

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128771

ARAÇLARDA DOĞALGAZ KULLANIMI

Müh. Hakan KARABAY

F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Prof. Ümit Doğay ARINÇ

U. D. A.

Y. Doç. Dr. N. VARDAR

Prof. Dr. Osman DEMİR

İSTANBUL, 2002

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON BİRİMİ

128771

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. DÜNYA ENERJİ SEKTÖRÜNDE DOĞALGAZIN YERİ ve TÜRKİYE.....	3
2.1 Alternatif Yakıtlar ve Doğalgaz .....	3
2.2 Yerel Enerji Üretim ve Tüketimleri .....	4
3. DOĞALGAZLI ARAÇLARIN ( NGV )TARİHİ GELİŞİMİ VE ÖRNEK MODELLER .....	7
3.1 İtalyan Modeli .....	7
3.2 Fransız Modeli.....	11
3.3 Arjantin Modeli .....	13
3.3.1 Sıvı yakıtlar yerine CNG kullanımı.....	13
3.3.2 Kentsel taşımada kalıcı değişimler.....	14
4. NGV DÖNÜŞÜM KRİTERLERİ,ARAÇ TİPLERİ, MOTOR TEKNOLOJİLERİ, YAKIT SİLİNDİRLERİ(DEPOLARI), ÇEVRE TEMİZLİĞİNE KATKILARI VE EMİSYON ÖLÇÜMLERİ .....	15
4.1 Petrolle Çalışan Araçların Çift Yakıtlı (Bi-Fuel) Kullanıma Dönüşümü.....	15
4.2 Dizel Araçların Çift Yakıtlı (Dual-Fuel) Kullanıma Dönüşümü.....	15
4.3 Sıkıştırılmış Doğalgazlı (CNG' li) Araç Tipleri.....	16
4.3.1 Otobüsler .....	16
4.3.2 Minibüsler .....	18
4.3.3 Çöp kamyonları .....	18
4.3.4 Ticari kamyonlar .....	21
4.3.5 Kargo araçları .....	21
4.3.6 Forkliftler.....	22
4.3.7 Taksiler ve dolmuşlar .....	23
4.3.8 Yolcu araçları .....	24
4.4 NGV Motor Teknolojileri .....	24
4.4.1 Direk enjeksiyon-sıkıştırılmış doğalgazlı (DI-CNG) motorun özellikleri .....	25
4.4.1.1 DI-CNG motorunun yanma odasının şekli.....	26
4.4.2 Çift yakıtlı (dual fuel) bir dizel motorun yanma ve egzoz emisyon karakteristiği	28
4.4.2.1 Çift yakıtlı (dual-fuel) dizel motorun test sonuçları .....	29
4.5 NGV Yakıt Depoları (Silindirleri).....	31
4.5.1 Yakıt silindirlerinin geliştirilmesi.....	36
4.5.1.1 Uygulanan darbe koruma yöntemleri .....	37
4.5.1.2 Harici darbe koruma yöntemlerinin göz önünde bulundurulması.....	38
4.5.1.3 Bitmiş silindirlerin performans kriterlerinin değerlendirilmesi .....	38

4.5.2	Bütünleşmiş depolama sistemi (ISS).....	41
4.5.2.1	ISS basınç hücreleri dizaynı .....	43
4.6	NGV' lerin Çevre Temizliğine Katkıları ve Emisyon Ölçümleri.....	44
4.6.1	Kentsel otobüslerdeki deneyler .....	46
4.6.2	Kentsel otobüslerdeki deney sonuçları .....	52
4.6.3	Auto/oil programı .....	52
4.6.4	Benzinli araçlarla emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....	53
4.6.5	Buharlaştırma ve yeniden dolun emisyonları .....	55
4.6.6	Dizel araçlarla emisyonlarının karşılaştırılması .....	55
4.6.7	Doğalgazlı araçların küresel ısınmaya katkısı.....	56
4.6.8	Gürültü emisyonu; .....	57
4.6.9	Doğalgazlı araçların işletmesinin ekonomisi.....	58
5.	<b>SIKIŞTIRILMIŞ DOĞALGAZ (CNG) DOLUM İSTASYONLARI VE KRİTERLERİ.....</b>	<b>60</b>
5.1	Doğalgazlı Araçların Dolumu .....	61
5.1.1	Hızlı dolun .....	63
5.1.2	Yavaş dolun .....	64
5.1.3	Kompresörler .....	65
5.1.4	Depolama sistemi .....	67
5.1.5	Dispenser (dağıtıcı sistemi ) ve ölçme .....	68
5.1.6	Yavaş ve hızlı dolun seçeneklerinin kombinasyonu .....	70
5.1.7	Dolun istasyonların ekonomisi.....	70
5.1.8	Dolun istasyonlarının yatırım/sermaye maliyetleri.....	70
5.1.9	Dolun istasyonu altyapısının finansmanı .....	73
5.1.10	Dolun istasyonu için arazi kullanımın planlanması .....	75
5.2	Yeni Yüzyılın Dolun İstasyonları .....	75
5.2.1	Güvenlik .....	75
5.2.2	Dolun istasyonunun tasarlanması .....	75
5.2.3	Dolun istasyonu konfor düzeyinin yükseltilmesi .....	77
5.2.3.1	Robot dolun .....	78
5.2.4	Dolun istasyonu performans gelişimi.....	78
5.2.5	Dağıtıcılar (Dispenser) .....	79
5.3	Programlı gelişim stratejilerini kullanarak CNG dolun maliyetini azaltma.....	79
5.4	Statik ve dinamik depolama .....	81
6.	<b>DÜNYADAKİ CNG STANDARTLARI, NGV'LERİN TRAFİK SİSTEMİNE ENTEGRASYONLARI VE TEŞVİK UYGULAMALARI.....</b>	<b>83</b>
6.1	CNG Standartları .....	83
6.1.1	Standardizasyon prosesi .....	85
6.1.2	ISO' nun aktiviteleri .....	85
6.1.3	Avrupa birliği, CEN .....	86
6.1.4	OIML.....	86
6.1.5	ISO.....	88
6.1.5.1	Anket prosedürü (PQ) .....	88
6.1.5.2	Teknik komite (TC).....	88
6.1.6	CEN gaz sektörü forumu .....	88
6.1.7	ISO ve CEN arasındaki ilişkiler .....	88
6.1.8	Uluslararası standartların geliştirme aşamaları .....	89
6.1.9	Uluslararası standartların gözden geçirilmesi (kabul, revizyon, geri çekme) .....	91
6.1.10	CNG için mevcut standart örnekleri.....	91
6.1.10.1	Gaz arzı ile ilgili standart .....	91

6.1.10.2	Yakıt istasyonları.....	92
6.1.10.3	Pompa ölçüm aygıtı (dispenser metering).....	92
6.1.10.4	Yakıt doldurma bağlantısı .....	93
6.1.10.5	Dolum istasyonu kullanma şartları.....	93
6.1.10.6	Araçlar .....	93
6.1.11	Arjantin standartları ve uygulama kodları.....	94
6.2	Avrupa Doğalgazlı Araçlar Projesi (NGV Europe) ve NGV' lerin Trafik Sistemine Entegrasyonları.....	95
6.2.1	Belçika projesi,Electrabel.....	96
6.2.2	Mechelen projesi .....	96
6.2.3	Ivago (Gent) projesi.....	97
6.2.4	Augsburg-Almanya .....	98
6.2.5	Poitiers,Fransa.....	100
6.3	CNG' lere Uygulanan Teşvik ve Sübvansiyonlar .....	104
6.3.1	Belçika.....	106
6.3.2	Almanya .....	106
6.3.3	İrlanda.....	107
6.3.4	İtalya.....	108
6.3.5	İsveç.....	108
6.3.6	İngiltere .....	108
6.3.7	Japonya.....	109
6.3.8	Çin .....	109
6.3.9	Mısır .....	109
7.	TÜRKİYE'DE DOĞALGAZ KULLANIMI VE İGDAŞ .....	111
7.1	İgdaş'ın Kuruluşu .....	111
7.2	Türkiye'de Doğalgazın Araç Yakıtı Olarak (CNG formunda) Kullanılması ile İlgili Yasal Mevzuatın Tarihçesi. ....	113
7.2.1	Yönetmelikler .....	113
7.2.2	Tebliğler .....	115
7.2.3	Bakanlar kurulu kararı.....	115
7.3	Türkiye'de Araçlarda Doğalgaz Kullanımına (CNG ) Ait Uygulamalar.....	116
7.3.1	İETT hasanpaşa otobüs garajı CNG dolum tesisi .....	116
7.3.2	KAPET/ Maltepe doğalgaz dolum istasyonu .....	117
7.3.3	Petrogaz enerji sistemleri a.ş./ yenibosna.....	121
7.4	Türkiye'deki CNG Standart ve Şartnameleri .....	121
7.5	Türkiye'deki CNG Fiyatları .....	121
8.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	123
	KAYNAKLAR.....	127
	ÖZGEÇMİŞ.....	130

## KISALTIMA LİSTESİ

AFNGV	Association France Natural Gas Vehicles.
BO	Build and Operate.
BOT	Build, Operate and Transfer.
BOTAŞ	Boru Hatları ile Taşımacılık A.Ş.
BP	British Petrol.
BTU	British Thermal Unit.
CEN	Community European Norm.
CNG	Compressed Natural Gas
DI	Direct Injection
DME	Di Methyl-Ether
ETBE	Ethyl-Tertiary Butyl Ether
FAME	Fatty Acid Methyl-Ester
GdF	Gas de France.
HDV	Heavy Duty Vehicles.
ISO	International Standart Organization.
ISS	Integrated Storage System.
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş.
LDV	Light Duty Vehicles.
LNG	Liquid Natural Gas.
LPG	Liquid Petrol Gas.
MVEG	Motor Vehicle Emission Group.
NGV	Natural Gas Vehicles.
OBD	On Board Diagnostics.
OEM	Original Equipment Manufacturer.
OIML	Organisation of Legal Metrology.
PC	Passenger Car.
UPS	United Parcel Force.
ZEUS	Zero and Low Emissions Vehicles in Urban Society.

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	AGIP firmasına ait cng dolum istasyonu.(Cacudi vd, 2000).....	8
Şekil 3.2	Değiştirilebilir tip yakıt silindirlerinin kullanıldığı örnek bir araç. (Cacudi vd, 2000).....	9
Şekil 4.1	CNG’li otobüslerin kentsel toplu taşımacılıkta kullanımı-Almanya (Decision Makers Guide, 2000).....	17
Şekil 4.2	Otobüslerin cng’ yi depolaması için tavana da yakıt depoları yerleştirilmektedir. (www.engva.org 2001).....	17
Şekil 4.3	CNG’ li çöp kamyonlarının tüm avrupa ve dünyada kullanımları çok yaygındır (www.engva.org 2001).....	18
Şekil 4.4	Ticari kamyonların doğalgaza çevrimi gün geçtikçe hızla artmaktadır. (www.engva.org 2001).....	21
Şekil 4.5	Kargo araçları özellikle şehir içi paket posta şirketleri için idealdir. (www.engva.org 2001).....	22
Şekil 4.6	Forkliftler özellikle büyük fabrikalarda dahili mal taşımalarında kullanılmaktadır. (www.engva.org 2001).....	23
Şekil 4.7	Özellikle Göteborg sokakları biogaz ve doğalgaz kullanan ticari taksilerle doludur. (www.engva.org 2001).....	23
Şekil 4.8	CNG motorunun gelişimi tüm avrupa ve dünyada sürmektedir. (www.engva.org 2001).....	25
Şekil 4.9	DI-CNG motoru yakıt enjeksiyon sistemi. (Maita ve Oguchi, 2000).....	25
Şekil 4.10	DI-CNG yakıt enjektörü. (Maita ve Oguchi, 2000).....	26
Şekil 4.11	DI-CNG motorunun yanma odasının şematik şekli.(Maita ve Oguchi, 2000). 27	
Şekil 4.12	Tek silindirli DI-CNG motoru. (Maita ve Oguchi, 2000).....	28
Şekil 4.13	Yakıt tankları çelik kayışlar vasıtası ile şaseye de montelenebilmektedir. (www.engva.org 2001).....	31
Şekil 4.14	Üretilen 330 mm bir silindirin bir kesiti ile karşılaştırılan dynetek astarı.....	34
Şekil 4.15	10A astarının mikro altyapısı ve mekanik özelliklerin sonucu. ....	35
Şekil 4.16	Gelişmiş doğalgazlı araçlar birliğinin geleceğe yönelik prototip çalışması.(Hildebrand v.d. ,2000).....	40
Şekil 4.17	Bütünleştirilmiş depolama sistemi (ISS) bileşenleri(Hildebrand v.d. ,2000)...	41
Şekil 4.18	ISS basınç hücreleri araçta boşluk hacmini daraltmamak için aracın alt kısmına yerleştirilmişlerdir. (www.engva.org 2001).....	42
Şekil 4.19	Kaplanmış bütünleştirilmiş depolama hücreleri (Hildebrand v.d. ,2000) .....	43
Şekil 4.20	Katalitik konvertörlerin CNG yakıtlı motorda emisyonları azaltma veriminin karşılaştırılması (Blazek vd, 2002).....	48
Şekil 4.21	CO, NO <sub>x</sub> , toplam hidrokarbon (HC), metan dışı hidrokarbon (NMHC) ve partikül maddesi (PM) emisyonlarının mukayesesi (Blazek vd, 2002).....	49
Şekil 4.22	Hidrokarbon emisyonları kompozisyonu(Blazek vd, 2002).....	50
Şekil 4.23	Poliaromatik hidrokarbonlar ile aldehitlerin emisyonlarının karşılaştırması. (Blazek vd, 2002).....	51
Şekil 5.1	CNG dolum istasyonu Roma (8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002) ....	60
Şekil 5.2	Hızlı dolum ünitesi dispenseri (8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)..	63
Şekil 5.3	Kompresörlerde sıkıştırılan gaz yüksek basınç depolama sisteminde depolanır. (8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).....	63
Şekil 5.4	Yavaş dolum dispenseri(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002) .....	64
Şekil 5.5	Kompresörler farklı tip ve kapasitedirler(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).....	65
Şekil 5.6	Çevreden ayrılmış kompresör örneği(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).....	65
Şekil 5.7	Hızlı dolum istasyonu kompresörü(8 <sup>th</sup> ENGVA conference ,2002).....	66

