenie już w temperaturach otoczenia.

## 6.2. Wzrost temperatury zbiornika

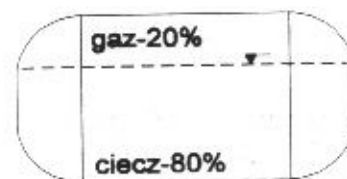
Wzrost temperatury zbiornika, a tym samym i znajdującego się w nim gazu jest kolejną niebezpieczną sytuacją, która w określonych warunkach może doprowadzić do rozerwania płaszcza. Problem ten częściowo został już omówiony w rozdziale 6.1, w którym przedstawiono wpływ przepelnienia na bezpieczeństwo eksploatacji zbiornika. Te dwa zagadnienia, a więc przepelnienie i wzrost temperatury z punktu widzenia praw gazowych są ze sobą ściśle związane, stąd trudno jest omawiać je oddzielnie.

Jeszcze raz przypomnijmy, że propan-butan jest gazem, który w normalnych warunkach może istnieć tylko w fazie gazowej. Jednak w temperaturach otoczenia możliwe jest jego skroplenie przy stosunkowo niedużych ciśnieniach rzędu kilku atmosfer (*patrz Tab.6. w Roz.6.1*). W zbiorniku współistnieje wówczas faza gazowa i ciekła, a ciśnienie jest stale i odpowiada prężności par propanu-butanu w danej temperaturze. Jeśli temperatura ulegnie zmianie wówczas zmieni się również ciśnienie w zbiorniku zgodnie z przemianą izochoryczną (*w stałej objętości*). Wzrostowi temperatury towarzyszy przyrost objętości fazy ciekłej z uwagi na znaczny współczynnik rozszerzalności termicznej ciekłego propanu-butanu. To z kolei prowadzi do wykraplania się gazu i sukcesywnego zmniejszania poduszki gazowej.

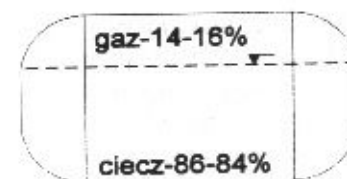
W zależności od stopnia napełnienia zbiornika całkowity zanik poduszki może nastąpić jeszcze przed osiągnięciem temperatury krytycznej (dla propanu  $96,8^{\circ}\text{C}$ , dla butanu  $152^{\circ}\text{C}$ ) i wówczas na ścianki zbiornika zacznie oddziaływać parcie hydrauliczne od fazy ciekłej. Od tej chwili następuje bardzo szybki przyrost ciśnienia, co dokładnie opisano w poprzednim rozdziale.

Jak widać z wyżej przeprowadzonej analizy dokładne określenie momentu rozerwania zbiornika jest zagadnieniem dość skomplikowanym, gdyż uzależnione jest jednocześnie od kilku parametrów. Z pewnością najbardziej niebezpieczny będzie zbiornik bezpośrednio po zatankowaniu i oczywiście nie wyposażony w zawór bezpieczeństwa.

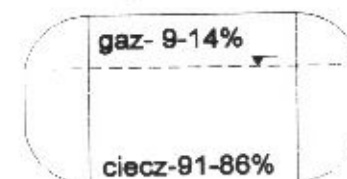
Zbiorniki samochodowe maksymalnie tankowane są do 80% ich pojemności. Na Rys.12 przedstawiono zmiany objętości fazy ciekłej i ciśnienia w funkcji wzrostu temperatury przy założeniu, że zbiornik zatankowany został



Zbiornik napełniony prawidłowo do 80% pojemności w temp.  $15^{\circ}\text{C}$ . Ciśnienie w zbiorniku wynosi około 6,5 atmosfery.

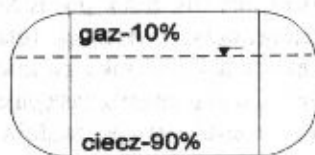


Przy wzroście temperatury do  $38^{\circ}\text{C}$  zmniejsza się objętość fazy gazowej do około 14-16%. Ciśnienie wzrasta do około 12 atmosfer.

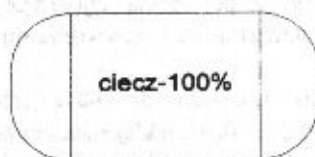


Przy wzroście temperatury do  $50^{\circ}\text{C}$  zmniejsza się objętość fazy gazowej do około 9-14%. Ciśnienie wzrasta do około 17 atmosfer.

Rys.12. Zmiana procentowego udziału fazy ciekłej i gazowej oraz ciśnienia w funkcji temperatury przy napełnieniu zbiornika 80%.



Zbiornik napełniony nieprawidłowo do 90% pojemności w temp. 15°C. Ciśnienie w zbiorniku wynosi około 6,5 atmosfery.



W temperaturze 50°C przepelniony początkowo zbiornik wypełniony jest w 100% fazą ciekłą co przy dalszym wzroście temperatury stwarza bardzo niebezpieczną sytuację.

Rys.13. Zmiana procentowego udziału fazy ciekłej i gazowej oraz ciśnienia w funkcji temperatury przy napełnieniu zbiornika 90%.

przepisowo do 80% swojej pojemności w temperaturze 15°C. Na Rys.13 przedstawiono zmianę objętości fazy ciekłej dla zbiornika zatankowanego niezgodnie z obowiązującymi normami do 90% jego pojemności. W temperaturze 50°C całą objętość zbiornika zajmuje ciecz i jest to w tym momencie już bardzo niebezpieczna sytuacja - wzrost temperatury o 1°C powoduje wzrost ciśnienia o 7-8 atmosfer.

I na koniec jeszcze jedna informacja dotycząca temperatur z jakimi możemy spotkać się w czasie pożaru. Badania doświadczalne przeprowadzone w warunkach rzeczywistych pozwoliły określić, że średnia temperatura pożaru wynosi około 800°C. Natomiast zbiornik gazu umieszczony w tej temperaturze nagrzewa się do około 170°C już po 10 minutach (*Gaszenie pożarów butli z gazami technicznymi - Biuletyn Informacyjny KGSP; W-wa 1967*). Powyższe potwierdzają również badania przeprowadzone w Szwecji na różnych zbiornikach na ciekły propan-butan, które po napełnieniu i umieszczeniu na tacach z palącą się benzyną ulegały rozerwaniu już po około 3 minutach (*Biuletyn Informacji Technicznej nr 1/64*).

### 6.3. Zgniecenie zbiornika

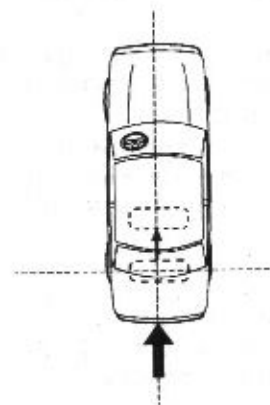
W samochodach osobowych zbiornik zwykle umieszczony jest w tylnej części pojazdu, w bagażniku, tuż za siedzeniem. Jest to optymalnie dobrane miejsce pod względem jego bezpieczeństwa jak i możliwości wykorzystania

wolnej przestrzeni. Kształt zbiornika oraz grubość jego ścianek czyni zbiornik stosunkowo odpornym na odkształcenia spowodowane uderzeniem innego samochodu.

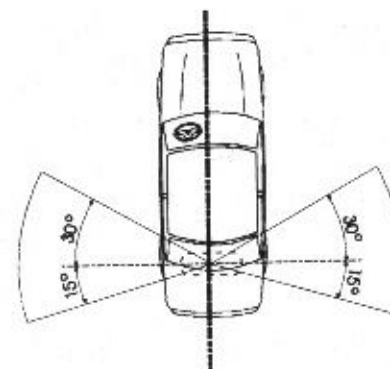
Czołowe zderzenie dwóch pojazdów praktycznie nie jest w stanie uszkodzić zbiornika umiejscowionego z tyłu w bagażniku. Prawdopodobieństwo takiego uszkodzenia należy rozpatrywać tylko w przypadku uderzenia z tyłu lub z boku w tylną część pojazdu.

Konstrukcja zbiornika (*walec z owalnymi dennicami lub kształt toroidalny*) oraz grubość ścianek i rodzaj materiału stosowanego na zbiorniki (*blacha stalowa około 4 mm grubości*) powoduje, że zniekształcenie mechaniczne możliwe jest tylko przy bezpośrednim, silnym uderzeniu ostrej, twardej krawędzi w płaszczyznę zbiornika, przy jednoczesnym braku możliwości jego przemieszczenia. Taka sytuacja jest mało prawdopodobna podczas rzeczywistych wypadków drogowych ponieważ uderzenie dwóch pojazdów zawsze ma charakter siłowego kontaktu dwóch płaszczyzn. Znaczna część energii jest pochłaniana przez karoserię samochodów uczestniczących w wypadku. Sztuczne elementy konstrukcyjne na ogół ulegają przemieszczeniu wewnątrz pojazdu, jak ma to miejsce w przypadku bloku silnika.

W czasie silnego uderzenia samochodu w tył (*kąt uderzenia  $\theta$* ) zbiornik zostanie przemieszczony do części pasażerskiej (*Rys.14*). Jeśli samochód uderzający będzie posiadał silnik z tyłu to siła uderzenia zostanie w dużej mierze zamortyzowana profilami bagażników obydwu pojazdów i przemieszczenie zbiornika w głąb samochodu może wystąpić wówczas tylko przy wyjątkowo dużej sile uderzenia.



Rys.14. Uderzenie w tył pojazdu.



Rys.15. Uderzenie boczno-tyłne mogące wyrzucić zbiornik poza pojazd.

W przypadku bocznego uderzenia w zależności od siły i kąta uderzenia możliwe jest przemieszczenie zbiornika wewnątrz samochodu lub przy znacznym kącie uderzenia w granicach 30-60° od osi pojazdu może dojść do wyrwania zbiornika z mocowania i wyrzucenia go poza samochód (Rys. 15). Takie sytuacje były odnotowywane już w czasie wypadków. Zbiornik jest na tyle mocny, że nie ulega zniszczeniu i zachowuje swoją zawartość. W chwili zerwania przewodów łączących go z instalacją następuje intensywna ucieczka gazu co powoduje natychmiastowe zadziałanie zaworu odcinającego umieszczonego w wielozaworze i wstrzymanie wypływu. Powyższa analiza oparta została na badaniach przeprowadzonych we Włoszech oraz na danych zaczerpniętych w wytwórni samochodowych zbiorników na gaz.

Teoretycznie nie można wykluczyć takiego wypadku, w wyniku którego nastąpi zgniecenie zbiornika. Jednak stanie się to bezpośrednio w chwili zderzenia i o ile zbiornik wytrzyma, i nie ulegnie rozerwaniu należy w takiej sytuacji oczekiwać, że zmniejszeniu uległa poduszka gazowa. Stwarza to z kolei zagrożenie wybuchu przy wzroście temperatury przy jednoczesnym braku wyposażenia zbiornika w nadmiarowy zawór bezpieczeństwa. Służby ratownicze przybędą na miejsce zdarzenia w chwili, gdy sposób uderzenia i stan pojazdów będzie już określony. Jeśli dojdzie do zgniecenia zbiornika połączonego z wyciekami gazu będziemy mieć do czynienia ze strefą zagrożoną wybuchem, albo już z intensywnie rozwiniętym pożarem. W obydwu przypadkach obowiązywać będzie oddzielna procedura postępowania.