Şekil 5.8	Kompresör kumanda paneli(Kapet cng dolum istasyonu, 2002).....	66
Şekil 5.9	Yüksek basınç depolama silindirleri(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).....	67
Şekil 5.10	Depolama silindirleri örneği(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002) .....	68
Şekil 5.11	Tek hortumlu dispenser örneği(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002) ..	69
Şekil 5.12	Çift hortumlu dispenser(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).....	69
Şekil 5.13	İstasyon ölçüm aletleri(8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002) .....	69
Şekil 5.14	Bilgisayar kontrollü istasyon şeması(Oester, 2000).....	76
Şekil 6.1	Belçika'daki teşvikler(Seisler, 8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).	106
Şekil 6.2	Almanya'daki teşvikler (Seisler, 8 <sup>th</sup> conference proceedings, 2002) .....	107
Şekil 6.3	İngiltere'deki teşvikler(Seisler, 8 <sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)	108
Şekil 7.1	Türkiye'deki son durum(Seisler, 8 <sup>th</sup> ENGVA conference ,2002) .....	116
Şekil 7.2	KAPET/Maltepe CNG Dolum İstasyonu Kompresörü. ....	119
Şekil 7.3	KAPET/Maltepe CNG dolum istasyonuna ait çift hortumlu(dispenser).....	119
Şekil 7.4	KAPET/Maltepe CNG dolumu. ....	120
Şekil 7.5	KAPET/Maltepe CNG dönüşüm atölyesinde dönüşümü yapılan bir aracın yakıt silindiri.....	120



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1	DI-CNG motoru yakıt enjektörü genel özellikleri (Maita ve Oguchi, 2000) ...	26
Çizelge 4.2	GRI' nın NGV Silindir Maliyeti ve Ağırlık Hedefleri(Gambone v.d. 2000) ...	33
Çizelge 4.3	Astar 10A gerilim testi sonuçları. (Gambone v.d. 2000).....	36
Çizelge 4.4	Dynetek yakıt silindirleri teknik özellikleri(Gambone v.d. 2000).....	39
Çizelge 4.5	ISS Basınç Hücrelerinin Temel Özellikleri(Hildebrand v.d. ,2000) .....	43
Çizelge 4.6	Test edilen ağır iş yapan SKODA LIAZ motorlarının temel teknik özellikleri (Blazek vd, 2002).....	46
Çizelge 4.7	CO <sub>2</sub> emisyonları, yakıt tüketimi, bazı yakıt özellikleri ve motorların genel termal verimlerinin karşılaştırması.(Blazek vd, 2002) .....	51
Çizelge 4.8	Karşılaştırmalı emisyon değerleri görülmektedir(Blazek vd, 2002). .....	54
Çizelge 5.1	Kompresör ortalama yatırım maliyetleri (The Decision Makers Guide,2000)	71
Çizelge 5.2	Orta boy depolama tankı maliyeti(The Decision Makers Guide, 2000).....	72
Çizelge 5.3	Çekiş rakamlarına bağımlı fiyat uygulaması (The Decision Makers Guide,2000) .....	74
Çizelge.5 4	Depolama sistemleri için özel maliyet bileşenleri.(Oester,2000).....	81
Çizelge.5 5	Farklı tip araç tankı ve kompresör boyutu için statik ve dinamik depolama hacimleri(x1000lt.) (Oester,2000) .....	82
Çizelge 6.1	Augsburg projesi emisyon düşümü değerleri görülmektedir. Emisyon oranları ECE R 49 standardı kapsamında 13 bölümden oluşan testlerle ölçülmüştür. (Kaynak The Thermie NGV europe project-Augsburg Almanya).....	99
Çizelge 6.2	Şehirdeki 4 otobüs hattı üzerinde yapılan gaz tüketim ölçümleri sonuçları(5 <sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).....	102
Çizelge 6.3	Şehirdeki 4 otobüs hattında çalışan dizel yakıtlı araçların tüketim değerleri verilmiştir.....	103
Çizelge 6.4	Gaz/Dizel Tüketimlerinin oranlanması.....	103
Çizelge 7.1	Hasanpaşa istasyonu kompresör kademeleri basınç ve sıcaklık değerleri.....	117

## ÖNSÖZ

Enerji darboğazı ve hava kirliliğinin sonucu olarak; çevre dostu alternatif enerji kaynakları ihtiyacını karşılayabilecek en yüksek potansiyele sahip yakıt olan doğalgazın, araçlarda kullanımının tüm dünyada kabul görmüş şekli, dolun istasyonlarında 250-300 bar, araçlarda ise 200-250 bar basınç ve 21 °C sıcaklık şartlarında depolanarak kullanılan doğalgazın sıkıştırılmış formu olan ve CNG olarak adlandırılan tipte yapılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında dünya enerji sektöründe doğalgazın yeri ve kullanımları gün geçtikçe artan doğalgazlı araçların gelişim sürecinde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları örneklerle anlatılmış ve Türkiye’deki uygulamalar ve gelişim için yapılması gerekenler hakkındaki görüş ve öneriler belirtilmiştir.

Tez çalışmam boyunca gösterdiği yakın ilgi, anlayış ve sabırla çalışmamı tamamlamam da son derece yardımcı olan tez danışmanım Sn. Prof. Ümit Doğay Arınç başta olmak üzere, desteklerini sürekli hissettirerek bana güç katan babam, annem, eşim ve çalışma arkadaşım Sn. Ayşegül Çelik’e teşekkürlerimi bir borç bilirim.



## ÖZET

Bu tezin amacı 21.yüzyılda da halen devam eden global enerji darboğazı ve hava kirliliğinin sonucu olarak; çevre dostu alternatif enerji kaynakları ihtiyacını karşılayabilecek en yüksek potansiyele sahip yakıt olan doğalgazın, araçlarda kullanımı ile ilgili tüm dünyada yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının ışığında ülkemizin ufkunu açmak ve çevre dostu bu yakıtla gelecek nesillere temiz bir ülke bırakabilme çalışmalarını desteklemektir.

Doğalgazın araçlarda tüm dünyada kabul görmüş ana kullanım şekli dolun istasyonlarında 250-300 bar, araçlarda ise 200-250 bar basınç ve 21 °C sıcaklık şartlarında depolanarak kullanılan sıkıştırılmış şekli olan CNG' dir. Özellikle tarihi gelişim süreci içerisinde ülkeler bazında alınan örnek modellemelerle 2. Dünya Savaşı'ndan bu yana araçlarda yakıt olarak kullanılan sıkıştırılmış doğalgazın petrol türevi olan benzin ve motorin ile işleyen araçlar ile karşılaştırıldıklarında ortaya çıkan önemli avantajları 3. bölümde açıklanmaktadır.

Aracında doğalgaz kullanımına geçmek isteyenlerin araçlarına dönüşüm kiti adı altında eklenen yeni ekipmanlar ve teknolojik gelişimleri için yapılan araştırma geliştirme faaliyetleri, doğalgazlı araç tipleri, motor seçenekleri, sıkıştırılmış doğalgazın muhafazasını sağlayan yakıt silindirleri ile kullanımlarındaki en büyük etkenlerden biri olan çevre dostu emisyon verileri 4. bölümün ana içeriğini oluşturmaktadır.

Araçlara yakıt ikmalinin gerçekleştirildiği dolun istasyonlarının yapısı, kriterleri, maliyetleri ve depolama şekillerini içeren 5. bölümün ardından, dünyada bu konuda ön planda olan ve dönüşüm kiti ve dolun istasyonu ekipmanları imalatı yapan ülke standartları, standartların tek bir formatta toplanma zorunluluğu ile birlikte doğalgazlı araçların kullanımlarının artırılması için uygulanan teşvik ve sübvansiyonlar 6. bölümde ayrıntılı bir şekilde ele alınmakta ve. doğalgazlı araçların ülkemizdeki durumunun işin mevzuat kısmı ve uygulamaları ile açıklaması 7. bölümde yapılmaktadır.

Sonuç olarak dünyanın kabul ettiği ve her alanda kullanımının artırılması için milyonlarca dolar harcadığı doğalgazın araçlardaki uygulamalarının diğer alternatif enerji kaynakları gibi devletimiz tarafından vergi kaynağı olarak görülmeyip, teşvik edilmesi gerekmektedir. Ekonomik kriz ortamı içerisinde olan ülkemizde çocuklarımıza bırakabileceğimiz en güzel mirasın yeşil bir TÜRKİYE ve kaynağın da başta doğalgaz olmak üzere çevre dostu temiz yakıtların kullanımını olduğu herkes tarafından kabul edilmelidir.

**Anahtar Kelimeler :** Doğalgazlı Araçlar, Sıkıştırılmış Doğalgaz, Alternatif Enerji Kaynakları, Dolun İstasyonları, Emisyon Verileri.

## **ABSTRACT**

The objective of this study is; as a result of the global energy gap and air pollution still an ongoing concern in the 21st century, to broaden our country's vision in the light of research and developmental works throughout the world concerning the use of natural gas – environment friendly fuel with the highest potential to meet the alternative energy requirements– in vehicles and to support the efforts to bequeath a fresh country to the future generations.

The main use widely accepted for natural gas in vehicles throughout the world is the CNG, which is the form of natural gas compressed at the refueling stations at 250-300 bars, at 200-250 bars in vehicles and under 21<sup>0</sup>C temperature conditions. Particularly its important advantages upon comparison with vehicles running on gasoline and diesel that are petroleum derivatives of compressed natural gas in vehicles since the World War II within the historical development process with the sample modeling on country basis are described in Part 3.

Research and development activities being made for new equipments and technological developments installed on the vehicles of those wishing to convert to their vehicles to natural gas under the name of conversion kit, natural gas vehicle types, engine options, fuel cylinders allowing protection of compressed natural gas and the environment-friendly emission data that is one of the most important factors it their use are included as main topics of Part 4.

Following Part 5 containing information on the structure, criteria, costs and storage forms of refueling stations where fuel is supplied to vehicles, Part 6 discusses in detail the standards of countries with a leading position in this issue and manufacturing conversion kits and refueling station equipment, incentives and subventions given to increase the use of natural gas vehicles with the requirement to gather the standards under a single format and Part 7 explains the status of natural gas vehicles in our country together with the regulatory procedures and applications.

As a consequence, applications of natural gas in vehicles, which is widely accepted throughout the world and for which millions of dollars are spent to increase its use in all areas should not be considered by the government as a source of tax as other alternative energy sources, and should be encouraged. Everybody should accept that the best inheritance we can bequeath to our children is a green TURKEY and that the best source of this is the use of environment-friendly clean fuels, with natural gas being the foremost fuel.

**Keywords :** Natural Gas Vehicles, Compressed Natural Gas, Alternatives Energy Resources, Fuelling Stations, Emissions Data.