Stan nieznan, a zarazem niebezpieczny będzie wówczas, gdy w wyniku uderzenia dojdzie do zgniecenia zbiornika zmniejszającego jego pojemność bez rozszczelnienia i wycieku gazu. Analiza takiego przypadku doprowadza do następujących wniosków:

1. Zgniecenie bez rozszczelnienia powoduje zmniejszenie objętości zbiornika teoretycznie tylko do objętości jaką zajmuje ciekły gaz w chwili uderzenia; przy dalszym oddziaływaniu siły następuje sprężenie cieczy do ciśnienia rozrywającego zbiornik;
2. Zlikwidowanie po zgnieceniu wolnej przestrzeni w zbiorniku powoduje bardzo silny opór przy dalszym siłowym oddziaływaniu na zbiornik, stąd większe prawdopodobieństwo związane jest z zerwaniem mocowania zbiornika i jego przemieszczeniem w głąb pojazdu uderzonego, niż z doprowadzeniem w nim do ciśnienia rozrywającego;
3. Zlikwidowanie po zgnieceniu zbiornika poduszki gazowej jest niebezpieczne tylko wtedy, gdy możliwy jest szybki wzrost temperatury znajdującego się w zgniecionym zbiorniku gazu; niebezpieczeństwo to związane jest z efektem przepelnienia zbiornika oraz obniżenia jego założonej wytrzymałości w związku ze zniszczeniem płaszcza; szybki wzrost temperatury możliwy jest jedynie w czasie pożaru samochodów uczestniczących w wypadku;
4. Każde odkształcenie płaszcza zbiornika zmniejsza jego wytrzymałość i w momencie przyrostu ciśnienia może dojść do rozszczelnienia płaszcza w miejscach osłabionych uderzeniem już przy niższych wartościach ciśnienia.

## 7. ZAGROŻENIA OD SAMOCHODOWYCH INSTALACJI GAZOWYCH

Prawidłowo wykonana instalacja w czasie eksploatacji nie stwarza większych zagrożeń niż benzyna. Jednak występują pewne obostrzenia, które np. zakazują garażowania pojazdów wyposażonych w instalację gazową w podziemnych garażach i parkingach. Jest to związane ze znaczną gęstością tych gazów względem powietrza (*butan - 2,05; propan - 1,56*) co w przypadku nieszczelności instalacji powodowałoby gromadzenie się par w najniższych partiach pomieszczeń i stwarzałoby zagrożenie wybuchu. Również zbiorniki zdają się być bezpieczne, gdyż obliczone są na wytrzymanie ciśnień rzędu 100 atm (*ciśnienie rozrywające zbiornik klasy B*) oraz w czasie zderzeń powinny wyjść bez szwanku przy przeciążeniu dochodzącym do 20g (*g - wartość przyciągania ziemskiego*), co odpowiada katastrofalnemu zderzeniu czołowemu. Poduszka gazowa, która zajmuje 20% pojemności zbiornika przy pełnym napełnieniu (*faza ciekła zajmuje wówczas 80% pojemności*) kompensuje wpływ zmian temperatury i zabezpiecza przed osiągnięciem parametrów krytycznych gazu w warunkach normalnej eksploatacji zbiornika, a także w zakresie daleko przekraczającym je.

Rzeczywistość odbiega jednak od założeń teoretycznych. Jak wskazują sondaże i obserwacje prowadzone przez Urząd Dozoru Technicznego wiele pojazdów wyposażonych jest w instalację gazową nie posiadającą homologacji (*najczęściej są to urządzenia wschodnie*) lub też są to instalacje montowane przez nieuprawnionych instalatorów. Ta sytuacja stwarza dla służb ratowniczych szczególne zagrożenie, gdyż w czasie pożaru takiego samochodu nie możemy oczekiwać określonego zachowania się instalacji i jej elementów (*np.: zbiornika*) w warunkach ekstremalnych. Dla przykładu można tu wspomnieć o usytuowaniu zbiornika na propan-butan. W jego przypadku bardzo ważne jest aby był on zamontowany w ściśle określonej przez producenta pozycji. Każde odstępstwo od tego wymogu powoduje zmianę stopnia napełnienia zbiornika. Może się wówczas zdarzyć, że w trakcie tankowania zostanie przekroczona granica 80-cio procentowego napełnienia (*dla fazy ciekłej*), co jest już bardzo niebezpieczne nawet w trakcie normalnej eksploatacji w warunkach otoczenia. Szczegółowo omówiono to zagadnienie w rozdziale 6 niniejszej broszury.

Innym problemem jest samowolne dokonywanie przez użytkowników różnego rodzaju przeróbek w instalacji. Najczęściej spotykane dotyczą znowu zmiany usytuowania zbiornika, która dokonywana jest świadomie w celu

zwiększenia stopnia napełnienia. Powyższą sytuację pozostawiamy bez komentarza.

W związku ze spostrzeżeniami zawartymi powyżej należałoby zadać pytanie: na ile, i w jakim zakresie jest to system bezpieczny dla ratowników wykonujących zadania w czasie wypadków drogowych? Na to pytanie najlepszą odpowiedzią będzie prezentacja testów przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych na samochodach wyposażonych w instalację gazową. W kolejnych rozdziałach przedstawiono wyniki badań zachowania się instalacji oraz zbiorników w czasie pożaru.

## 8. ZACHOWANIE SIĘ INSTALACJI W WARUNKACH POŻARU

Przeprowadzone w Australii testy poligonowe, w czasie których spalano samochody wyposażone w instalację gazową miały na celu określić sposób zachowania się instalacji z różnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi odprowadzania gazu z wydzielonej komory. Testy przeprowadzono na 6-ciu samochodach marki Ford Falcon. Opisy przebiegu pożaru takich pojazdów ukażą ratownikom zagrożenia z jakimi mogą zetknąć się w czasie akcji gaśniczej.

### 8.1 Warunki przeprowadzania testów

Sześć identycznych samochodów typu Ford Falcon wyposażono w zbiorniki gazu z typową instalacją, ale z zastosowaniem różnych systemów odprowadzania gazu ze zbiornika w warunkach normalnej eksploatacji oraz w warunkach krytycznych.

Pierwsze trzy miały ten sam zbiornik gazu i takie samo rozwiązanie w układzie bagażnika, a także tego samego producenta zbiornika. W przypadku pierwszego, najbardziej rozpowszechnionego rozwiązania przewód odprowadzający odchodził bezpośrednio od zaworu bezpieczeństwa i posiadał wylot zainstalowany prawie pionowo w górę w tylnej lewej części samochodu. W drugim przypadku przewód odprowadzający został skierowany w dół, przechodził przez podłogę bagażnika na wylot na drogę. Trzeci, czwarty i piąty miały zbiorniki pochodzące od trzech różnych producentów wszystkie z systemem odprowadzającym skierowanym do wydzielonej komory w zbiorniku, a następnie przewodem wentylacyjnym do atmosfery (*jak w systemie LOVATO*). Szósty test miał za zadanie wykazać co się może stać, jeśli pokrywa bagażnika i pokrywa wydzielonej komory zbiornika będą otwarte w czasie, gdy zawory bezpieczeństwa rozpoczną odprowadzanie gazów co uznano za najgorszy z możliwych przypadków.

Pod każdym z samochodów pod zbiornikiem gazu umieszczono standardowe tace napełnione 43 litrami rozpuszczalnika, które następnie były rozpalane. Ich położenie stwarzało najgorszą z możliwych sytuacji zagrożenia pożarowego. Każdy z samochodów miał zbiornik zalany 20 l benzyny, a wartość zbiornika gazu wynosiła 60% jego całkowitej pojemności (*Rys. 16*).



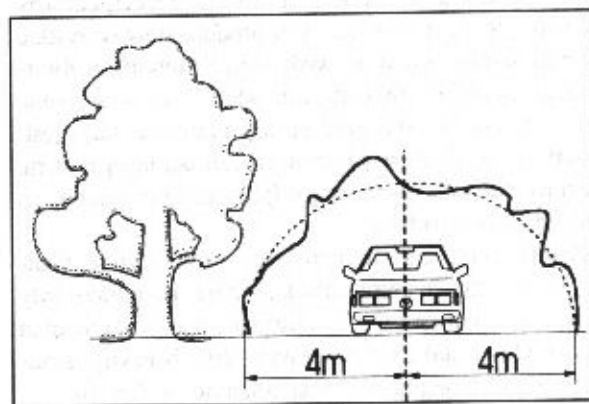
Rys.16. Umieszczenie tacy z rozpuszczalnikiem w czasie testu.



## 8.2. Wyniki testów

Nie wglębiając się w szczegóły testów, które dotyczyły głównie określenia najbardziej bezpiecznej konstrukcji instalacji chcielibyśmy skupić się poniżej na przebiegu pożaru samochodów w poszczególnych testach.

W teście 1 i 2 z bezpośrednim odprowadzeniem sprężonego gazu z zaworu bezpieczeństwa na zewnątrz pojazdu do atmosfery zaobserwowano dużą szybkość wypływu gazu w chwili otwarcia się zaworu. Płomienie rozbiegały się gwałtownie na odległość 4m od zarysu samochodu (Rys. 17).



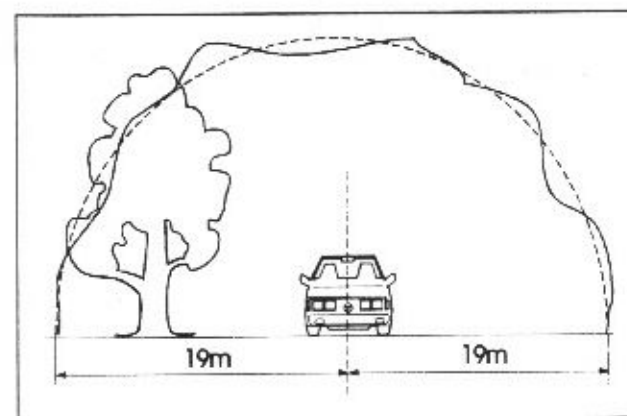
Rys.17. Zasięg płomieni w czasie testu nr 1 i 2.

Takie zachowanie się instalacji stwarza realną groźbę dla osób i innych rzeczy znajdujących się w pobliżu. Pierwsze otwarcie zaworu nastąpiło po około 8,5 minuty od rozpalenia tacy z rozpuszczalnikiem. Do chwili całkowitego opróżnienia zbiornika zawór otwierał się 11-to krotnie przez około 9,5 minuty. W tym czasie wypaleniu uległy uszczelki na instalacji gazowej, co spowodowało całkowite opróżnienie instalacji z gazu.

W teście trzecim nadmiar gazu ze zbiornika przedostawał się poprzez zawór bezpieczeństwa do wnętrza wydzielonej komory (tu następowało jego rozprężenie), a następnie przez przewód wentylacyjny odprowadzany otworem w podłodze bagażnika pod samochód. W tym przypadku zaobserwowano znaczną różnicę w zasięgu płomieni w czasie otwierania się zaworu bezpieczeństwa. W porównaniu do dwóch pierwszych testów płomień miał mniejszą prędkość i nie wpływał na wzrost intensywności płomieni w obrębie palącego się samochodu. Późniejsze badania wykazały, że przewody wentylacyjne uległy spalaniu zanim nastąpiło pierwsze otwarcie się zaworu bezpieczeństwa. Powodowało to przedostawanie się gazu do wnętrza samochodu, gdzie następowało jego spokojne spalanie. Sposób zadziałania i czas pracy zaworu bezpieczeństwa był prawie identyczny jak w testach 1 i 2.

Test czwarty nie różnił się zasadniczo od testu trzeciego. Był przeprowadzony przy większym wietrze, co spowodowało opóźnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa o około 2 minuty.

W teście piątym instalacja gazowa również zasadniczo nie różniła się od instalacji w teście trzecim i czwartym, w związku z czym wpływ gazu nie wpływał na rozprzestrzenianie się płomieni poza zarys pojazdu. W czasie trwania testu natomiast nastąpiła nieoczekiwana eksplozja zbiornika paliwa. Oceniono, że płomienie powstałe w wyniku eksplozji utworzyły krąg o średnicy 38 m wokół samochodu (Rys. 18). Tym razem zawór otworzył się 25 razy



Rys.18. Zasięg płomieni w czasie eksplozji zbiornika z benzyną.

w czasie 8 min. i 32 sek. do czasu całkowitego opróżnienia zbiornika. Również i w tym teście sposób palenia się był podobny do tych, które miały miejsce w testach 3 i 4.

W teście 6 założono sprawdzenie przebiegu spalania pojazdu przy otwartej klapie bagażnika i odkrytej pokrywie komory wydzielonej. Instalacja gazowa identyczna jak w teście 3,4 i 5. Po rozpaleniu tacy z rozpuszczalnikiem nastąpiło rozprzestrzenienie się ognia do wnętrza bagażnika co spowodowało osłabienie pręta podtrzymującego i łagodne zamknięcie się klapy jeszcze przed otwarciem się zaworu bezpieczeństwa. Tym samym płomienie zostały stłumione i zmniejszyło się zagrożenie dla przebywających w pobliżu ratowników. Nie należy jednak przyjmować tego jako reguły. Zawór bezpieczeństwa reagował podobnie jak w poprzednich testach.

### 8.3. Podsumowanie testów

W 6-u testach, podczas których sprawdzono sposób spalania się samochodów wyposażonych w instalację gazową stwierdzono:

- najbardziej niebezpieczne są instalacje z bezpośrednim odprowadzeniem sprężonego gazu z zaworu bezpieczeństwa, gdyż powodują nagły rozrzut płomieni na odległość do 4 m od zarysu samochodu; powoduje to zagrożenie dla wykonujących zadania ratowników;
- otwarcie zaworów bezpieczeństwa następowało po około 8-u minutach od chwili zapalenia samochodu; czas opróżniania zbiornika przy stanie napelnienia 60% wynosił około 8-9 minut od momentu pierwszego zadziałania zaworu;
- przewody wentylacyjne, których zadaniem jest odprowadzanie poza samochód gazu wydobywającego się z instalacji i zaworu bezpieczeństwa w warunkach pożaru nie wpływają w szczególnie sposób na zasięg płomieni w obrębie palącego się samochodu;
- sprawnie działająca instalacja gazowa w czasie pożaru samochodu nie wywołuje dodatkowych zagrożeń poza opisanymi przypadkami w teście 1 i 2.

## 9. ZACHOWANIE SIĘ BUTLI W WARUNKACH POŻARU

Wielokrotnie już na kartach tego opracowania wspomniano, że w instalacji gazowej w samochodzie największe niebezpieczeństwo stwarza zbiornik na ciekły propan-butan. Oczywiście dotyczy to głównie warunków ekstremalnych. W normalnej eksploatacji oprócz tego mogą wystąpić również rozszczelnienia na instalacji powodujące powstawanie w miejscu garażowania samochodu strefy zagrożonej wybuchem. To zagadnienie nie jest jednak tematem niniejszego opracowania i nie będzie rozpatrywane, gdyż w takich sytuacjach po stwierdzeniu ulatniania się gazu taktyka postępowania zastępów ratowniczych nie będzie odbiegała od ogólnie przyjętych zasad.

Badania zbiorników na wytrzymałość prowadzone są głównie w tak zwanej próbie hydraulicznej. W czasie jej przeprowadzania sprawdzane jest ciśnienie rozrywające zbiornik, zmiana wymiarów zbiornika oraz sposób pęknięcia. I tak dla zbiorników klasy B nie wyposażonych w zawór bezpieczeństwa (*zawór nadmiarowy*) ciśnienie rozrywające nie powinno być mniejsze niż 9/4 ciśnienia próbnego, tj. 101,25 atmosfery i dla zbiorników klasy A odpowiednio 67,5 atmosfery. O ile próby przeprowadzone na wybranych z każdej partii zbiornikach przejdą pomyślnie nie wykonuje się żadnych innych badań. Niestety ratownicy obsługujący zdarzenia, których przebieg na ogół daleko odbiega od tzw. warunków normalnych, potrzebują innych zgoła informacji. Podstawową sprawą jest uzyskanie odpowiedzi na pytania dotyczące zachowania się zbiorników w warunkach ekstremalnych, czyli takich z jakimi w większości wypadków drogowych mogą się spotkać. Jak do tej pory badań specjalistycznych z tego zakresu w kraju nie przeprowadzono. Chcąc w jakikolwiek sposób ustosunkować się do tego problemu w rozdziale tym zostaną przedstawione udokumentowane wyniki badań zachowania się zbiorników na ciekły propan-butan umieszczonych w środowisku pożaru przeprowadzone w Szwecji.

Przebieg zjawisk zachodzących w zbiorniku wypełnionym ciekłym gazem w warunkach podwyższonej temperatury dokładnie opisano w rozdziale 6.2 niniejszego opracowania. W tej chwili przedstawione zostaną wyniki prób ogniowych przeprowadzonych na zbiornikach z propanem-butanem typu P-19 zawierających 19 kg gazu (*opracowano na podstawie artykułu Tuge Lyden'a, "Próby ogniowe z butlami z gazem płynnym"; Biuletyn Informacji Technicznej KGSP nr 1/64, str.:79-94*). Z powodu braku szczegółowych informacji

dotyczących stopnia napełnienia zbiorników używanych do prób oraz materiału z jakiego były one wykonane (*wiadomo tylko, że były to zbiorniki wykonane z blachy stalowej*) nie jest możliwe dokładne zinterpretowanie wyników. Nie mniej jednak sposób przeprowadzenia badań oraz ich zakres pozwala znaleźć analogie z obecnie użytkowanymi zbiornikami dzięki czemu możliwe jest dokonanie oceny stopnia zagrożenia i opracowanie taktyki postępowania zastępów ratowniczych. Konieczne jednak byłoby przeprowadzenie stosownych badań na obecnie instalowanych zbiornikach co pozwoliłoby w pełni udokumentować sposób zachowania się instalacji gazowych w samochodach w warunkach ekstremalnych.

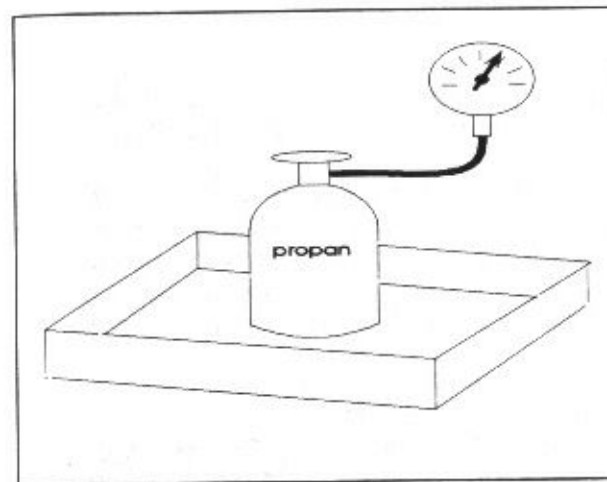
### 9.1 Warunki przeprowadzania prób

Do przeprowadzenia prób wybrano zbiorniki stalowe typu P-19 zawierające 19 kg ciekłego propanu. Celem prób było określenie zachowania się zbiornika w podwyższonych temperaturach oraz określenie w jakim stopniu na bezpieczeństwo eksploatacji wpływa zawór nadmiarowy. W tym celu część zbiorników wyposażono w zawory otwierające się przy ciśnieniu 25 atmosfer. Ciśnienie rozrywające określone dla tego typu butli w próbie hydraulicznej było nie mniejsze niż 100 atmosfer, czyli porównywalne z obecnie instalowanymi zbiornikami klasy B (*bez zaworu bezpieczeństwa*).

W każdej próbie zbiornik umieszczany był w waniencie, do której wlewano 25 l benzyny. W czasie próby mierzono przyrost ciśnienia w zbiorniku umieszczonym w strefie płomieni palącej się benzyny oraz w przypadku zbiorników wyposażonych w zawory nadmiarowe ciśnienie otwarcia zaworu oraz prawidłowość doboru średnicy przekroju wylotu w zaworze nadmiarowym. Poniżej przedstawione zostaną wyniki dwóch prób. Pierwsza dotyczyła zbiornika z zaworem nadmiarowym, druga - zbiornika nie wyposażonego w taki zawór (*warunki odpowiadają w tym przypadku zbiornikowi klasy B*).

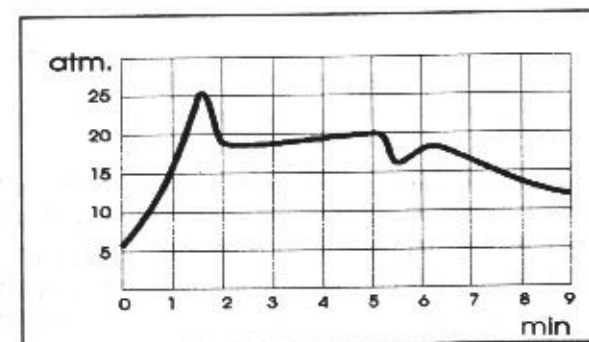
#### PRÓBA PIERWSZA

Zbiornik typu P-19 z zainstalowanym zaworem bezpieczeństwa umieszczono w waniencie o powierzchni 0,8 m<sup>2</sup> wypełnionej 25 l benzyny (*Rys. 19*). Do zaworu zbiornika podłączono manometr w celu pomiaru zmian ciśnienia od chwili rozpalenia benzyny do czasu uruchomienia zaworu lub rozerwania zbiornika (*co następowało w przypadku zbyt małej średnicy wylotowej w zaworze*).