## 1. GİRİŞ

Bu tezin amacı 21.yüzyılda halen devam eden global enerji darboğazı ve hava kirliliğinin sonucu olarak; çevre dostu alternatif enerji kaynakları ihtiyacını karşılayabilecek en yüksek potansiyele sahip yakıt olan doğalgazın, araçlarda kullanımı ile ilgili tüm dünyada yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının ışığında ülkemizin ufkunu açmak ve çevre dostu bu yakıtla gelecek nesillere temiz bir ülke bırakabilme çalışmalarını desteklemektir.

Doğalgazın araçlarda tüm dünyada kabul görmüş ana kullanım şekli dolun istasyonlarında 250-300 bar, araçlarda ise 200-250 bar basınç ve 21 °C sıcaklık şartlarında depolanarak kullanılan, sıkıştırılmış şekli olan CNG (Compressed Natural Gas) dir.

Dünya enerji sektöründe ve Türkiye’de doğalgazın yeri, kullanım alanları, üretim ve tüketim miktarları 2. bölümde açıklanmaktadır. Özellikle alternatif yakıtlar içerisinde doğalgazın önemi bir kez daha vurgulanmıştır. Tarihi gelişim süreci içerisinde ülkeler bazında alınan örnek modellemelerle, 2. Dünya Savaşı’ndan bu yana araçlarda yakıt olarak kullanılan sıkıştırılmış doğalgazın, petrol türevi olan benzin ve motorin ile işleyen araçlar ile karşılaştırıldıklarında ortaya çıkan önemli avantajları 3. bölümde açıklanmaktadır. Bu bölüm özellikle CNG kullanımının desteklenmesi, hükümetler tarafından teşvik edilmesi ve halkın bu konuya özendirilmesi durumunda hem ülke ekonomisine hem de hava kirliliğinin düşüşüne sağladığı katkıları göz önüne sermektedir.

Aracında doğalgaz kullanımına geçmek isteyenlerin araçlarına dönüşüm kiti adı altında eklenen yeni ekipmanlar ve teknolojik gelişimleri için yapılan araştırma geliştirme faaliyetleri, doğalgazlı araç tipleri, motor seçenekleri, sıkıştırılmış doğalgazın muhafazasını sağlayan yakıt silindirleri ile kullanımlarındaki en büyük etkenlerden biri olan çevre dostu emisyon verileri 4. bölümün ana içeriğini oluşturmaktadır. Benzinli ve dizel yakıtlı araçlarla emisyon verilerinin karşılaştırılması ve ortaya çıkan verilerin sunumu yine bu bölümde verilmiştir.

Araçlara yakıt ikmalinin gerçekleştirildiği dolun istasyonlarının yapısı, kriterleri, maliyetleri, finansman olanakları ve depolama şekillerini içeren 5. bölümün ardından, dünyada bu konuda ön planda olan ve dönüşüm kitleri ve dolun istasyonu ekipmanları imalatı yapan ülke standartları, standartların tek bir formatta toplanma zorunluluğu ile birlikte doğalgazlı araçların kullanımlarının artırılması için uygulanan teşvik ve sübvansiyonlar 6. bölümde ayrıntılı bir şekilde ele alınmakta ve doğalgazlı araçların ülkemizdeki durumunun işin mevzuat kısmı ve uygulamaları ile açıklaması 7. bölümde yapılmaktadır.

Sonuç ve öneriler 8.bölümde ele alınmıştır. Dünya çapında yapılan uygulamalar ve finansal teşviklerle ayakta kalan sektörde dünyada ve ülkemizde uygulamadaki eksikler, kısa vadeli planlarla hareket eden hükümetlerin sektöre verdiği zararlar, özellikle ülkemizde ilk planda yapılması gerekenler öneri olarak sunulmaktadır.

Dünyanın kabul ettiği ve her alanda kullanımının arttırılması için milyonlarca dolar harcadığı doğalgazın araçlardaki uygulamalarının yaygınlaştırılması için yapılması gerekenler özellikle ülkemiz için çok önemlidir. Doğalgazın araç yakıtı olarak kullanılması uygulamalarının da diğer alternatif enerji kaynakları gibi devletimiz tarafından vergi kaynağı olarak görülmemesi, teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu konu Türkiye için önemli bir adım olacaktır.



## 2. DÜNYA ENERJİ SEKTÖRÜNDE DOĞALGAZIN YERİ ve TÜRKİYE

21.yüzyılda da ekonomik gelişim , sosyal yaşam kalitesi ve çevrecilik açısından en önemli konuların başında enerji üretimi ve kullanımı gelmektedir. Enerjinin günlük yaşamın ve sanayinin en kaçınılmaz ihtiyaçlarından biri olması enerji kaynaklarını gündeme getirirken, kimi enerji türlerinin çevresel konularda oluşturduğu olumsuzluklar daha çevreci yakıt arayışlarına sebep olmaktadır. Teknolojik gelişmelerle kullanım güvenliği ve kolaylığı da geliştirilen doğalgazın keşfedilecek yeni rezervlerle geleceğin en önemli yakıtı olacağı düşünülmektedir. Artan enerji tüketimleri ve buna bağlı çevre problemlerinin yaşam kalitesini kabul edilebilir ölçülerin ötesinde olumsuz etkilemesinin önüne nasıl geçileceği halen tartışılan konulardan birisidir.

### 2.1 Alternatif Yakıtlar ve Doğalgaz

1990 ve 1999 yılları arasında dünyanın toplam enerji üretimi yıllık ortalamada %0,9 oranında artarak, 1990 yılında 351 Quadrillion Btu iken, 1999 yılında 380 Quadrillion Btu'ya yükselmiştir. 1999 yılında petrol dünya temel enerji üretiminde %39,4'lük payla en önemli temel enerji kaynağı olmuştur. Petrolün ardından %23'lük payla doğalgaz ikinci, %22,3 ile kömür üçüncü, hidroelektrik güç, nükleer güç ve diğer (geotermal, güneş, rüzgar, çöp) enerji üretim kaynakları da %7,1 ile dördüncü, %6,6 ile beşinci ve %0,7 ile altıncı sırada yer almışlardır.

Amerika, Rusya ve Çin dünyada enerji üretim ve tüketiminde lider durumda olan ülkelerdir. Bu üç ülke dünyanın toplam enerji ihtiyacının %38'ini üretirken, %41'i oranında da tüketim yapmışlardır. Bu üç ülkeyi üretimde Suudi Arabistan ve Kanada tüketim de ise Japonya ve Almanya izlemektedirler ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), 2002).<sup>1</sup>

Doğalgaz fosil bir yakıttır ve doğalgaz kaynakları gaz olarak veya hidrokarbon bileşenleri halinde yeryüzünün 915 ila 4572 metre altında ham petrol yataklarında bulunur. Petrol ürünü değildir. Doğalgaz temel olarak metan (CH<sub>4</sub>) (%90 oranında), etan (CH<sub>6</sub>), propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), bütan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), pentan (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) ve az miktarda nitrojen, oksijen, karbondioksit, sülfür ve hatta boru hatlarındaki gaz içerisinde su da içeren kompozit bir yakıttır. Kaçak durumunda doğalgazın tenefüs edilmesi hiçbir toksik etki yaratmaz. Saf halde doğalgaz tatsız, renksiz, kokusuzdur. Doğalgazın CNG olarak bilinen tipi ise boru hatlarındaki gazın dolum istasyonlarında 250-300 bar, araçlarda ise 200-250 bar basınçta ve 21 °C'da sıkıştırılmış ve kurutulmuş halidir. Tutuşma sıcaklığı içeriğindeki karışım gazlarının oranları ile değişken

olmakla birlikte yaklaşık 600 °C'dır. Yanması için ihtiyaç duyulan sıcaklık, benzin için gereken sıcaklığın 2 katıdır. Verimli bir yakıt olup yanması sonucu petrol ve kömür kullanımına göre oldukça düşük emisyon değerlerine sahiptir.

## 2.2 Yerel Enerji Üretim ve Tüketimleri

Bölgesel olarak enerji üretim ve tüketimini karşılaştırdığımızda 1990 yılından beri dünya çapında dikkat çeken bir trendle karşılaşmıştır. Güney Amerika'da 1990 ile 1999 yılları arasında toplamda enerji üretiminde doğalgazın payının hızla yükselerek %50'lere yaklaştığı görülmektedir. Enerji tüketimin de ise aynı yıllar arasında yaklaşık %25'lik paya sahip gözükmemektedir ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), 2002).<sup>1</sup>

Yine 1999 yılında Batı Avrupa da üretimde ham petrolün takipçisinin doğalgaz olduğu görülürken, tüketim de ise doğalgazın liderliği gözden kaçmamaktadır. 1990-1999 yılları arası enerji tüketimi hemen hemen hiç artmayan Ortadoğu'da ise, tüketimin içerisinde doğalgazın payının artışı enerji sektöründe önemli bir gelişimdir.

Türkiye'nin enerji talebi de her geçen gün hızla artmaktadır. 2000 yılında Türkiye'nin temel enerji tüketimi yaklaşık 90 milyon ton petrol eşdeğeridir. 2005 yılında 117, 2010 yılında ise 150 milyon ton petrol eşdeğeri olacağı tahmin edilmektedir. Enerji üretimi, toplam enerji talebinin yaklaşık % 48'ini karşılamaktadır. Yeni yatırım yapılmadığı sürece bu oran talebe göre 2005 yılında % 42, 2010 yılında % 38'lere kadar gerileyecektir. 2010 yılında 96 milyon ton petrol eşdeğeri enerji ithal edileceği tahmin edilmektedir.

Elektrik enerjisi ihtiyacı da ülkede hızla artmakta, 2001 yılında 140 milyar Kwh olan tüketimin, 2010 yılında 280 milyar Kwh, 2020 yılında da 500 milyar Kwh'a çıkacağı tahmin edilmektedir. Türkiye 28.000 Mwh olan enerji üretimini 80.000 Mwh'a yükseltmek için 4 Milyar USD/yıl'lık yatırıma ihtiyaç duymaktadır. Mevcut hükümet bu hedefe 2020 yılında ulaşılacağını belirtmektedir. Bu amaca ulaşmak için Türk ve yabancı özel sektörü enerji üretim ve dağıtımına kanalize etmeye çalışmaktadır. Türk Hükümeti 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununu 2.Şubat.2001 tarihinde onaylayarak, yürürlüğe girmesini sağlamıştır. Bu yeni kanunla enerji üretim ve dağıtımını özelleştirilerek hizmet kalitesi ve karlılık artışı hedeflenmektedir. Elektrik üreticileri 9 milyon Kwh'lık enerjiyi direk olarak kullanıcıya satabileceklerdir ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), 2002).<sup>1</sup>

Doğalgaz Türkiye'de 1980'lerin sonlarında enerji pazarına girmeye başlamıştır. 1995 yılında toplam enerji tüketiminin %8'ini 6,3 milyar m<sup>3</sup>/yıl'lık rakamla karşılamakta iken, 2000

yılında 27 milyar m<sup>3</sup>/yıl'lık tüketim miktarına ulaşılmıştır. 2015 yılında 50 milyar m<sup>3</sup>/yıl değeri hedeflenmiş durumdadır. Gaz talebinin %50'si evsel ve endüstriyel tüketimde kullanılmaktadır. Türkiye tükettiği doğalgazın tamamına yakını ithal etmektedir. 2000 yılında toplam 612 milyon m<sup>3</sup>/yıl doğalgaz üretilmiştir. Üretim sahaları Trakya ve Batmandır. 2005 yılına kadar tamamlanmasına çalışılan 1,6 milyar m<sup>3</sup>/yıl gazı depolayabilecek kapasitede "Kuzey Marmara" ve "Değirmenköy" doğalgaz sahaları yer altı depolama projesi yürütülmektedir. Mevcut durumda ülkemizin doğalgaz talebi yürürlükte olan 4 anlaşma ile sağlanmaktadır. Halen başta Rusya'dan 6 milyar m<sup>3</sup>/yıl ve 8 milyar m<sup>3</sup>/yıl'lık 2 anlaşma kapsamında ithal ettiğimiz doğalgaza ek olarak 1994 yılında yapımı tamamlanan Marmara Ereğlisindeki LNG terminaline Cezayir ve Nijerya'dan sıvı olarak(LNG) aldığımız 4 ve 1,2 milyar m<sup>3</sup>/yıl olarak gaz ithalatı da devam etmektedir. Ortak girişim sözleşmesi 1996 yılında imzalanan Türkiye-Katar arasındaki anlaşmaya göre 1998 yılından itibaren 2,6 milyar m<sup>3</sup>/yıl ve 2000 yılında Mısır'dan da 4 milyar m<sup>3</sup>/yıl olmak üzere LNG ithalatına başlanılmıştır ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), 2002).<sup>1</sup>

Mavi Akım Projesi devam etmektedir. Diğer taraftan 1996 yılının ortasında İran ile de 1999'da 3 milyar m<sup>3</sup>/yıl ile başlamak üzere 2005'e kadar 10 milyar m<sup>3</sup>/yıl'a ulaşacak kapasiteli doğalgaz ithalat sözleşmesi yapılmış, ne yazık ki siyasi değişimler bu hattın faaliyete geçmesine engel olduğu gibi, bizim tarafımızdaki gecikme ile ancak 10 Aralık.2001 tarihi itibarı ile İran Doğalgazı, kullanılmayan gazın parası ödenmek koşulu ile Türkiye'ye verilmeye başlanılmıştır. İlave gaz talepleri için farklı yollar ve ülkeler üzerinde tartışmalar sürmektedir.