Rys. 19. Stanowisko do przeprowadzania próby ogniowej.

Wyniki otrzymane w próbie można przedstawić następująco. Przy prawidłowo dobranej średnicy wylotu w zaworze bezpieczeństwa zbiornik ulegał bezpiecznemu rozprężeniu powodując jedynie wzrost intensywności palenia w momencie otwierania się zaworu. Strumień palącego się gazu osiągał długość od 4 do 6 metrów. Przykładowy przebieg ciśnień w czasie serii prób przedstawiono na rysunku 20. Jak widać już po około półtorej minuty od momentu rozpalenia benzyny ciśnienie w zbiorniku osiągnęło wartość 25 atmosfer co spowodowało pierwsze otwarcie się zaworu i zredukowanie ciśnienia. Początkową wartość ciśnienia wyznaczała prędkość par propanu, który wypełniał butlę (*patrz Roz.6, Tab.6.*). Próba przebiegała do chwili całkowitego wypalenia się benzyny co następowało w czasie od 9-ciu do 11-tu minut.



Rys. 20. Przebieg ciśnienia w zbiorniku wyposażonym w zawór nadmiarowy.

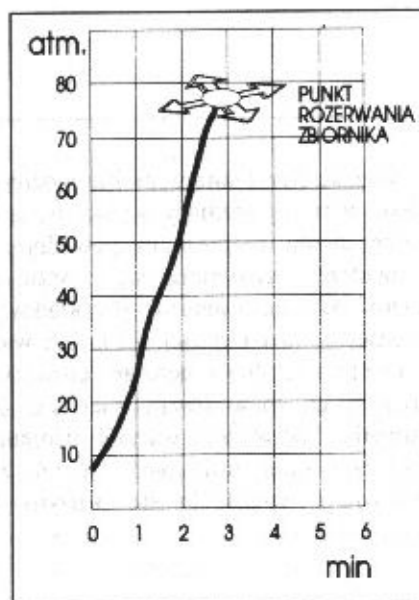
## PRÓBA DRUGA

Serię badań w tej próbie przeprowadzono na podobnych warunkach jak w próbie pierwszej a jedyną różnicą było nie wyposażenie zbiorników w zawór nadmiarowy.

Na rysunku 21 pokazano przykładowy przebieg ciśnień dla serii prób. Jak widać ciśnienie w zbiorniku rosło bardzo szybko i pomiędzy drugą a trzecią minutą od momentu rozpalenia benzyny osiągało wartość 75 atmosfer, przy której płaszcz zbiornika ulegał rozerwaniu. Tak szybki przyrost ciśnienia sugeruje dość wysoki stopień napełnienia zbiorników używanych w próbach.

Charakterystyczną cechą tej próby był sposób w jaki następowało zniszczenie zbiornika. W licznych przypadkach ulegały one rozerwaniu na kawałki, które rozrzucone były w promieniu 50-60-ciu metrów od miejsca przeprowadzania próby.

Drugim ważnym spostrzeżeniem jest wartość ciśnienia, przy którym zbiorniki się rozrywały - ok. 75 atm. Było ono o 25% niższe od ciśnienia niszczącego zbiornik w kontrolnej próbie hydraulicznej (100 atm.). Takie zachowanie tłumaczono zmianami zachodzącymi w strukturze stali w przegrzanych miejscach powodującymi osłabienie materiału.



Rys.21. Przebieg ciśnień w zbiorniku nie wyposażonym w zawór nadmiarowy.

## 9.2 Wnioski

Jak wspomniano w części wstępnej tego rozdziału brak informacji dotyczących stopnia napełnienia zbiorników używanych w próbach oraz szeregu innych danych uniemożliwiają dokonanie prostego porównania i odniesienia przeprowadzonych prób do zbiorników obecnie eksploatowanych. Stosowane w dniu dzisiejszym stale na zbiorniki, być może nawet w warunkach przegrzania, nie będą ulegały rozrywaniu na mniejsze kawałki, ale to można

stwierdzić po przeprowadzeniu stosownych badań. Jednak niezależnie od powyższego możliwe jest wyciągnięcie kilku ogólnych wniosków:

1. Zbiorniki wyposażone w sprawnie działające zawory bezpieczeństwa w czasie pożaru nie stwarzają zagrożenia rozerwania i wybuchu;
2. W czasie otwarcia się zaworu bezpieczeństwa strumień wydobywającego się gazu może utworzyć słup ognia o długości 4-6 metrów;
3. Zbiorniki nie wyposażone w zawory bezpieczeństwa mogą ulec rozerwaniu zwłaszcza jeśli są bezpośrednio po napełnieniu; rozprężony gaz tworzy w ułamkach sekund mieszaninę z powietrzem zdolną do wybuchu od najmniejszego źródła energetycznego;
4. Ratownicy nie są w stanie stwierdzić, w jakim stopniu napełnienia znajduje się zbiornik oraz mogą mieć trudności z określeniem czy zbiornik w instalacji gazowej samochodu objętego pożarem wyposażony jest w zawór nadmiarowy; w związku z tym po stwierdzeniu w czasie rozpoznania, że mają do czynienia z samochodem wyposażonym w instalację gazową powinni przyjąć najbardziej niekorzystny wariant możliwej do zaistnienia sytuacji.

## 9.3 Podsumowanie prób

Przeprowadzone próby udowodniły, że zbiorniki z ciekłymi gazami węglowodorowymi są w stanie rozerwać się w podwyższonych temperaturach o ile nie wyposażono je w sprawnie działające zawory nadmiarowe. Czas rozerwania się butli uzależniony jest od takich czynników jak:

- stopień napełnienia butli (przypomnijmy, że butla przepelniona może rozerwać się już w temperaturach otoczenia, patrz rozdział 6.1);
- natężenie ciepła dostarczanego do zbiornika (intensywność pożaru);
- wytrzymałość materiału, z którego wykonany jest zbiornik (jak pokazały badania, ten element może być również zależny od temperatury).

Wymienione czynniki będą bezpośrednio decydowały o tym, w jakim czasie od chwili rozpoczęcia się pożaru samochodu nastąpi rozerwanie zbiornika. Musimy również pamiętać, że nie od razu zbiornik będzie wystawiony na działanie podwyższonej temperatury, o ile pożar nie powstanie bezpośrednio w bagażniku (dotyczy to samochodów osobowych). Z pewnością największe zagrożenie stwarzają zbiorniki przepelnione a z takimi również możemy się spotkać w czasie działań. Rozerwanie i ewentualny wybuch może wówczas nastąpić przed przyjazdem zastępów straży pożarnej. W pozostałych przypadkach może to nastąpić w trakcie wykonywanych czynności ratowniczych. Stąd konieczne jest po stwierdzeniu w czasie rozpoznania, że mamy do czynienia z samochodem wyposażonym w instalację gazową baczną obserwowanie zachowania się pożaru co pozwoli podjąć właściwą decyzję odnośnie prowadzenia działań. O tym więcej szczegółów w kolejnych rozdziałach niniejszego opracowania.

## 10. TAKTYKA DZIAŁAŃ RATOWNICZYCH

Rozdział 10 stanowi podsumowanie wszystkich zagadnień, o których mówiono do tej pory. Poznanie właściwości fizykochemicznych i pożarowych propanu-butanu, budowy typowej instalacji gazowej w samochodach, zagrożeń związanych z warunkami ekstremalnymi w jakich może się instalacja znaleźć i wreszcie przedstawienie odstępstw od prawidłowego użytkowania tych instalacji pozwala w tej chwili zastanowić się w jaki sposób bezpiecznie zorganizować działania ratownicze. Ważne jest aby potrafić rozpoznać samochód wyposażony w instalację zasilania gazem i wiedzieć jak się ona może zachować. Doświadczeni dowódcy obserwując pożar samochodu będą również potrafili rozpoznać czy instalacja a zwłaszcza zbiornik z gazem uległ rozładowaniu, czy też nie. Jest to bardzo ważne, gdyż zasadniczo wpłynie na wybór taktyki działań. Tym, którzy jeszcze nie zetknęli się w swoich działaniach z tą problematyką gorąco w tym miejscu polecamy obejrzenie i analizę filmów video pokazujących budowę i sposób zachowania się tych instalacji w różnych warunkach (tytuły podane w wykazie literatury na końcu opracowania).

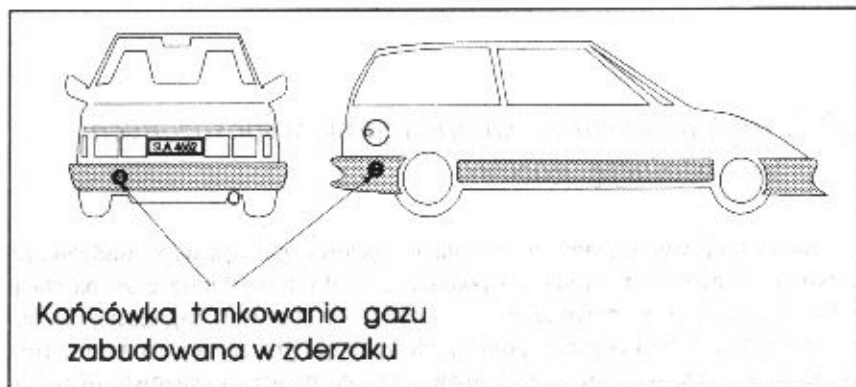
### 10.1. Rozpoznawanie samochodów wyposażonych w instalację gazową

Samochód wyposażony w instalację gazową posiada wyprowadzoną na zewnątrz końcówkę pozwalającą podłączyć go do dystrybutora gazu na stacji CPN. Końcówka w przypadku samochodów osobowych najczęściej umiejscowiona jest z tyłu pojazdu, poniżej zderzaka, po przeciwnej stronie niż rura wydechowa. Jest ona wówczas podwieszona na płycie montażowej (Rys.22). W samochodach nowszych oraz zagranicznych zabudowywana jest w plastikową obudowę zderzaka i wówczas widoczna jest dopiero z bliska. W tym przypadku może być zamontowana również z boku na wysokości kurka wlewu benzyny (Rys.23). W samochodach dostawczych i ciężarowych można ją znaleźć w środkowej części pojazdu z lewej lub prawej strony. Na ogół jest wówczas podwieszona na płycie montażowej i dobrze widoczna już z większej odległości.



Rys. 23. Końcówka tankowania gazu umieszczona na płycie montażowej

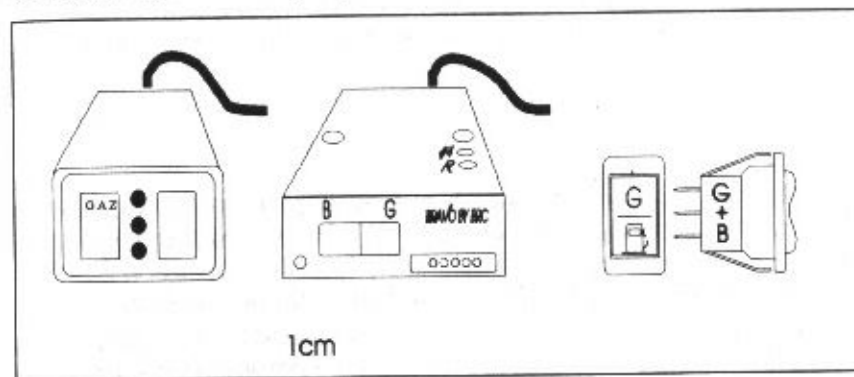
W przypadku większości samochodów jest to jedyny element wprowadzony na zewnątrz pojazdu, po którym można się zorientować już z większej odległości, że samochód wyposażony jest w instalację gazową. W samochodach ciężarowych dodatkowo można zauważyć zbiornik na gaz, jeśli jest on umiejscowiony w podwoziu pojazdu. Należy uważać tylko, by nie pomylić go ze zbiornikiem na sprężone powietrze.



Rys. 23. Końcówka tankowania gazu zabudowana w zderzaku.

W momencie podjęcia bezpośrednich czynności ratowniczych, po otwarciu drzwi od strony kierowcy należy zwrócić uwagę, czy w sąsiedztwie kolumny kierowniczej nie znajduje się plastikowa kostka wielkości pudełka zapalek lub paczki papierosów z 3-położeniowym przełącznikiem opisanym na krańcach literami "P" (paliwo) i "G" (gaz) (Rys. 24). Opisana kostka to centrala sterująca zaworami: gazowym i benzynowym. Instalowana jest najczęściej na

tablicy rozdzielczej, z lewej lub prawej strony kolumny kierowniczej. Można ją spotkać także w pulpicie z przełącznikami po prawej stronie kierowcy. W każdym bądź razie musi być zainstalowana w zasięgu ręki kierowcy, gdyż obsługiwana jest w czasie jazdy samochodem.



Rys. 24. Przykładowe centrale sterujące pracą instalacji gazowej w samochodzie.

Jeżeli w wyniku wypadku maska silnika się podniosła, wówczas widoczne są dodatkowe elementy wyposażenia takie jak: parownik, przewody doprowadzające gaz, mikser na dolicie do gaźnika oraz elektrozawór sterujący dopływem benzyny i gazu.

Jeżeli otwarty będzie bagażnik z tyłu, wówczas można zauważyć zbiornik na gaz, wraz z komorą wydzieloną i przewodami wentylacyjnymi. Innych metod rozpoznawania samochodów na gaz przy obecnie konstruowanych instalacjach nie ma.

Nie ma również możliwości ustalenia na podstawie zewnętrznego oglądu samochodu czy instalacja wyposażona jest w zawór bezpieczeństwa, czy też takiego zaworu nie posiada. Stąd wypływa dla ratowników bardzo ważny wniosek:

*aby zachować stosowny poziom bezpieczeństwa w sytuacji, gdy nie jesteśmy pewni z jaką instalacją mamy do czynienia należy traktować ją jak nie wyposażoną w zawór nadmiarowy i taktykę działań dostosować do zagrożenia związanego z możliwością eksplozji zbiornika.*

Prawdopodobieństwo zaistnienia takiej sytuacji nie jest duże, jednak mimo wszystko występuje. Przypomnijmy, że jest ono największe w przypadku zbiornika przepełnionego. W czasie trwania pożaru, zanim dojdzie do wypalenia uszczelki i rozprężenia gazu tą drogą (zbiornik nie wyposażony w zawór bezpieczeństwa), istnieje duże prawdopodobieństwo wcześniejszego wybuchu zbiornika. Dokładnie opisano to zagadnienie w rozdziale 6.

## 10.2 Analiza zagrożeń - tok postępowania

Analizując zagrożenia wynikające z obecności gazu w samochodzie należy stwierdzić, iż najistotniejszym jest groźba wybuchu ulatniającego się gazu lub rozerwanie zbiornika będącego efektem pożaru i następnie wybuch gazu.

### 10.2.1 Wyciek gazu

Wybuch może zaistnieć wtedy, gdy w czasie wypadku uszkodzony zostanie płaszcz zbiornika i nastąpi wyciek gazu. W zależności od tego jak ukształtowany będzie po wypadku pojazd oraz jak wielkie będzie uszkodzenie zbiornika strefa obejmująca stężenie wybuchowe może się znajdować:

- w przypadku wycieku o niewielkim natężeniu - w bezpośredniej okolicy umiejscowienia zbiornika oraz miejsc przebiegu instalacji, a więc w bagażniku, w przedziale pasażerskim, w komorze silnika;
- w przypadku wycieku o dużym natężeniu - w bezpośredniej okolicy umiejscowienia zbiornika, miejsc przebiegu instalacji, a więc w bagażniku, w przedziale pasażerskim, w komorze silnika oraz w bezpośrednim otoczeniu samochodu (przykładowy zasięg stref zagrożonych wybuchem w warunkach bezruchu powietrza przedstawiono w rozdziale 9.5).

Z uwagi na fakt, że propan-butan jest zdecydowanie cięższy od powietrza, wyciekający gaz będzie spływał w najniższej położone zagłębienia, a w terenie płaskim utworzy ścielącą się nad ziemią przestrzeń zagrożoną wybuchem. Wielkość strefy wybuchowej w znacznym stopniu uzależniona będzie od warunków atmosferycznych. Im silniejszy wiatr tym szybciej strefa zagrożenia wybuchem będzie rozwiewana i niebezpieczeństwo będzie się zmniejszało. Propan-butan jest gazem bezbarwnym, wobec czego nie będzie można wzrokowo zaobserwować jego obecności. Jedyną możliwością stwierdzenia jego obecności to eksplozometr wyskalowany na pomiar dolnej granicy wybuchowości mieszaniny tego gazu z powietrzem. Analiza właściwości fizykochemicznych propanu-butanu (*cięższy od powietrza, nietoksyczny*), konstrukcji systemu zasilania (*ilość gazu w instalacji, istnienie zaworów odcinających, komory wydzielonej i systemu wentylacji, umiejscowienie zbiornika w wydzielonej od kabiny kierowcy i pasażerów przestrzeni, itd.*) oraz warunków, w których miał miejsce wypadek drogowy (*teren otwarty*) wyklucza możliwość wystąpienia zatrucia osób znajdujących się wewnątrz pojazdu od wydobywającego się gazu. Dla służb ratowniczych, pracujących przy wypadku na wolnym powietrzu zagrożenie zatruciem w tej sytuacji również należy wykluczyć.

## TOK POSTĘPOWANIA

W przypadku wycieku propanu-butanu pojazdy uczestniczące w wypadku należy zabezpieczyć przed wystąpieniem wszelkiego rodzaju zaiskrzeń powodowanych zwarcieniem lub uderzeniem oraz stosować tylko urządzenia nieiskrzące. Po zderzeniu pojazdu silnik spalinowy zostaje zablokowany w wyniku unieruchomienia kół. Nie stanowi on w tej sytuacji źródła zagrożenia. Mogą natomiast wystąpić problemy z funkcjonującą w dalszym ciągu instalacją elektryczną. Generalnie w zastanym na miejscu wypadku stanie instalacji elektrycznej nie należy zmieniać niczego co mogłoby doprowadzić do niebezpiecznego przeskoku iskry. Na przykład jeżeli w samochodzie będą się paliły światła nie należy ich wyłączać. Nie należy również odłączać akumulatora poprzez zdjęcie klem lub też przecięcie przewodów. Przy pomocy urządzeń pomiarowych należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem a następnie usunąć i zabezpieczyć przed przypadkowym wprowadzeniem do wyznaczonej strefy elementów mogących doprowadzić do wybuchu. W trakcie wyznaczania strefy równocześnie należy podjąć działania związane z ratowaniem osób poszkodowanych używając do tego celu urządzeń nieiskrzących. Jeżeli nie można uniknąć stosowania urządzeń iskrzących wówczas konieczne jest obniżenie stężenia gazu. Obniżenie to może nastąpić samoistnie poprzez oddziaływanie wiatru. Wystarczy wówczas odczekać i kontrolować poziom stężenia eksplozometrem. Można wykonać także nadmuchi przy pomocy wentylatorów jeśli stężenie wybuchowe będzie się w dalszym ciągu utrzymywało. Należy jednak pamiętać, że w zagłębieniach karoserii może pozostać gaz, dlatego działania ratownicze pomimo istniejącego przewiewu lub wykonania nadmuchu należy prowadzić bardzo ostrożnie.

Asekuracyjne podanie wody lub piany na komorę silnika, w przypadku braku możliwości odłączenia akumulatora, może powodować niebezpieczne zwarcia w instalacji elektrycznej, stąd tego typu rozwiązań taktycznych w obecności stężenia wybuchowego należy unikać.

### 10.2.2 Pożar samochodu

Podczas wypadku związanego z pożarem należy przeanalizować kilka możliwych do zaistnienia sytuacji:

- pożar oddziałujący na zbiornik w stanie nienaruszonym;
- pożar oddziałujący na zbiornik, który w wyniku wypadku uległ zgnieceniu bez rozszczelnienia;
- pożar oddziałujący na zbiornik, który w wyniku wypadku uległ rozszczelnieniu.

Inne elementy instalacji gazowej nie mają z punktu widzenia bezpieczeństwa większego znaczenia ponieważ każde przepalenie przewodu będzie związane ze wzrostem wypływu propanu-butanu, a to z kolei przy nieuszkodzonym wielozaworze spowoduje zadziałanie zaworów odcinających wypływ gazu ze zbiornika.

Analiza powstałych zagrożeń podczas pożaru musi być wykonana bardzo szybko i stosunkowo dokładnie. Może ją wykonać osoba, która będzie zorientowana w ogólnych zasadach budowy instalacji gazowych oraz będzie znała ich zachowanie się w warunkach pożaru. W analizie należy uwzględnić sposób zderzenia samochodów oraz należy w miarę możliwości starać się odpowiedzieć na pytania:

- czy w wyniku zderzenia mogło nastąpić zgniecenie zbiornika ?
- czy w wyniku zderzenia mogło nastąpić rozszczelnienie zbiornika ?
- czy występują symptomy świadczące o tym, że instalacja może być wyposażona w zawór bezpieczeństwa ? (okresowe wzmaganie się spalania, pojawienie się żółtego płomienia, dający się słyszeć okresowo syk związany z upuszczaniem gazu ze zbiornika przez zawór bezpieczeństwa);
- jak długo zbiornik podlegał oddziaływaniu płomieni, jeżeli zderzenie nie było związane z rozszczelnieniem ?