Her geçen sene artan enerji talebimiz üzerinde 2001 yılındaki ağır ekonomik kriz önemli bir etken olmuştur. Ülkenin görüldüğü gibi ithal yakıt kaynaklarına bağımlılığı devam etmekte, örneğin yıllık elektrik üretim,iletim ve dağıtımı için minimum 4 milyar USD'lik bir yatırıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle Türk ve yabancı özel sektör yatırımları halen cazibesini sürdürmektedir. Türk Hükümeti geçen yıl bu piyasayı hareketlendirebilmek ve yatırımcıyı çekebilmek için Enerji Piyasası Kanunu düzenlemesini gerçekleştirmiştir. İlk olarak Türk Telekomun % 45'lik hissesine stratejik ortak bulmak amacı ile harekete geçilmiştir. Önemli ekonomik krize rağmen hükümet, BOT(yap-işlet-devret) ve BO(yap-işlet) modelleri ile ülke için önemli projelere özel sektörün ilgisini sıcak tutabilmeyi, özellikle de nakliye sektöründe havayolu, trenyolu gibi yatırımları ön plana almayı başarmıştır ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), 2002).<sup>1</sup>

BP'nin her yıl hazırladığı Dünya Enerji Raporunun 2001 yılı enerji verilerine göre geçen yıl Türkiye'de toplam enerji tüketimi 2000 yılına göre %4,7 oranında azalmıştır. Türkiye'de

petrol tüketiminde %3,9, hidroelektrik enerji tüketiminde %22,3, kömür tüketiminde ise %8,5'lik düşüşler yaşanırken, doğalgaz tüketiminde %9,7 artış gözlenmiştir.

Dünyada birincil enerji kaynaklarının tüketimi, bu yıl %0,3 gibi çok küçük oranda artış göstermiştir. 2001 yılı 1998'den bu yana birincil enerji kaynaklarının tüketim artış hızının %0,5'in altında gerçekleştiği 3. yıl olmuştur. Küresel ekonomik büyümenin son on yılın %2,7'lik gelişme trendinin altına, %1,5'e düşmesi enerji talebindeki bu zayıflığın ana nedeni olarak görülmektedir (Petrol ve Gaz, 2002).

Yakıt türü bazında bakıldığında kömür ve nükleer enerji tüketiminin sırayla %1,7 ve %2,8 artışla 2001 yılında önde gittikleri izlenmiştir. Hidroelektrik enerji tüketimi %3,7 azalırken, yüksek düzeyde seyreden fiyatların bir yansıması olarak petrol ve doğalgaz tüketimleri geçen yıla oranla benzer düzeyde seyretmiştir.

Bölgeler bazında bakıldığında ise, enerji talebi özellikle Amerika kıtasında ve Asya'nın büyük bir bölümünde zayıf kalmıştır. Kuzey Amerika'da tüketim son 10 yılda ilk kez bir yıl öncesine göre %2,4 oranında azalmıştır. Son on yıllık %3,2 büyüme trendine oranla, Güney ve Orta Amerika'da tüketim %0,3 oranında düşmüştür.

2001'de dünya petrol tüketimi 1993'den bu yana ilk kez bir önceki yıla göre marjinal düzeyde azalmıştır. Avrupa ve Afrika tüketim artışının görüldüğü yegane bölgeler olmuştur. Son on yıldaki %3,6'lık büyüme trendine oranla tüketimin %0,5 oranında düştüğü Asya'da özellikle talebin zayıfladığı görülmüştür.

Doğalgaz tüketimi, 2000'deki %4,3'lük artıştan önemli bir sapma göstererek 2001 yılında sadece %0,3 oranında artmıştır. Ortadoğu 2001 yılında doğalgaz üretiminin en hızlı büyüdüğü bölge olmuştur. Bu gelişmede Katar ve Umman'ın likit doğalgaz ihracatındaki genişleme önemli bir rol oynamıştır (Petrol ve Gaz, 2002).

Sonuç olarak dünyada artan enerji ihtiyacına rağmen enerji üretimi özellikle son yıllarda yaşanan global krizler dolayısıyla ihtiyacın altında kaldığı için enerji gittikçe daha lüks ve maliyetli bir hal almaktadır. Tüm sektörlerde olduğu gibi ulaşımda da alternatif enerji kaynaklarının kullanılması ve alt yapı yatırımlarının daha hızlı bir şekilde tamamlanması gerekmektedir

### 3. DOĞALGAZLI ARAÇLARIN ( NGV )TARİHİ GELİŞİMİ VE ÖRNEK MODELLER

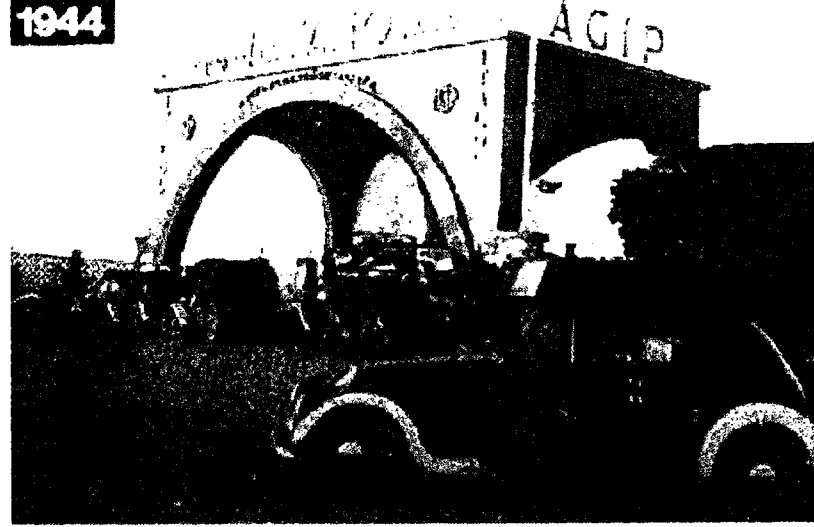
Doğalgaz 60 yıldan fazla bir zaman öncesinde ilk olarak 1930'lu yıllarda Avrupa'da İtalya'da araç yakıtı olarak benzine göre oldukça düşük maliyetli olduğu için kullanılmıştır. Doğal gaz ile çalışan araçlar (NGV'ler) bazı ülkelerde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Talebin ve araç sayısının önümüzdeki yıllarda hızla artması beklenmektedir. Dünyadaki NGV'lerin büyük kısmı temelde tek yakıtlı (dedicated)ve çift yakıtlı (bi-fuel) araçlar olarak ayrılan tipte benzin veya dizel yakıttan dönüştürülmüş araçlardır ve bu araçlar birinci yada ikinci nesil teknoloji NGV'leri temsil etmektedir(tamamen mekanik, elektronik geri beslemeli mekanik yada geri beslemesiz elektronik yakıt kontrollü yakıt sistemli araçlardır). Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya için taşıt üreticileri ticari bazda üçüncü nesil NGV'leri çok noktalı yakıt enjeksiyonu, elektronik kontrol ve geri besleme sistemleri ile birlikte sunabilmektedirler. Halihazırda üreticiler OBD (On Board Diagnostic-Taşıt İçi Tanı) yeteneği bulunan dördüncü nesil NGV'lere hazırlanmaktadır . Şu anda, dünyada doğal gaz ile çalışan yaklaşık 1,5 milyon kadar araç ve 5000 CNG dolum istasyonu bulunmaktadır . Bu araçlar genellikle Arjantin'de (630 000 adet), İtalya'da (370.000 adet), Yeni Zelanda'da (150.000 adet), Amerika'da (83.000 adet), Brezilya'da (80.000 adet), Avusturya'da (75.000 adet) farklı tip ve modellerde olmak üzere kullanımdadır. Diğer ülkelerdeki NGV sayıları önemli oranda daha azdır. Avrupa'da toplam 500 000 NGV ve 900 CNG dolum istasyonu vardır. Ulaşım sektöründe alternatif fazlı yakıtların gelişmesi benzinle çalışan bir çok aracın LPG yakmaya uyarlandığı Çek Cumhuriyetinde de görülmektedir. CNG' nin daha fazla kullanımını yetersiz sayıdaki CNG dolum istasyonu sayısı kısıtlamaktadır. Çek Cumhuriyetin'de halihazırda 10 CNG dolum istasyonu ve 160 yolcu taşıtı, 50 ağır vasıta ve 6 şehirde çalışan 90 otobüs olmak üzere toplam 300 NGV bulunmaktadır (Seisler, 2000).

40'dan fazla orijinal imalatçı bu araçları üretmekte binlerce noktada da dönüşümleri yapılmaktadır. Bu bölümde NGV pazarında dünyada önde gelen örnek ülke modelleri bazında bu araçların tarihi gelişimleri incelenmiştir.

#### 3.1 İtalyan Modeli

İtalya doğalgazı araçlarda yakıt olarak kullanan ilk ülkedir. Ülkede otomobiller, kamyonlar ve otobüsler 1930'lu yılların ortalarından itibaren doğalgaz ile işletilmeye başlamıştır. 1950'lere gelindiğinde CNG en popüler yakıtlardan biri haline gelmiştir. Hatta ülkede o günlerde bile boru hatlarından veya silindirlerden dolum altyapısı, NGV dönüşüm teknolojileri (kitler ve

silindirler ) ve doğalgazı sıkıştırma ve dağıtım için gereken tüm makine ve ekipmanların mevcut halde olduğu görülmektedir (Cacudi vd., 2000).



Şekil 3.1 AGIP firmasına ait CNG dolum istasyonu (Cacudi vd., 2000).

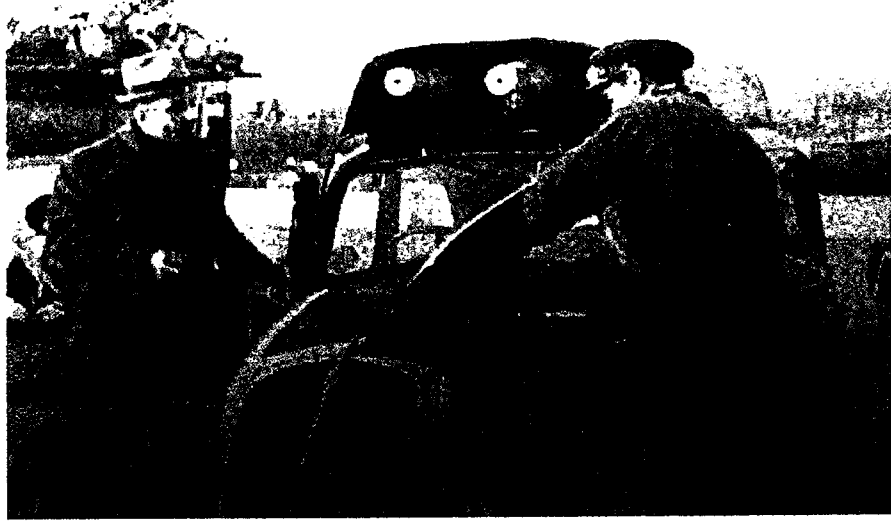
Tabii ki pazarlamada bu gelişmiş sistemin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bugünkü İtalya NGV Modeli tüm bu önemli ve uzun süreli deneyimlerin direk sonucu olarak sektörün öncüsü konumundadır. Çok çeşitli tip, ebat ve elektronik aksamı imal edilen NGV'leri ile hala dünyada lider ülke olma konumunu sürdürmektedir.

Dünyada taşıma amaçlı CNG kullanımı son 10 yılda ciddi şekilde ele alınmıştır. Temelde İtalyan Modeli incelenmiş ve yarım yüzyıldan fazla bir sürede sürekli araştırma, inceleme ve teknoloji desteği ile bu noktaya geldiği görülmüştür.

2.Dünya Savaşının başlangıç yıllarından itibaren İtalya'da CNG'nin taşımacılıkta yakıt olarak kullanımı ile başlayan bu uzun süreç içinde 1950'lere gelindiğinde dolum teknolojileri arasında en popüler tip olarak "Değiştirilebilir Tip Gaz Silindirleri" nin ön plana çıktığı görülmüştür. Bu metotta dolum için istasyona getirilen araçtaki boş silindir alınarak, yerine yenisi yerleştirilmektedir. Ancak bu da çok el emeği gerektirmekteydi. Kompleks bir teknoloji olmamakla birlikte araçların CNG boru hattı veya işletmesi olmayan bölgelere dahi ulaşımını sağlamaktaydı (Cacudi vd., 2000).

1960'larda benzinin elde edilişi ve kullanımı çok kolaydı. Bu kritik dönem ve kısıtlı imkanlara rağmen CNG'ler halen hızla gelişimini sürdürüyordu. Bu sistemin ömrü çok fazla olmadı ve "Değiştirilebilir Silindir Sistemi" ile çalışan araçlar günden güne azaldı ve CNG

araçlara montelenmiş yakıt depolarına pompalanmaya başlandı.



Şekil 3.2 Değiştirilebilir tip yakıt silindirlerinin kullanıldığı örnek bir araç (Cacudi vd., 2000).

1970'lerde NGV sistemi İtalya'da 100 dolum istasyonu, 80.000.000 m<sup>3</sup>/yıl'lık yakıt satışı ile başlangıç noktasının çok ilerisindeydi. Ancak gelişim planları artık sektörü desteklemiyordu. Aynı zamanda bir önceki sistem çok düşük maliyetlerle elde edilebilmesine rağmen yıllar içinde gelişen teknoloji ile kullanımı uygun görülüyordu.

Taşımacılık sektörü için "Silindirli Kamyonlar" imal edilmeye başlanılmıştı. Bu sistem birbirine bağlı bir batarya sistemi içerisindeki silindirlere oluşuyordu. İlk olarak dolum istasyonlarında basınç altında yakıt depolamak için kullanılmışlardı. Bu sistemde yakıtı tüketicinin aracına pompalamak için küçük kompresörlere ihtiyaç bulunmaktaydı. NGV sektöründeki bu problem hidrodinamik teknolojiler kullanılarak aşılmasına rağmen bu yüksek maliyetli sistem de sonunda yerini dolum istasyonlarına bıraktı. Kısa zamanda ülke çapında 80 adet yeni dolum istasyonu kuruldu. Bu istasyonları direk olarak boru hattı işletmesine bağlamakta mümkündü. Bu gelişim boru hatlarından direk gaz alınarak sıkıştırılan dolum sisteminin inşaatını direk olarak desteklemiştir. Ülkede 80'den fazla dolum istasyonu bugün hala doğalgaz boru hattından desteklenmektedir (Cacudi vd., 2000).

1973 yılındaki petrol krizinin de etkisi ile petrol fiyatlarındaki % 390'luk artış NGV'lerin kullanımını yeniden körüklemiştir.

1976 yılında 210 dolum istasyonu ve 326.000.000 m<sup>3</sup>/yıl'lık gaz satış seviyesine ulaşılmıştır. 1980'lerde hammadde tedarikinin kısıtlanması dolum istasyonu işletmelerinin gelişiminin

durması anlamına geliyordu. Alternatif yakıtların fiyatlarındaki stabilite sektörde çok büyük bir krizi beraberinde getiriyordu. 1987 yılında dağıtım işletmesi ve dolun istasyonların da halen krizin etkisi görülüyordu. 11 yıllık zaman diliminde ancak dolun istasyonu sayısı 230 adete ulaşırken sektörün gaz satışı yaklaşık % 12 düşerek 292.000.000 m<sup>3</sup>/yıl rakamına geriliyordu. Doğalgaz piyasasındaki büyük kriz seksenlerin ortalarında Cezayir'den gaz ithalatı ile aşılabılmıştır (Cacudi vd., 2000).

İtalya'da NGV'lerin yayılmasındaki en önemli etken boru hattı işletmesinin hızlı gelişimidir. Bu gelişim ve standartlaştırma programı ile 600 yeni dolun istasyonu hedeflenmiştir. Aynı yıl şehirlerde deneme amaçlı kentsel CNG'li otobüsler kullanıma yerleştirilmiştir. Bu sayede İtalya'da NGV sistemi için yeni bir sayfa açılmış ve teknik destek ve kamuyu aydınlatıcı yayınlarla sektörün imajı tamamen yenilenmiştir.

1990'larda modern ve ekonomik sosyal yapı içinde daha kompleks kullanım yolları araştırılmış ve İtalyan NGV sistemi dünyanın önüne çıkmaya başlamıştır. Bu gelişim sürecinde ortaya çıkan ve çözümü gereken sorunların ertelenmeden üzerine gidilmiş ve 90'ların ortalarında NGV'ler daha kompleks ve daha az sorunlu hale gelmişlerdir.

Hidrolik, elektronik ve otomasyon temelli İtalyan Endüstrisi NGV'lerin sorunlarını kısa sürede çözmüştür. Yeni materyal ve tekniklerin kullanımı ile daha hafif, farklı boyutlarda ve araçlara en uygun şekilde yerleştirilmiş yakıt depolarının üretimi geliştirilmiştir. Elektroniğin dönüşüm kitlerinde kullanımı ile yeni motor enjeksiyon sistemleri yoluyla motorun güç kaybı azaltılmıştır. Homolog ve otomatik gaz dağıtım ekipmanları ile gaz ağırlığı ölçümü teknolojisi ve ilişkili standartla sistem daha güvenli hale getirilmiştir. Bu teknoloji ile CNG'nin bilinen tüm yakıt istasyonlarına adaptasyonu daha basit hale gelmiştir. Araçlar otomatik olarak daha az zaman ve insan gücü ile doldurulmaya başlanmıştır. Yeni dizayn ile sıkıştırma fazından başlayarak dolun işleminin sonuna kadar radikal düzenlemeler ve yenilikler getirilmiştir. Yeni modüller sistem sayesinde pek çok farklı model ve tipteki ekipmanın dolun istasyonlarına kolaylıkla adaptasyonu ve işletme kolaylığı ve maliyetlerin azaltılması sağlanmıştır. Tüm bu teknolojik gelişimlerin devamında da araç imalatçıları tarafından çevre ile dost çok farklı seçeneklere sahip yeni NGV'ler piyasaya sürülmüştür.

İtalya'da Fiat Otomobil Fabrikası, 1997 yılında dünyanın ilk çift yakıtlı (bi-fuel), çift enjeksiyon sistemi ile donatılmış Marea Bipower adlı yolcu aracını satmaya başlamıştır. Biri benzin diğeri CNG'li olan elektronik kontrollü eşzamanlı bir sistemle çalışmakta olan bu aracın ardından 1,5 yıl sonra elektronik enjeksiyon sistemli Multipla Blupower adlı diğeri bir

PC (yolcu aracı) piyasaya sürülmüştür. Performansı, çok daha az yakıt tüketimi ile aynı sınıftaki benzinli araçların üzerine çıkmıştır. Benzinli modellerindeki araç içi ve bagajdaki boşluk hacmine hiç dokunulmamış yakıt depoları aracın alt kısmına yerleştirilmiştir. Halen ayda 1000 adet satış yapılmaktadır (Decision Makers Guide, 2000).

Endüstriyel araçlar pazarında gelişmeye devam etmektedir. Bu araçlara, yolcu araçlarının çok noktadan enjeksiyonlu motorları adapte edilmekte ve emisyon değerleri de yeni Avrupa Ekolojik Araçlar limitine uyumlu olarak yapılmaktadır.

Şehirlerarası ve Kentsel Otobüsler pazarı da son yıllarda özellikle İtalya ve İspanya arasında ve ülke dahilinde şehirlerde CNG'li otobüsleri kullanmakta her yıl yaklaşık 200 yeni otobüs bu sektörde çalışmaya başlamaktadır (Cacudi vd., 2000).

Sonuç olarak İtalya araç sayısı olarak NGV sektöründe birinci sırada olmasa dahi 70 yıllık tecrübesi ve teknolojisi ile dünya lideri olma konumunu sürdürmektedir.

### **3.2 Fransız Modeli**

Fransa'da NGV Birliği kurulana kadar az sayıda CNG'li kentsel otobüs, ticari araç, ülkede kullanılabilir durumda idi. 1994 yılında Fransa Endüstri Bakanlığı başkanlığında Gaz de France (GdF) ve ülke bazındaki tüm araç üreticilerinin katıldığı bir federasyon kurulmuştur. AFGNV halen gelişmekte ve doğalgaz tedarikçileri, petrol şirketleri, ekipman imalatçıları, yerel otoriteler, farklı kamu kuruluşları, taşımacılık şirketleri laboratuvarlar ve araştırma enstitülerinden oluşan 70'den fazla üyesi olan bir birlik durumundadır. Birlik temel olarak çevresel koruma ve yakıt olarak doğalgaz kullanımının gelişimini hedeflemektedir. NGV'lerin ülkede yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi amacıyla hizmet eden birlik NGV'ler hakkında sürekli bilgilendirme çalışmalarının geniş kitlelere yayılması için lobi çalışmaları yapmaktadır. Çalışma konuları arasında gelişim için tüm üyelerin birlikte çalışmasını gerektiren endüstri standartları, sektörün düzenlenmesi, vergi uygulamaları, dünyada devam eden araştırmaların ve gelişmelerin takibi de bulunmaktadır (Arcis, 2000).

İlk protokolün ardından geçen 5 yılda birlik çalışma alanlarında büyük başarı sağlamış ve kullanıma soktuğu 350 adet yeni kentsel otobüs ile NGV'lerin halk tarafından kullanımını da arttırmıştır.

1999 yılında ilk protokolü yapan üyeler arasında 2. bir protokol yapılmıştır. Bu kapsamda da endüstriyel araçlar ve özel otomobiller için farklı metotlarla 2005 yılına kadar NGV'lerin

geliştirilmesi amaçlanmıştır (Arcis, 2000).

Fransız Petrol Şirketleri Birliği gruptaki tüm üyeleri NGV dolum istasyonu işletmelerinin de genişletilmesi için yardıma çağırmıştır. Özellikle 2. protokol ülkede bu sektördeki gelişimin desteklenmesi amacı ile imzalanmıştır. Bu protokole göre tüm üyeler çalışmalarındaki problemleri ortak bir platformda tartışarak çözecek ve kolay anlaşılır bir dille sürekli üyelere ve kamuya yayınlayacaktır. Kamu otoritesi NGV'lerin güçlü ve kalıcı bir gelişim trendine girmesi için cazip vergi indirimleri sağlamakla görevlendirilmiştir. Fransa'da halen m<sup>3</sup> başına 0,55 FRF olan vergi doğalgazın maliyetine %15 ile %20 arasında etki etmektedir.

Araç üreticileri en son gelişmiş ve yüksek performanslı araçlar üzerinde çalışmaktadırlar. Üreticiler çevreyi koruma, bakım ve işletme maliyetlerinin azaltılması için en iyi kalite de doğalgaz kullanılmasını sağlayacaklardır.

Doğalgaz tedarikçileri ve öncelikli olarak GdF cazip CNG fiyatları temin edecekler, teknik ve ekonomik depolama çözümleri ve ülkeyi boydan boya saracak geniş bir CNG dolum istasyonu ağı kurulması konularında girişimlerde bulunacaklardır (Arcis, 2000).

Fransa'da NGV gelişiminde özellikle kamu taşımacılığının üzerinde durulmaktadır. 1994'den 1999'a kadar geçen 5 yıl içinde 40 şehirde 350'den fazla kentsel yolcu otobüsü servise konulmuştur ve halen de 1000'den fazla otobüs kullanıma girebilmek için sıra beklemektedir. Bu da piyasaya her yıl % 30 oranında yeni çevre dostu araç yerleştirildiğini göstermektedir.

Kentsel otobüs filolarının sisteme yerleştirilmesinin ardından 3000 küçük faydalı araç ve 50 adet çöp kamyonunun sisteme adaptasyonu için çalışılmaktadır.