Jeżeli zgniecenie pojazdu będzie dotyczyło tylnej jego części, wówczas należy się zorientować, czy zderzenie było na tyle niekorzystne że występuje prawdopodobieństwo zniekształcenia zbiornika. Jeśli miałyby to miejsce to należy pamiętać, że w zbiornikach nie wyposażonych w zawory bezpieczeństwa nastąpi przyrost ciśnienia spowodowany zmniejszeniem się objętości zbiornika. W przypadku krytycznym może dojść do zlikwidowania poduszki gazowej, co stwarza zagrożenie rozerwania zbiornika już przy niewielkim wzroście temperatury (patrz Roz.6). W sytuacji, gdy w tylnym bagażniku oraz kabine pasażerów pojawi się duża ilość intensywnego biało-żółtego ognia będzie można przypuszczać, że zbiornik uległ rozszczelnieniu, a wyciekający gaz spala się. Jeżeli płomienie będą występować okresowo będzie można przypuszczać, że zadziałał nadmiarowy zawór bezpieczeństwa. Jeżeli upewnimy się, że zadziałał zawór bezpieczeństwa będziemy mogli mieć również pewność, że nawet długotrwałe oddziaływanie płomieni nie spowoduje wybuchu zbiornika. W przypadku, gdy nie będą widoczne oznaki rozszczelnienia lub zadziałania zaworu bezpieczeństwa decydującego znaczenia nabiera czas bezpośredniego oddziaływania płomieni na zbiornik oraz pojemność tego zbiornika. W tym zakresie niestety nie ma żadnych przesłanek, które mogłyby być podstawą do oceny zagrożenia. Zbiornik zawierający propan-butan nie wyposażony w zawór bezpieczeństwa, poddawany ciąglemu oddziaływaniu temperatury może ulec rozerwaniu, a w konsekwencji

może dojść do wybuchu utworzonej z powietrzem mieszaniny propanu-butanu. Oczywiście rozerwanie zaistnieje o ile w zbiorniku będzie odpowiednia ilość gazu oraz będzie dostarczona odpowiednia ilość ciepła. Im mniej materiałów palnych znajduje się w miejscu takiego zdarzenia tym mniejsze jest prawdopodobieństwo, że powstałe w wyniku ich spalania ciepło jest w stanie doprowadzić do rozerwania zbiornika z gazem. Największe prawdopodobieństwo wybuchu zbiornika występuje w przypadku oddziaływania temperatury na zbiornik przepelniony lub zgnieciony, nie posiadający zaworu bezpieczeństwa. W tych przypadkach ma miejsce zanik lub zmniejszenie w zbiorniku gazowej poduszki kompensującej wzrost ciśnienia spowodowany wzrostem temperatury.

Przeprowadzając rozpoznanie podczas zdarzenia należy zwrócić uwagę również na ewentualne skutki wybuchu zbiornika z gazem. Poza poszkodowanymi znajdującymi się w bezpośrednim zagrożeniu należy zorientować się czy w promieniu 100 m od samochodu nie znajdują się osoby postronne, które mogłyby doznać obrażeń w czasie wybuchu i w takiej odległości należy zabezpieczyć teren zdarzenia.

Jeżeli zbiornik uległ rozszczelnieniu, wówczas w bagażniku pojawi się duża ilość płomieni a spalnie będzie bardzo intensywne. Istotnym zagrożeniem w takim przypadku jest gwałtowne rozprzestrzenianie się ognia do wnętrza samochodu, powodujące bezpośrednie zagrożenie dla osób poszkodowanych w wypadku.

### TOK POSTĘPOWANIA

Jeśli zbiornik na gaz przetrzymał kolizję i nie uległ uszkodzeniu, jego rozerwanie może nastąpić jedynie w czasie pożaru samochodu. Warunki jakie muszą zostać spełnione, aby to nastąpiło opisano w poprzednich rozdziałach.

Ratując osoby poszkodowane należy w pierwszej kolejności podać rozproszony prąd wody z linii szybkiego natarcia do wnętrza kabiny, równocześnie rozwijając drugą linię gaśniczą z rozproszonym prądem wody w celu bezpośredniego chłodzenia zbiornika z gazem. Jeżeli w zdarzeniu nastąpi wyciek paliwa, który tworząc plamę dookoła samochodu zintensyfikuje pożar nie będzie możliwe podjęcie bezpośrednich działań ratowniczych w stosunku do osób znajdujących się wewnątrz pojazdu. Najskuteczniejszym rozwiązaniem w takim przypadku byłoby podanie prądu piany na powierzchnię paliwa i z chwilą uzyskania dojścia do poszkodowanych podanie rozproszonego prądu wody. W praktyce takie rozwiązanie taktyczne możliwe będzie do zastosowania tylko wtedy, gdy na miejsce zdarzenia zadysponowane zostaną dwa samochody gaśnicze wodno-pianowe ponieważ samochody krajowej



produkcji nie posiadają instalacji wodno-pianowych z rozdziałem roztworu środka pianotwórczego i wody oddzielnie na poszczególne nasady tłoczne. Budowa linii gaśniczej z zasysaczem liniowym jest w takim przypadku zbyt czasochłonna. Wyściem z tej sytuacji może być zastosowanie w pierwszej kolejności rozproszonych prądów wodnych do ugaszenia rozlewiska paliwa, następnie ewakuowanie uszkodzonych i zabezpieczenie rozlewiska warstwą piany przed ponownym rozpaleniem.

Podczas podawania piany należy unikać bezpośredniego kontaktu piany z osobami uszkodzonymi. Odkażanie ran będzie bardzo skomplikowane ponieważ środek pianotwórczy ma odczyn zasadowy.

Po ugaszeniu pożaru pozostają działania zmierzające do wydobycia z pojazdu osób uszkodzonych. W tym zakresie obowiązują zasady identyczne jak podczas normalnych działań w ratownictwie drogowym. Na poparzone ciała i rany otwarte, w celu odebrania ciepła można podać tylko czystą wodę. Chłodzenie miejsc oparzonych należy kontynuować również w trakcie i po wydobyciu osób uszkodzonych z samochodu, do czasu przybycia służby medycznej. Ze względu na osoby uszkodzone użycie proszku jako środka gaśniczego jest również nie wskazane. Jeżeli w palącym się samochodzie nie będzie już osób uszkodzonych lub też stan tych osób będzie świadczył o ich zgonie (*zwęglenia ciała, brak ruchu, duża ilość intensywnego ognia wewnątrz kabiny*) działania gaśnicze będą czynione przede wszystkim po to, by nie dopuścić do wybuchu zbiornika z gazem. Działania takie będą determinowane głównie przez warunki otoczenia (*czy wypadek nastąpił w terenie zaludnionym, czy w promieniu 100 m znajdują się obiekty, które mogłyby zająć się ogniem lub ulec zniszczeniu w czasie wybuchu*). Wówczas do gaszenia można stosować najbardziej skuteczne środki gaśnicze. Doświadczenia wykazały, że wybuch zbiornika z gazem, w przypadku braku zaworu bezpieczeństwa, następuje już po trzech minutach od chwili bezpośredniego kontaktu zbiornika z płomieniami. Biorąc pod uwagę, że karoseria samochodu w początkowej fazie pożaru chroni zbiornik przed bezpośrednim dostępem płomieni, eksplozja zbiornika nastąpi z kilkuminutowym opóźnieniem. W zależności od intensywności i gwałtowności rozwoju pożaru może nastąpić to w przybliżeniu pomiędzy 6 a 10 minutą od chwili powstania pożaru. Teren zagrożony skutkami wybuchu zabezpieczyć przed dostępem osób postronnych a samochody pożarnicze ustawić poza przewidywanym obszarem rażenia.

W nocy teren wypadku należy oświetlić światłami samochodowymi lub reflektorami halogenowymi będącymi na wyposażeniu samochodów gaśniczych i ratowniczych ewentualnie wezwać na miejsce zdarzenia samochód oświetleniowy. Samochody pożarnicze należy pozostawić z włączonymi światłami alarmowymi, awaryjnymi i oświetleniowymi. Dodatkowo w stosownej odległości należy ustawić na drodze elementy świetlne pulsujące.

W oznakowaniu terenu zagrożonego należy uwzględnić wszelkiego rodzaju drogi i ścieżki polne znajdujące się w obszarze rażenia wybuchem. Ustawiając pojazdy i stanowiska gaśnicze należy uwzględnić wszelkiego rodzaju naturalne zasłony, chroniące przed skutkami wybuchu.

## ZBIORNIK Z PALIWEM

W czasie pożaru samochodu zapaleniu ulega powłoka lakiernicza, wszystkie elementy wykonane z tworzywa sztucznego, w tym również korek wlewu paliwa i/lub jego uszczelnienie oraz elastyczne połączenie wlewu paliwa ze zbiornikiem. Spalenia elementów związanych ze zbiornikiem paliwa jest stosunkowo istotne, ponieważ w tym momencie następuje bezpośredni kontakt płomieni z oparami benzyny zgromadzonymi wewnątrz zbiornika. Jeżeli wypełnienie zbiornika z paliwem będzie niewielkie (*większa przestrzeń wypełniona oparami*), wówczas gwałtowny wzrost ciśnienia spowodowany spalaniem może doprowadzić do rozerwania zbiornika i wybuchu. Doświadczalnie stwierdzono, że pole rażenia może przyjąć średnicę około 40 m (*patrz Roz.8.2*). Dla bezpieczeństwa, podczas działań ratowniczych, prowadzonych w obecności zagrożenia wybuchem zbiornika paliwa, należy przyjąć granicę podjęcia o promieniu 30 m.

Jak wykazały doświadczenia wybuch zbiornika z paliwem nie spowodował wybuchu zbiornika z gazem. Wynika to przede wszystkim z faktu, że do badań użyto zbiorniki wyposażone w zawór bezpieczeństwa, który skutecznie ograniczał wzrost ciśnienia oraz z bezwładności cieplnej zgromadzonego wewnątrz zbiornika gazu i wytrzymałości mechanicznej samego zbiornika. Wybuch lub rozszczerzenie zbiornika z paliwem jest momentem gwałtownego rozwoju pożaru i można go uznać jako początek bezpośredniego oddziaływania płomieni na zbiornik z gazem.

## Uwaga końcowa

Na terenie kraju coraz liczniejsze są przypadki pożarów samochodów wyposażonych w instalacje zasilania gazem propan-butan. Odnotowywane są przypadki niewłaściwego zakładania instalacji oraz wykonywania w nich przeróbek (*dane UDT*), które wywołują duże zagrożenie (*patrz Roz.6 i 7*). W przypadku, gdy rozpoznanie okoliczności zdarzenia nie wyeliminuje niepewności, że zbiornik może wybuchnąć, podjęcie działań ratowniczych musi być obwarowane warunkami maksymalnego bezpieczeństwa ratowników.

Każde działania w warunkach zagrożenia wybuchem są działaniami prowadzonymi z narażeniem zdrowia lub życia ratowników i do ich podjęcia potrzebna jest jednoznaczna decyzja dowodzącego akcją ratowniczą. Decyzja taka musi być zgodna z przesłaniem jakie niesie za sobą przepis o podjęciu działań po odstąpieniu od zasad uznanych powszechnie za bezpieczne, dlatego też podejmując je w takich warunkach należy mieć pewność, że istnieje szansa na uratowanie zdrowia lub życia ludzkiego.