2005 yılında sona erecek 2. protokolün ardından yenilenecek 3. protokolde LDV (küçük kamyonlar) ve PC (otomobiller) için yüksek performanslı NGV motorlarının geliştirilmesi, ülkedeki tüm araç filosu sahiplerine indirimli fiyatlarla teklif edilmesi ve kullanıcılarına devletten geri çevrilemeyecek teşvikler alınması konularının üzerinde önemle durulacağı bildirilmektedir (Arcis, 2000).

Sonuç olarak Fransa ülkeye 5 yıllık programlar dahilinde geniş katılımlı ve projeye farklı noktalarda destek veren birliği ile NGV'leri bilinçli bir şekilde trafik sistemine adapte etmektedir.

### 3.3 Arjantin Modeli

Arjantin önemli doğalgaz rezervlerine sahip bir ülkedir. 1970'lerde doğalgazın ulusal yakıt piyasasında % 24 payı varken bugün bu oran % 47'nin üzerine çıkmıştır.

1980'lerde yeni gaz sahalarının tespiti ve likit yakıtlar yerine doğalgazın kullanılmasını amaçlayan programla CNG kullanımı önemli derecede artmıştır. Bu programda ana amaç NGV filoları oluşturarak doğalgaz tüketiminin artmasını sağlamak ve petrol ihracatını arttırarak ödemeler dengesini düzenlemek olmuştur. Ülke içinde sıvı yakıtlara uygulanan vergilerin de arttırılması ile NGV'ler sıvı yakıtlara karşı önemli avantaj sağlamışlardır. Ancak bu program başarı ile bugüne getirilememiştir. Sürekliliği sağlanmış olsa, Arjantin için ekonomik kalkınmanın önemli bir adımı olacağı ve ülkenin bugünkü kriz ortamında bulunup bulunmayacağı tüm Arjantin'de halen tartışılmaktadır (www.angv.org, 2002).

#### 3.3.1 Sıvı yakıtlar yerine CNG kullanımı

Ulusal düzeyde yürütülen ve özellikle kamu yolcu taşımacılığında motorin yerine CNG kullanılmasını destekleyen bu program amacına ulaşmamıştır.

1993 ve 1996 yılları arasında ülkede dizel yakıtın toptan satış fiyatı 18 cent+KDV, perakende satış fiyatı 26 cent+KDV iken HDV (ağır iş makineleri) ve kamu taşımacılığında dizel kullanımı daha cazip olduğundan yükselişe geçmiştir. O tarihlerde CNG'nin Nm<sup>3</sup> fiyatı ise 33 cent+KDV'dir (Fracchia, 2000).

Bu noktada uygulanan vergilerle dizel yakıtın fiyatının ani artışı ile birlikte ilk adımda orijinal CNG araç kullanımını benimseyen bu program dahilinde çok sayıda araç kullanıma girmiş ancak dizel yakıtlı araçlardan dönüşüm yapılmamıştır. Sonuçta tamamen dizel yakıtı tüketimini hedef alan bu programla her ne kadar dizel tüketimi azaltılıp, CNG tüketimi arttırılsa bile, uzun vadede hatalı uygulama ve kararlar nedeniyle ülke ekonomisine büyük zarar verilmiştir. Program da bir sonraki adım otobüs filolarının CNG kullanımı için çevrimlerinin zorunlu hale getirilmesi olmuştur. Hükümet çevresel ve ekonomik potansiyele sahip yakıtın CNG olduğunu ispatlamak uğraşısı içerisine girmiştir.

Ülkede son 6 yıl içinde NGV piyasasına 1.700.000.000.-USD'lık yatırım yapılmıştır. 800'den fazla sayıda CNG dolum istasyonu kullanımdadır. Bugüne kadar yerli kit ve yakıt depoları kullanılmak şartıyla 600.000 aracın dönüşümü yapılmıştır. Arjantin'de bugünlerde ayda ortalama 6000 aracın dönüşümü yapılmaktadır (Fracchia, 2000).

NGV'lerin teşvik edilmesi yeni yatırımlar ve net satışlar üzerinde oldukça etkilidir. Ülkede yılda 487.500.000.-USD'lik CNG satışı yapılmaktadır. CNG sektörü Arjantin'de 10.000 kişiye de iş imkanı sağlamaktadır. CNG çelik yakıt depoları imalatçıları tarafından IRAM, ISO, NZ VE DOT standartlarına bağlı çalışmakta ve yurt dışına ihracat yapılmaktadır. Ayrıca dönüşüm kitleri ve bileşenleri, istasyon kompresörleri, hatta komple istasyon yurt içinde imal edilmekte ve yurtdışına da satılmaktadır (Fracchia, 2000).

### 3.3.2 Kentsel taşımada kalıcı değişimler

NGV'lerin Arjantin'deki hızlı çıkışı beraberinde hava kirliliği ve yakıt tüketimi problemlerini de ortadan kaldırmıştır. Ancak ülkede kentsel kamu taşımacılığı hava kirliliğinde önemli etkendir. Bounes Aires'te kentsel bölgelerde sefer yapan otobüs filolarına bağlı otobüslerden yaklaşık 16.000 adedi dizel yakıtla çalışmaktadır. Her filoya bir CNG'li otobüs adapte edilmesi düşünülmüştür. Şehir içinde 280 noktaya CNG dönüşüm merkezleri kurulmuştur. Fakat hükümetteki değişiklikler ve farklı politikalar izlenilmesi sonucu tüm girişimler yeni hükümet tarafından desteklenmediği için program başarısız olmuştur. Sonuçta otobüs filoları sahiplerinin de baskısı ile CNG'lerin kentsel ulaşımında iyi bir performansa sahip olmadığı görüşü ortaya çıkmıştır. Bugünlerde eskiye oranla bahsi geçen proje daha çok destek görmektedir.

Arjantin'de dizel yakıtın yeniden vergilendirilmesi gerekmektedir. Özellikle şu anki vergilendirme sistemi diğer ülkeler ve yakıtlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Vergilendirme yapılırken özellikle maliyet-verimlilik oranına dikkat edilirse en temiz ve en önemli yakıtın CNG olduğu ortaya çıkacaktır. Otomotiv Endüstrisi son derece modern koşullarda NGV üretmeye başlamıştır. Özellikle Fiat'ın bi-fuel yakıtlı 2 modeli, ayrıca Ford ve Volkswagen de yeni modellerini tanıtmak için Arjantin piyasasına girmeye hazırlanmaktadır.

Gaz Dağıtım Şirketleri bu konuya olan ilgilerini CNG kullanımında göstermişlerdir. Bu şirketler araçlarını CNG'ye çeviren filo işletmecilerine uzun süreli sözleşme teklif etmektedirler. Bu sayede dizel yakıtın en iyi fiyatının da fiyat olarak çok altına inilmektedir. Ayrıca otobüs terminallerine de CNG istasyonu gaz dağıtım şirketlerince kurulmakta ve işletilmektedir (Fracchia, 2000).

Siyasi arenadaki değişiklikler ile başlanılan programların yürütülmemesi gelişmekte olan ülke ekonomilerine büyük zarar vermektedir

#### **4. NGV DÖNÜŞÜM KRİTERLERİ,ARAÇ TIPLERİ, MOTOR TEKNOLOJİLERİ, YAKIT SİLİNDİRLERİ(DEPOLARI), ÇEVRE TEMİZLİĞİNE KATKILARI VE EMİSYON ÖLÇÜMLERİ ,**

Dünya çapında 40'dan fazla imalatçı NGV üretmektedir. Bu araçlar hem yalnızca doğalgazla çalışan dedicated tip olarak adlandırılan araçlar, hem de petrol ve doğalgazla çalışan çift yakıtlı bi-fuel araçlar olarak adlandırılmaktadır.

Bugün kullanılan pek çok doğalgazlı araç özel şirketler veya imalatçıları tarafından petrolden doğalgaza dönüştürülmüştür. Dönüşüm sırasında zorunlu olan birçok ulusal ve uluslar arası standartlar vardır. Bu standartlar tüketiciyi korumaya yönelik düzenlemelerle, güvenceleri de dönüşüm firmasına yükler (The Decision Makers Guide, 2000).

##### **4.1 Petrolle Çalışan Araçların Çift Yakıtlı (Bi-Fuel) Kullanıma Dönüşümü**

Benzin yakıtlı araca, çift yakıt dönüşüm sistemi ve yüksek basınçlı yakıt tankı eklenir. Bu araçlar hem benzin hem de doğalgazla işletilebilirler. Doğalgaz kullanılmak istendiğinde sürücü kitin düğmesine basar(otomatik sistemlerde mevcuttur). Bu araç dururken veya hareket halinde iken de yapılabilir. Eğer istenirse dönüşüm kiti ve tank araçtan çıkarılarak araç eski haline dönüştürülebilir (Allen vd., 2000).

##### **4.2 Dizel Araçların Çift Yakıtlı (Dual-Fuel) Kullanıma Dönüşümü**

Dizel yakıtlı araçlar dual-fuel olarak adlandırılan sistemle CNG kullanımına dönüştürülebilirler. Bu araçlar doğalgaz ve dizel kombinasyonu ile çalışmaktadırlar. Motor rölanti de iken % 100 dizel yakıtla çalışmaktadırlar. Araç hareket haline geçer geçmez ve hıza kavuştuğunda daha çok yükselen oranda doğalgaz motora enjekte edilir ve bu karışım yaklaşık % 80 doğalgaz % 20 dizel yakıt oranına kadar çıkabilir. Bu tip motorlarda dizel yakıt doğalgazı ısıtan pilot yakıt olarak kullanılır (Allen vd., 2000).

Dual-fuel sistemin performans ve emisyon değerleri işletme şartları ile bağlıdır. Doğalgazın motora hava giriş manifoldundan geçerek girdiği bu sistem 1980'lerde geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllardaki gelişmelerle doğalgazın dizel motorun silindirine enjekte edilmesi yerine motora dizel enjektörleri yerleştirilmiş ve bu performans emisyon değerlerini geliştirmiştir. Dual-fuel sistemindeki son teknoloji ise, "Direk Enjeksiyon Sistemi" olarak adlandırılmış bilgisayar kontrollü sistemdir. Bu sistemler sınırlı sayıda motor ve imalatçı da olmakla birlikte, teknoloji ve üreticilerin gelişimine bağlı olarak dual-fuel dizel/doğalgaz yakıtlı

motorları yeni bir araç satınalma ve /veya dizel motor dönüşümünü düşünenler için ekonomik alternatif olarak teklif edilebilir (Allen vd., 2000).

#### 4.3 Sıkıştırılmış Doğalgazlı (CNG' li) Araç Tipleri

Her tipteki araç çoğunlukla çift yakıtlı (bi-fuel) sistemle doğalgaza çevrilebilir(Yolcu araçları, taksiler, polis arabaları, minibüs, panelvan servis araçları forkliftler vb.).

Dizel araçların çevrimi petrolü araçlara nazaran daha komplikedir. Çöp kamyonları ve otobüsler gibi ağır tonajlı araçlarda kullanımları daha yaygındır.

CNG kullanımına geçen bir aracın yakıt tüketimi model, yılda ne kadar kilometre yaptığı, bakımlarının zamanında yapılıp yapılmadığı gibi veriler göz önünde tutularak kontrol edilebilir. Dönüşümden önce az veya çok yakıt tüketen bir araç dönüşümün ardından da aynı tüketim değerlerini koruyacaktır (The Decision Makers Guide, 2000).

Doğalgazlı sistemlerin geri dönüşümü benzin, dizel ve doğalgaz arasındaki fiyat farkına bağlıdır. Yıllık bazda çok kilometre yapan aracın geri dönüşümü az kilometre yapandan daha hızlıdır. Günde 160-175 km'den fazla yol yapan araçların ek yakıt deposu kullanması gerekmektedir. Doğalgaza çevrilen benzinli motorlar % 8 ila 10 güç kaybederler. Çünkü doğalgaz silindirde buhar halde bulunur ve silindir kafasında % 8-10 oranında oksijen yerleşir ve bu da motorda güç kaybına sebep olur. Büyük motorlar(en az 1lt'den büyük hacimli) doğalgaza dönüştürüldüklerinde küçük motorlara göre daha az güç kaybederler.

Bu bölümde CNG dönüşümü yapılabilen araç tipleri hakkında bilgi verilmektedir. Dünyada farklı araç tipleri üzerindeki uygulamalar CNG'nin kullanımını ve tanıtımını hızlandıracaktır.