### 10.3 Używanie sprzętu ratowniczego

Wypadki drogowe najczęściej wiążą się z koniecznością użycia ratowniczego sprzętu hydraulicznego oraz sprzętu popularnie określanego burzącym. Będą to więc rozpieracze hydrauliczne, nożyce, łańcuchy, drążki rozporowe i szereg innych narzędzi specjalistycznych. Do tego należy dodać piły, łomy, siekiery, liny stalowe, łańcuchy, haki itd. Wydobywanie ofiar, jak również podnoszenie pojazdów wymaga użycia dużej grupy sprzętu, w którym znajdują się również narzędzia iskrzące. Z tego względu w takich sytuacjach konieczne jest dokonanie pomiaru stężeń wybuchowych zarówno w bezpośredniej okolicy pojazdu jak i wewnątrz w miejscu zamontowania zbiornika. Ponieważ propan-butan jest prawie dwukrotnie cięższy od powietrza pomiary należy wykonywać na wysokości około 0,5 m od powierzchni oraz w przesłonięciach pod samochodem. Tam mogą bowiem występować stężenia wybuchowe.

W zderzeniach czołowych najczęściej mamy do czynienia z rozległymi zniszczeniami elementów umieszczonych w komorze silnikowej. Również należy przewidywać, że zniszczeniu ulegną urządzenia wchodzące w skład instalacji gazowej. Jeśli zostanie zerwany główny przewód doprowadzający gaz do reduktora odparowywacza wówczas zadziała zawór odcinający wypływ gazu w wielozaworze. Jeśli uszkodzenie będzie wiązało się z wyciekami o niewielkim natężeniu wówczas zawór odcinający nie zamknie wypływu gazu ze zbiornika - w okolicy komory silnikowej będzie tworzyła się mieszanina wybuchowa. Prowadząc czynności ratownicze np.: odciąganie kolumny kierowniczej przy użyciu łańcuchów możemy spowodować zaiskrzenie. W zależności od stężenia i szeregu innych okoliczności może wystąpić wybuch lub wyfuknięcie. Podobne kroki ostrożności należy podejmować przy odłączaniu akumulatora z uwagi na możliwość przeskoku iskry elektrycznej.

### 10.4 Zabezpieczenie terenu akcji ratowniczej

Każde miejsce działań ratowniczych powinno być odpowiednio zabezpieczone przed dostępem osób postronnych. Gwarantuje to nie tylko sprawne przeprowadzenie akcji, ale również w niektórych sytuacjach bezpieczeństwo "gapiom", których na ogół przy takich zdarzeniach nie brakuje. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia w działaniach ratowniczych prowadzonych w czasie wypadków z udziałem samochodów wyposażonych w instalację gazową. Po pierwsze mamy tu do czynienia ze zbiornikiem ciśnieniowym wypełnionym palnym gazem, który w czasie pożaru samochodu może eksplodować; po drugie w czasie wypadku mogło dojść do rozszczelnienia instalacji i utworzenia wokół samochodu strefy zagrożonej wybuchem. Przy bezwietrznej pogodzie strefa stężeń wybuchowych przy rozszczelnieniu zbiornika może sięgać kilkunastu metrów od pojazdu (patrz: Tab.7; Rys.25). Tak zwaną "iskrą" może w tym przypadku okazać się osoba postronna.

Jeśli chodzi o wielkość zabezpieczanego obszaru to należy tu brać pod uwagę głównie strefę zagrożenia w przypadku wybuchu.

Tab.7. Zasięg strefy zagrożonej wybuchem w przypadku wycieku propanu-butanu 30-70.

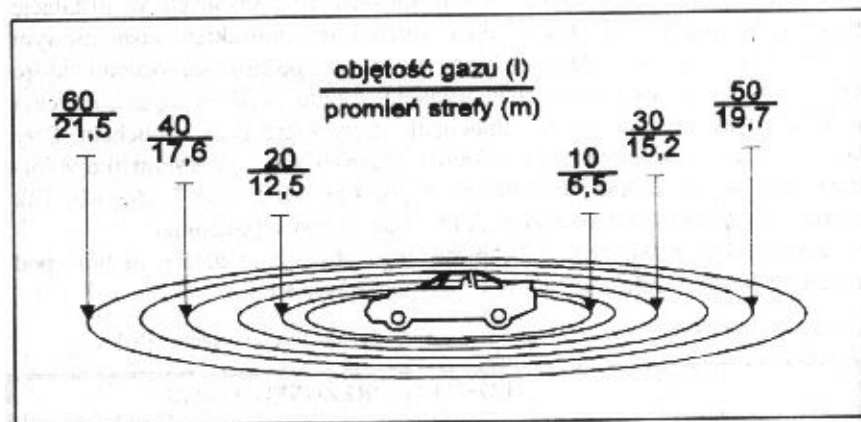
PARAMETR (w metrach)	ILOŚĆ ROZPRĘŻONEGO GAZU (w litrach)										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
PROMIEN STREFY ZAGROŻONEJ	6,5	12,5	15,2	17,6	19,7	21,5	23,3	24,6	26,4	27,8	29,3

Uwaga: naliczono dla warunków normalnych ( $t=0^{\circ}\text{C}$ ;  $p=1013\text{ hPa}$ ), przy bezruchu powietrza oraz przy założeniu wysokości strefy  $H=0,5\text{ m}$  i  $\text{DGW} = 2\%$ .

Czynnikami rażącymi może być wybuch mieszaniny gazowej i powstała w tym czasie fala termiczna oraz wybuch zbiornika i rozrzucone wokół pojazdu fragmenty instalacji lub karoserii. Jak wynika z prowadzonych obserwacji większy jest w tym przypadku obszar rażenia w czasie eksplozji zbiornika, którego fragmenty mogą znaleźć się w odległości nawet do 60 m od pojazdu (patrz Roz.9). Oczywiście ostatecznie uzależnione to będzie od pojemności zbiornika i stopnia jego napełnienia. Z tego można już wyznaczyć obszar zagrożony, który należy zabezpieczyć przed dostępem osób postronnych.

Jak wyjaśniono w poprzednich rozdziałach zagrożenie wybuchu zbiornika jest znikome w przypadku prawidłowej eksploatacji systemu. Jednak prowadząc rozpoznawanie dowódca nie jest w stanie stwierdzić, czy instalacja jest

dobra i wykonana przez autoryzowany zakład, oraz czy użytkownik nie dokonał przeróbek, które mogą okazać się bardzo niebezpieczne w warunkach ekstremalnych. Jeszcze raz w tym miejscu należy przypomnieć, że możemy spotkać się ze zbiornikiem przepelnionym i wówczas już niewielka zmiana temperatury (patrz Roz. 6) doprowadzi do jego wybuchu. Z tych względów przy wyznaczaniu strefy zagrożonej należy brać pod uwagę wariant najbardziej niekorzystny.



Rys. 25. Zasięg stref zagrożonych wybuchem.

## LITERATURA

1. P.G. Demidow...: "Taktyka pożarnicza." WOSP, Warszawa 1979r.
2. Tadeusz Drapała: "Chemia fizyczna." Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978r.
3. Jerzy Grzegorzcyk: "Samochód gazowy." Podręcznik systemu LPG. (nie publikowane).
4. M.Herman, A.Kalestyński, L.Widomski: "Podstawy fizyki." Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1980r.
5. Zygmunt Jazukiewicz: "Z butlą w bagażniku." Przegląd Techniczny nr 42/93, str.:17-18.
6. Tuge Lyden: "Próby ogniowe z butlami z gazem płynnym." Biuletyn Informacji Technicznej nr 1/1964, str.: 79-94 (w opracowaniu inż. S.Berkowskiego).
7. Zbigniew Rak: "Eksplozja butli z gazem propanowo-butanowym." Dozór Techniczny nr 1/64, 1975r., str.:11-15.
8. Jerzy Sitkiewicz: "Instalacje i urządzenia na gaz płynny." Instytut Wydawniczy CRZZ, Warszawa 1976r.
9. Włodzimierz Wiśniewski: "Gaszenie pożarów butli z gazami technicznymi." Biuletyn Informacyjny KGSP, Warszawa 1967r.
10. Mirosław Zdanowski: "Niebezpieczeństwa towarzyszące stosowaniu gazowych paliw energetycznych." Biuletyn Informacji Technicznej nr 4/1979, str. 3-12.
11. Mirosław Zdanowski: "Podstawy oceny zagrożenia wybuchem." Instytut Wydawniczy CRZZ, Warszawa 1974r.
12. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 01.02.1993 w sprawie warunków technicznych i badań pojazdów (Dz.U. nr 21/1993, poz. 91).
13. Regulamin nr 67 ONZ: "Jednolite przepisy dotyczące homologacji specjalnego wyposażenia pojazdów samochodowych napędzanych gazami ciekłymi" - załącznik nr 66 z 1 czerwca 1987r. do Porozumienia dotyczącego "Jednolitych warunków homologacji wyposażenia i części pojazdów samochodowych", Genewa, 20 marzec 1958.
14. Materiały z sympozjum nt.: "Zagrożenia wybuchowe gazu propan-butan występujące w transporcie publicznym, magazynowaniu i ogrzewnictwie wraz z uwarunkowaniami prawnymi jego stosowania". Zakład Gazyfikacji Beprzewodowej, Gdynia 14.06.1994r.

## ROZDZIAŁ 8 opracowano na podstawie filmów:

1. "Australian LPG Pure Energy" - Produced by Win TV WOLLONGONG 1987;
2. "G.P.L. Carburante Ecologico. Tecnologia Sicurezza Ekologia"- regia: Roberto Quagliano; Centro Stampe Gas Per Autotrazione.

# ZAŁĄCZNIK

Załącznik nr 3 do  
ROZPORZĄDZENIA MINISTRA TRANSPORTU  
I GOSPODARKI MORSKIEJ

z dnia 1 lutego 1993 r.

w sprawie warunków technicznych i badań pojazdów.

## ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU I GOSPODARKI MORSKIEJ

z dnia 1 lutego 1993 r.

w sprawie warunków technicznych i badań pojazdów.

### Załącznik nr 3

#### WARUNKI DODATKOWE DLA POJAZDÓW PRZYSTOSOWANYCH DO ZASILANIA GAZEM

#1. Użyte w załączniku określenia oznaczają:

- 1) gaz - gaz ziemny i gaz płynny,
- 2) gaz ziemny - gaz sprężony, którego podstawowym składnikiem jest metan,
- 3) gaz płynny - gaz, którego podstawowymi składnikami są: propan i butan,
- 4) instalacja - zestaw elementów i urządzeń umieszczonych w pojeździe, niezbędnych do zasilania silnika gazem,
- 5) zbiornik - pojemnik na gaz umieszczony na stałe w pojeździe,
- 6) butla - wymienny pojemnik na gaz płynny.