##### 4.3.1 Otobüsler

Kentsel otobüslerin doğalgazla işletilmesi çok popülerdir. Bu otobüsler insanların ve binaların yoğun olduğu bölgelerde çalışmaktadırlar. Partikül ve diğer emisyon değerleri yüksek olan araçlardan çıkan egzoz gazları şehirlerde daha çok insanla karşılaşacak ve yaşayanların sağlığına olumsuz etkilerde bulunacaktır. CNG'li otobüslerin artışı kirliliğin azalması ve daha temiz hava solunması demektir. Otobüslerin trafikteki duruş kalkışları kirlilik potansiyelini artırır, ancak doğalgaz görünür duman, sis ve kirliliğin azalmasını sağlar. Büyük ve yüksek sıkıştırılmalı doğalgazlı otobüs motorları doğalgazın 130 oktan oranı ile iyi bir sürüş performansı sağlar. Ancak doğalgazın yakıt silindirlerinin ağırlığı yeter miktarda yakıt yüklendiğinde bu aracın yük taşıma ağırlığının yaklaşık % 17'sine kadar yükselmektedir.

Eğer araç çok ağırlaşırsa oturan yolcu sayısı azaltılmalıdır.



Şekil 4.1 CNG'li otobüslerin kentsel toplu taşımacılıkta kullanımı-Almanya  
(The Decision Makers Guide, 2000).

Doğalgazlı araçlarda yakıtın verimliliği dizel yakıt kadar iyi değildir. Verimde % 10-15 azalma bugüne kadar ki yapılan tüm uygulamalarda bilinen bir sorundur. Bakım garajları normalde dizel yakıtlı araçlar için kurulmuşlardır. Çoğu araç sürücüsü geleneksel yakıtlar benzin ve dizel de olduğu gibi kısa dolun süresi istemektedirler.



Şekil 4.2 Otobüslerin cng' yi depolaması için tavana da yakıt depoları yerleştirilmektedir  
([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

Doğalgazlı otobüsler de aynı zaman aralığında doldurulabilir. Ancak istenen akış ve kapasite için büyük kompresörler gerekmektedir. Bazı otobüs şirketleri en az hızlı dolun kadar iyi

olan yavaş dolun kombinasyonunu tercih etmektedirler. (özellikle gece boyunca) Yavaş dolun uygulaması araç dolunda iken ona ait seferi başka bir araçla takviye edebilme esnekliğine sahip filolarda oldukça uygundur. Otobüslerde CNG kullanımının yaygınlaştırılması özellikle insan sağlığı için çok önemlidir. Bu konuda yaygın kullanıma sahip ülkelerde NGV'lerin trafiğe entegre edilmesinde önemli bir rol oynamıştır.

#### 4.3.2 Minibüsler

Minibüsler kentsel ulaşımında daha çok küçük grupların personel servisi olarak kullanılmakta, avrupa ülkelerinde bizde olduğu gibi toplu taşıma sektörüne hizmet için kullanılmamaktadır. Oteller ve araç kiralama şirketleri genelde kısa ama sürekli servis taşımacılığında minibüslerden faydalanmaktadır (The Decision Makers Guide, 2000).

Bu nedenle doğalgaz kullanımı için oldukça uygun olarak gözükmektedirler. Çok çeşitli tipte minibüs imal edilmekle birlikte fabrika çıkışı orijinal doğalgaz motorlu minibüslerin de fazlası ile kullanımı mevcuttur.

#### 4.3.3 Çöp kamyonları



Şekil 4.3 Orijinal fabrika çıkışı sıkıştırılmış doğalgazla işletilen bir çöp kamyonu ([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

Çoğu ülkede çöp kamyonları sabahın ilk ışıkları ile çalışmaya başlamakta ve önemli bir gürültü kirliliğine sebep olmaktadır. Doğalgazlı çöp kamyonları doğalgazın dizel yakıtla oranla sahip olduğu yüksek oktan oranı nedeni ile sessiz çalışma avantajından dolayı özellikle gece boyunca yapılan çalışmalarda oldukça avantajlıdır. Yakıt depoları genellikle bu araçların

taşıma kapasitelerini % 17 oranında azaltmaktadır. Bu sorun öncelikle kentsel atık yönetim sistemini etkileyen önemli bir unsurdur. Deneyimler göstermektedir ki aks genişliği ve yükleme şartlarına uygun araç seçimi oldukça dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu nedenle doğalgazlı çöp kamyonlarının büyük çoğunluğu tamir ve bakımında oluşabilecek sorunların da üzerinde durularak özel olarak üretilmelidir. Örneğin; Londra'nın Brough kasabasında kullanılan araçlar sık sık yetersiz servis sebebi ile arızalanmaktadır. HDV'lerin gelişimleri sürmekte, kullanıcılarda bu gelişim sürecindeki olumlu sonuçları beklemektedirler.

Bazı çöp kamyonları da çöp atıklarından elde edilen "biogaz" ile çalışmaktadırlar. Kapalı sistem çalışan bu araçlarda yakıt olarak biogaz veya doğalgaz kullanılması şehir yaşayanları için şans olarak ortaya çıkmaktadır (The Decision Makers Guide, 2000).

Biogaz ile işletilen çöp kamyonları daha çok Stockholm'de bulunmaktadır. Bu şehirde özellikle çöp ve lağım sularının buharlaşarak oluşturduğu sera gazı emisyonu etkisinin azaldığı gözle görülür bir olumlu gelişme olarak ortaya çıkmıştır. Şimdilerde ise araç yakıtı olarak yıllık yaklaşık 360.000 litre petrol yerine biogaz kullanılmaktadır. Stockholm'de lağım sularının dönüşümünden oluşan biogaz enerjisi ile günlük 12-15 ton çöp toplayan 2 adet Volvo marka çöp kamyonu çalışmaktadır. Bu kamyonlar yalnızca daha düşük emisyon değerleri ile değil, diğer araçlara göre daha sessiz çalışması ve özellikle yoğun ve duyarlı şehrin eski kısmında kullanılmaktadır. Stockholm'ün çöp işletmeciliğinin yöneticisi SKAFAB'ın gelecekteki planı, şehirdeki restoranların yiyecek artıklarının bir merkezde toplanarak biogaza çevrilmesidir ve bu yakıtın % 100 kendi kendine yeterliliği amaç edinilmiştir.

İstanbul'da da "İstanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme San. ve Ticaret A.Ş" (İSTAÇ A.Ş) 28.12.1994 tarihinde, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin "Katı Atık Projesi" kapsamında evsel atıkların düzenli olarak depolanması, tıbbi atıkların taşınması ve yakılması ile çevre sağlığı için her türlü ağaç, fide ve çiçek temini, bunların dikimi ve bakımı gibi faaliyetlerin yürütülmesi, bunlar için gerekli tesislerin kurulması ve işletilmesi amacıyla kurulmuştur (İstaç yaylığı, 2002).

İSTAÇ A.Ş. Eylül 1995 yılında "Tıbbi Atık Projesi" ni uygulamaya geçirmiştir. Aralık 1995 tarihinde, insan ve çevre sağlığını tehdit eden vahşi çöp depolama alanları kaldırılmaya, yerlerine sıhhi ve düzenli depolama alanları kurulmaya başlanmıştır. Avrupa yakasında Odayeri / Göktürk ve Anadolu yakasında Kömürcüoda /Karakiraz köyü mevkiilerinde iki adet düzenli depolama alanı açılmıştır. Bu alanlara dökülecek çöpler için Mayıs 1995'te

Yenibosna ve Tuzla' da, Ekim 1995'te Halkalı'da , Haziran 1996'da Ümraniye'de ve Temmuz 1996'da Şişli'de olmak üzere 5 adet Katı Atık Aktarma Merkezi kurulmuştur. Küçükbakkalköy aktarma merkezi ise, inşaatı tamamlanmış olup yeni hizmete girmiştir. İlçe Belediyelerinin çöpleri önce bu istasyonlara gelmekte, burada toplanan çöpler preslenerek silolara doldurulup Odayeri ve Kömürcüoda düzenli depolama alanlarına götürülmektedir. Bu 2 düzenli depolama alanlarına günlük 10.000 ton civarında katı atık nakledilmektedir.

İSTAÇ A.Ş., 2001 yılından itibaren günde 1000 ton çöpü işleyerek kompost üreten “Kompost ve Geri Kazanım Tesisi” ile, eski Kemerburgaz çöplüğünden elektrik enerjisi üreten, “Çöp Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi'nin” işletmesini yapmaya başlamıştır. Kompost gübreden farklı olarak, toprağı ıslah edici, organik değeri yüksek malzemedir. İçerisine azot ve fosfor verilerek istenilen şekilde gübre elde edilmektedir. Katı atık içindeki organik maddelerin, mikroorganizmalar vasıtasıyla yeterli oksijenle reaksiyona girerek çözülmesi ve bu esnada karbondioksit, su ve ısıнын oluşturulmasına “kompostlaştırma” adı verilmektedir. Daha önce vahşi çöp depolama alanı iken 1995 yılında kapatılan Kemerburgaz çöplüğünde, Türkiye'de ilk defa uygulanacak aktif gaz depolama sistemiyle gazların toplanarak arıtılması ve sonra metan gazı yakılarak elektrik enerjisi elde edilmesi için Çöp Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi kurulmuştur. Böylece kontrol dışı oluşan gazlar çevreye zarar vermeden, ekonomik şartlarda bertaraf edilmekte ve değerlendirilmektedir.

Eski Kemerburgaz vahşi çöp depolama alanında evsel, ticari ve endüstriyel olmak üzere yaklaşık 5,7 milyon m<sup>3</sup> katı atıktan kontrol dışı oluşan gazlar, çevre açısından önem arz etmektedir. Bu gazların yaklaşık % 52'sini metan gazı oluşturmaktadır. Metanın sera, yani atmosferi ısıtma etkisi, karbondioksitten 20 kat daha fazladır. Kurulan tesiste, eski çöp depo alanının rehabilitasyonu, metan gazının çevreye zararının minimuma indirilmesi ve bu gazın elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülerek faydalı hale getirilmesi amaçlanmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin gaz üretim ve potansiyelini ölçmek üzere yaptığı çöp gazı pompalama denemesi sonuçlarına göre, Kemerburgaz çöplüğünden çıkan metan gazının 20 silindirli özel gaz motorlarında yakıt olarak kullanılması yoluyla, bu motorların çalıştıracağı alternatörler vasıtasıyla saatte yaklaşık 6 MW elektrik elde edilecektir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Türkiye'de bir ilk olarak kurmuş olduğu bu tesis ile, yılda yaklaşık 50.400.000 KW elektrik enerjisi üretilecek, metan gazı ayrılıp yakılarak yer altı sularının kirlenmesi önlenecektir. 6,5 milyon dolara mal olan tesis, 15 yıl süreyle 10 bin konutun enerji ihtiyacını karşılayacaktır (İstaç Yıllığı, 2002).

Ayrıca elektrik enerjisine paralel olarak 6.000.000 kcal/h ısı enerjisi üretilecek ve bu termal enerji, baca gazı içindeki karbondioksit ile birlikte, aynı mahalde kurulacak seralarda, Park ve Bahçeler Müdürlüğü tarafından değerlendirilecektir. Elde edilen biogazın zamanla araçlarda yakıt olarak kullanılması da İSTAÇ' ın gelecek projeleri arasında yer almaktadır.

#### 4.3.4 Ticari kamyonlar

Doğalgazla çalışan kamyonlar çok çeşitli tip ve büyüklüklerde imal edilmektedirler. Dünyada çok merkezde özellikle şehrin kalabalık bölgelerinde kullanılmaktadırlar. Yakıt tüketimleri,



Şekil 4.4 Ticari kamyonların doğalgaza çevrimi gün geçtikçe hızla artmaktadır ([www.engva.org](http://www.engva.org),2001).<sup>2</sup>

mevcut dolun istasyonu ağı ile karşılanamadığından dolayı şehirlerarası kullanıma uygun değildirler. İngiltere ve Amerika'da şehirlerarası taşımacılık yapan bu ticari kamyonlar LNG olarak doğalgaz kullanmaktadırlar. LNG krojenik bir yakıt olarak % 60 daha fazla enerji yoğunluğuna sahiptir ve bu nedenle şehirlerarası büyük kamyon işletmeciliğinde yaygınlaşmış durumdadır.