#2.1. Pojazd zasilany gazem powinien być wyposażony co najmniej w:

- 1) układ sygnalizacji minimalnego ciśnienia gazu - w odniesieniu do gazu ziemnego, poniżej którego zasilanie tym gazem jest niedopuszczalne,
- 2) układ sygnalizacji przełączenia na zasilanie gazowe
- 3) gaśnicę, jeśli nie jest przewidziana w ogólnych wymaganiach dotyczących wyposażenia pojazdu.

2. Pomieszczenie, w którym umieszczone są zbiorniki z gazem powinno być przewietrzane i połączone z atmosferą co najmniej dwoma otworami; przekrój każdego otworu nie może być mniejszy niż 5 cm<sup>2</sup>. Wylot wentylacyjny powinien znajdować się możliwie najwyżej w odniesieniu do gazu ziemnego i możliwie najniżej w odniesieniu do gazu płynnego, a także powinien być zabezpieczony przed przesłonięciem.

3. Wyposażenie pojazdu w instalację nie może naruszać parametrów określonych przez producenta pojazdu, a zwłaszcza dotyczących masy całkowitej pojazdu, jego nacisków osi oraz położenia środka masy.

4. Wyposażenie pojazdu w instalację nie powinno zakłócać pracy podstawowego zasilania, jeśli pozostało ono w pojeździe.

5. Prześwit pojazdu nie może ulec zmniejszeniu w wyniku zabudowy instalacji, przy czym żaden z jej elementów nie może znajdować się niżej niż 0,2m od jezdni, jeśli nie jest osłonięty podłogą pojazdu.

6. Ujęcie wlotu powietrza do układu wentylacji i ogrzewania nie może znajdować się w komorze silnika.

7. Wylot rury wydechowej nie może być skierowany w stronę jakiegokolwiek elementu instalacji.

#3.1 Instalacja na gaz ziemny powinna być projektowana na ciśnienie robocze zbiorników wynoszące 20 MPa, a na gaz płynny - 2,4 MPa.

2. Złącza instalacji, przez które przepływa gaz, powinny znajdować się w miejscach łatwo dostępnych dla kontroli ich szczelności.

3. Instalacja powinna być przystosowana do pracy w temperaturach otoczenia:

- 1) od -30 do +40 °C dla gazu ziemnego,
- 2) od -20 do +40 °C dla gazu płynnego.

4. Na elementy i zespoły instalacji, w których panuje nadciśnienie gazu, powinny być wydane atesty stwierdzające ich dopuszczenie do stosowania oraz powinny być odpowiednio oznakowane.

5. Przełączanie zasilania powinno być możliwe z pozycji kierującego pojazdem bez konieczności wylączenia silnika.

6. W pojazdach z silnikami o zapłonie samoczynnym instalacja powinna zagwarantować odcięcie wypływu gazu po osiągnięciu maksymalnej prędkości obrotowej silnika.

7. W instalacjach zasilania gazem ziemnym wymagane jest stosowanie co najmniej jednego manometru.

8. W instalacjach zasilania gazem płynnym wymagane jest stosowanie:

- 1) wskaźnika poziomu gazu dla każdego zbiornika,

2) zaworu odcinającego, umieszczonego możliwie najbliższej parownika od strony zasilania,

3) urządzeń uniemożliwiających przepływ gazu pomiędzy zbiornikami (*butlami*) o różnicowanym ciśnieniu.

9. Kompletację instalacji oraz sposób jej połączenia i umieszczenia w pojeździe określa zakład montujący na podstawie danych jej producenta.

10. Instalacja powinna być zabezpieczona przed korozją.

11. Budowa instalacji powinna umożliwiać przeprowadzenie badań okresowych.

12. Elementy i zespoły instalacji narażone na mechaniczne uszkodzenia powinny być odpowiednio zabezpieczone.

13. Elementy instalacji nie mogą wystawać poza obrys nadwozia pojazdu.

14. Instalacja nie może utrudniać w sposób istotny dostępu do silnika i innych zespołów.

15. Rozłączenie złącz gazowych instalacji nie powinno być możliwe bez użycia narzędzi; nie dotyczy to złącza butla-przewód.

16. Elementy instalacji, w których znajduje się lub przez które przepływa gaz, nie mogą być umieszczone w pomieszczeniu przeznaczonym do przewozu osób.

17. Niedopuszczalny jest wypływ gazu po zatrzymaniu się silnika.

#4.1 Zbiorniki (*butle*) powinny spełniać wymagania określone w warunkach technicznych dozoru technicznego.

2. Zbiorniki (*butle*) powinny być tak zainstalowane w pojeździe, aby były

maksymalnie chronione przed skutkami zderzeń, w tym głównie od przodu i tyłu pojazdu, a w przypadku ich umieszczenia w przestrzeni ładunkowej samochodów ciężarowych powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniem ładunkiem.

3. Zbiorniki (*butle*) powinny być skutecznie osłonięte przed działaniem promieni słonecznych.

4. Mocowanie zbiorników (*butli*) do pojazdu powinno zabezpieczyć przed jego przemieszczeniem przy działaniu na pojazd przyspieszenia w kierunku wzdłużnym - 20g (*g-przyspieszenie ziemskie*), a w kierunku poprzecznym - 8g. Elementy mocowania przylegające do zbiornika (*butli*) powinny być elastyczne i nie absorbować wilgoci.

5. Pomiędzy zbiornikami (*butlami*) na gaz a zbiornikiem na benzynę powinna być zachowana odległość nie mniejsza niż 0,05 m, jeśli nie są one oddzielone od siebie metalową przegrodą.

6. Zbiorniki (*butle*) powinny być wyposażone w zawory odcinające, a ponadto w odniesieniu do przewidzianej na gaz płynny zawory:

- 1) napełniania,
- 2) ograniczającego wypływ gazu.

7. Zbiorniki (*butle*) powinny być tak umieszczone w pojeździe, aby była możliwość łatwego:

- 1) dostępu do zaworów odcinających,
- 2) odczytu stanu napełnienia (*nie dotyczy butli*),
- 3) odczytu danych dotyczących oznakowań identyfikacyjnych oraz cech legalizacji.

8. Zbiorniki na gaz płynny (*butle*) powinny być tak umieszczone, aby w pozycji roboczej wypływ gazu następował w stanie ciekłym.

9. Zabrania się instalowania zbiorników (*butli*) w części przedniej pojazdu oraz w komorze silnika.

10. W pobliżu zbiorników (*butli*) nie powinny znajdować się sztywne elementy o ostrych krawędziach.

11. Odległość zbiorników (*butli*) od układu wydechowego nie może być mniejsza niż 0,1 m, jeśli nie jest zastosowana osłona termiczna.

12. Nie dopuszcza się jakichkolwiek przeróbek zbiornika (*butli*).

#5.1. Zawory do napełniania zbiorników powinny być tak umieszczone, aby było możliwe ich napełnianie z zewnątrz pojazdu lub z komory silnikowej.

2. Zawory napełniania i zawory zbiorników (*butli*) gazu powinny być sterowane ręcznie.

3. Zawory sterowane ręcznie powinny mieć jednoznacznie oznaczone położenia zamknięcia i otwarcia lub podany kierunek zamykania i otwierania.

4. Dopuszcza się stosowanie zespolonego zaworu do napełniania i odcinania wypływu gazu.

5. Zawory powinny być zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych.

#6.1. Przewody metalowe zastosowane w instalacji powinny być bez szwu

2. Przewody powinny być tak ułożone, aby:

- 1) mogły być łatwo kontrolowane,
- 2) nie ocierały się o elementy pojazdu,
- 3) odległość od układu wydechowego nie była, mniejsza niż 0,1 m, jeśli nie stosuje się ekranu termicznego,

4) mocowanie wykluczało ich wibrację, przy czym odległość pomiędzy podpórkami nie powinna przekraczać 0,7 m.

3. Przewody, w których panuje nadciśnienie gazu 20 MPa, powinny być metalowe.

4. W przypadku braku możliwości spełnienia wymagań określonych w ust.2 pkt 1 i 5, dopuszcza się odstępstwo dla przewodu łączącego zbiornik z reduktorem, pod warunkiem dodatkowego zabezpieczenia go przed korozją i mechanicznymi uszkodzeniami oraz niezbędnej wentylacji przestrzeni, w której jest umieszczony.

5. Przewody metalowe łączące elementy instalacji, które w czasie eksploatacji pojazdu mogą podlegać wzajemnym przemieszczeniom, powinny być ukształtowane w pętli o promieniu krzywizny dostosowanym do średnic przewodu.

#7.1. Reduktor nie może włączać się do pracy, gdy w króćcu wypływu gazu nie panuje podciśnienie.

2. Na pracę reduktora nie może wywierać wpływu przyspieszanie bądź opóźnianie ruchu pojazdu.

3. Odległość reduktora od układu wydechowego nie może być mniejsza niż 0,1 jeśli nie jest stosowany ekran termiczny.

#8.1. Zbiorniki zamontowane w przestrzeni zamkniętej pojazdu powinny być umieszczone w szczelnej obudowie całkowitej lub być wyposażone w szczelną obudowę osłaniającą jedynie zawory. W przypadku obudów osłaniających zawory zbiorniki powinny być fabrycznie do takiego osłonięcia przystosowane.

2. Obudowy powinny być wyposażone co najmniej w dwa otwory wenty-

lacyjne połączone z atmosferą poza przestrzenią zamkniętą pojazdu, umożliwiające wymianę powietrza w czasie ruchu pojazdu. Otwór wentylacyjny powinien mieć powierzchnię przekroju nie mniejszą niż 5 cm<sup>2</sup>. Wyloty otworów wentylacyjnych nie mogą znajdować się bliżej niż 0,25 m od układu wydechowego.

3. Obudowy osłaniające zbiorniki, osłaniające zawory zbiorników oraz przewody układu przewietrzania obudów powinny wykazywać szczelność przy nadciśnieniu: 0,05 MPa w odniesieniu do obudów na całe zbiorniki i 0,1 MPa w odniesieniu do obudów na zawory. W trakcie próby wymienione elementy nie powinny wykazywać odkształceń.

4. Zamykanie obudów powinno być tak urządzone, aby nie istniała możliwość przypadkowego ich otwarcia.

5. Wielkość obudów na całe zbiorniki powinna być taka, aby odległość między ich ściankami a zbiornikiem nie była mniejsza niż 0,02 m.

#9.1. Pojazd zasilany gazem może być używany po uzyskaniu adnotacji w dowodzie rejestracyjnym o treści: "przystosowany do zasilania gazem".

2. Adnotacji, o której mowa w ust.1, dokonują uprawnione stacje kontroli pojazdów na podstawie:

- 1) zaświadczenia o dostosowaniu pojazdu do zasilania gazem, wydanego przez wytwórnę pojazdu lub uprawniony zakład, który dokonał tego dostosowania, albo
- 2) przeprowadzonego badania.