#### 4.3.5 Kargo araçları

Şehir merkezlerinde çalışmakta olan kargo araçlarında en büyük hedef doğalgazlı araçların kullanımınıdır. UPS ve USPS gibi bazı şirketler bu araçları paket ve postaları dağıtmak için kullanmaktadırlar. Özellikle araç sayısının fazla olduğu kentsel merkezlerde bu çevreci araçların kullanımı oldukça faydalıdır. Ancak hem araç bordu hem de araç üzerine rahat rahat kullanıma yetecek kadar CNG tankı konulmuş olmalıdır. Bir çok ülkede de panelvanlar bu amaca hizmet etmektedirler. Panelvanlar haricinde motorsikletten otomobile tüm araç tiplerini

kullanan bu sektör özellikle hem çevre temizliğine katkısı hem de gürültü kirliliğinin ve yakıt maliyetlerinin azaltılması amacı ile doğalgaz kullanımına oldukça yakın ilgi içerisinde bulunmaktadır. Avrupa'da özellikle orijinal CNG'li araç kullanan sektör ülkemizde özellikle İstanbul'da devam eden araçlarda doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması projelerinin sonuçlanmasını beklemektedir (The Decision Makers Guide, 2000).

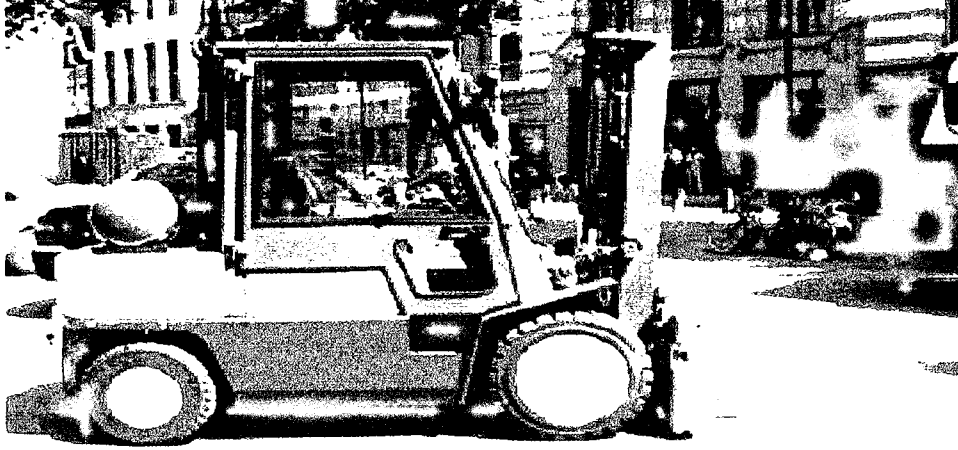


Şekil 4.5 Kargo araçları özellikle şehir içi paket posta şirketleri için idealdir ([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

#### 4.3.6 Forkliftler

Kapalı mekanlarda çalışan araçlar, kullanım yerine göre daha büyük önem arz etmekte ve o mekanda çalışan kişiler için ciddi tehlikeler oluşturmaktadırlar. Özellikle forklift imalatçıları çoğu ülkede doğalgazla çalışan modelleri hızla kullanıma sunmak için çalışmaktadırlar. Forkliftler veya kamyonlarda CNG yakıt tankları genellikle sürücünün arkasına yerleştirilmekte veya araç dizaynına bağlı olarak araç üzerine yerleştirilmektedir.

Forkliftlerin dolumu diğer karayolu araçlarına göre az yakıt kullanmaları ve işletilmeleri için daha küçük kapasiteli kompresöre ihtiyaç duymaları sebebi ile çok daha kolaydır. Oldukça popüler olan 4lt/saat kapasiteli küçük filo tipi kompresörlerdir. Elektrikli forkliftlerin hantal bataryalarının şarjı için saatlerce dolum yapmak gerektiğinden bu noktada da doğalgazlı forkliftler ön plana çıkmaktadırlar.



Şekil 4.6 Forkliftler özellikle büyük fabrikalarda dahili mal taşımalarında kullanılmaktadır (www.engva.org, 2001).<sup>2</sup>

#### 4.3.7 Taksiler ve dolmuşlar

Orijinal Ekipman Üreticileri (OEM) tarafından özellikle dizayn edilen CNG'li taksiler dizel partnerleri ile karşılaştırıldıklarında fazla sayıda üstünlüklere sahip oldukları görülmektedir.

Arjantin'in Başkenti Bounes Aires'te 1986 yılından bugüne dizel taksilerin kullanımı yasaklanmış ve yerlerini kısa bir zaman içinde NGV'li araçlar almışlardır. Bugünlerde Arjantinliler çoğu Bounes Aires'te taksi olarak çalışan yaklaşık 630.000 adetten araç fazla sayıdaki CNG'li araçları ile övünmektedirler (The Decision Makers Guide, 2000).



Şekil 4.7 Göteborg sokakları biogaz ve doğalgaz kullanan ticari taksilerle doludur (www.engva.org, 2001).<sup>2</sup>

İsveç'in Göteborg şehrinde,merkezi istasyonlarda özel bekleme yerleri ile doğalgazlı araçlar kullanılmakta ve halen de kullanımları sağlanan önemli teşviklerle özendirilmektedir.

Taksi sürücüleri günde 8, hatta bazı günler daha uzun saatler araç kullanmakta ve her istasyonda bulabildikleri yakıtı kullanmaktadırlar. Bu nedenle bu araçların dolum istasyonları ihtiyaç duyulabilecek her noktada olmalı ve ölçüleri minimize edilmelidir. Yakıt tankı kapasitelerinin artırılması, bagajlı yolcuya yeterince bagaj boşluğu kalmamasına, dolayısıyla müşteri kaybına sebep olmaktadır. Fabrika çıkışı şaseye yakıt tanklarının yerleştirilmesi özellikle havaalanı taksileri için en idealidir.

#### **4.3.8 Yolcu araçları**

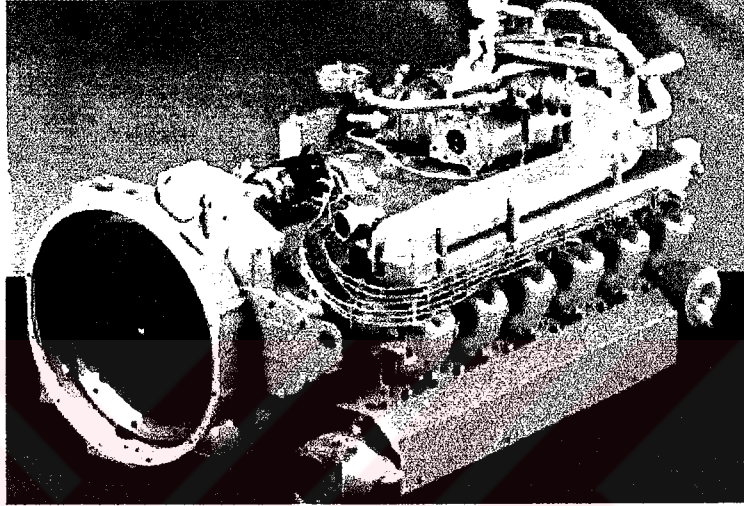
Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya'da büyük otomobil üreticilerinden birçoğu çok çeşitli tip ve ebatlarda doğalgazlı yolcu taşıma araçları imal etmektedirler. Petrolle çalışan tiplerine göre emisyon değerleri yönünden açık ara önde giden bu araçlar yakıt tanklarının aracın arka kısmına yerleştirilmesi neticesi, yolcular için uygun beden/ayak aralığı mesafesine sahip olmadıklarından, istenilen şekle dönüştürülmeye çalışılmaktadırlar.

OEM üyeleri pazara Fiat Multipla Blupower ile girmeye başlamışlardır. En yeni teknolojinin kullanıldığı bu bilgisayar kontrollü, yakıt enjeksiyonlu araçların modern teknolojiler kullanılarak dönüşümü sağlanmıştır. Yerel hükümetler, enerji şirketleri, polisler ve taksi durakları bu araçları kullanmaya başlamışlardır ([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

#### **4.4 NGV Motor Teknolojileri**

CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması genellikle otomobillerin kirlilik kaynaklarının azaltılması ile aynı anlama gelmektedir. NGV'lerin CO<sub>2</sub> emisyon değeri, birim ısı değere göre dizel yakıtından %20 oranında daha az olmakla birlikte, düşük kirlilik ve petrol alternatifi olabilme gibi nitelikleri olan doğalgazın araç yakıtı olarak kullanılmasının çok büyük avantajları bulunmaktadır. Dizel motorlarla karşılaştırıldıklarında ne yazık ki orta ağırlıktan yüksek ağırlığa yükler altında özellikle CNG motorları düşük ısı verim sıkıntısı çekmektedir. Eğer yük altında işletme performansları artırılabilirse CNG yakıtlı araçların ticari önemi artacaktır. Dünyada özellikle direk yakıt enjeksiyon sistemi ile ısı verimi en üst seviyelere çıkartacak bir yüksek verimli CNG motoru geliştirme çabaları devam etmektedir. Isıl verimi arttırabilmek için hazırlanan pilot proje de doğal gaz direk olarak yanma odasına püskürtülmekte ve verimi yükseltmek amacıyla fakir karışım yanması ve doğrudan yüklemeyi sağlayan bir DI (Direk

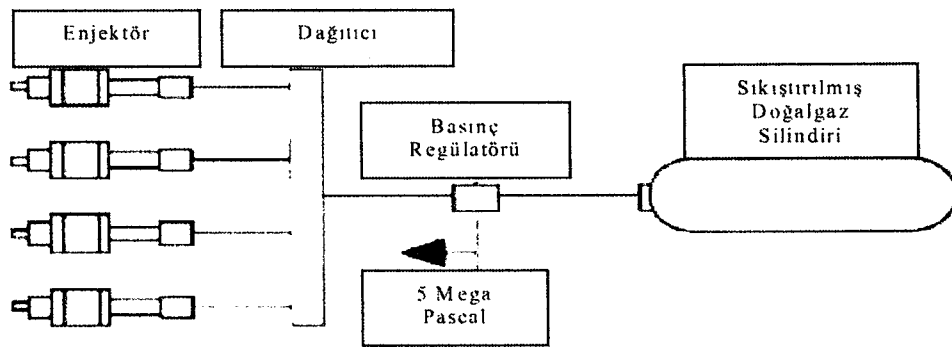
Enjeksiyon) sistemi kullanılmaktadır. Bu proje 1998 ila 2000 yılları aralığında sürmüştür. Proje kapsamında üzerinde çalışılan araç tipi özellikle orta-hafif yük taşımacılığında kullanılan (maksimum istihap haddi 4 ton) orta sınıf bir kamyon olmuştur. Gelişim çalışmaları süren bu prototip DI-CNG motorunun CO<sub>2</sub> emisyon değerinin yapılan testlerde standart CNG motoruna göre yaklaşık % 8 daha fazla olduğu görülmüştür. Fakat bu motorun CO<sub>2</sub> değeri DI-Benzin motoruna göre de % 18 daha düşüktür(Maita ve Oguchi, 2000).



Şekil 4.8 Man marka direk enjeksiyonlu-sıkıştırılmış doğalgazlı motor ([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

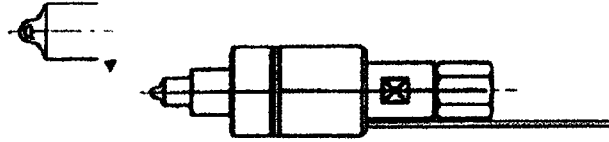
#### 4.4.1 Direk enjeksiyon-sıkıştırılmış doğalgazlı (DI-CNG) motorun özellikleri

Bir dizel motora DI-CNG motoru adapte edilerek oluşturulan bu motor tipinde, yakıt olarak kullanılan doğal gaz, yanma odasının içine bir enjektörle direk olarak püskürtülmekte ve daha sonrasında yanıcı gaz karışımı bir buji yoluyla ateşlenmektedir.



Şekil 4.9 DI-CNG motoru yakıt enjeksiyon sistemi (Maita ve Oguchi, 2000).

DI-CNG motoru için yakıt enjeksiyon sistemi dizaynı yukarıdaki şekilde gösterilmektedir. CNG tanktan motora bir basınç regülatörü ile 5 MPa basınç altında bir depodan sağlanmakta ve bir dağıtıcı üzerinde her bir silindirin enjektörüne gönderilmektedir. Püskürtme basıncını sağlamak üzere bir yükseltici pompa kullanmak mümkün olmakla birlikte, pompa güç kaybı



Şekil 4.10 DI-CNG yakıt enjektörü (Maita ve Oguchi, 2000).

Çizelge 4.1 DI-CNG motoru yakıt enjektörü genel özellikleri (Maita ve Oguchi, 2000).

Sürüş Sistemi	Selenoid
Enjektör Delik Sayısı	1
Enjektör Delik Boyutları	1,04 mm <sup>2</sup>

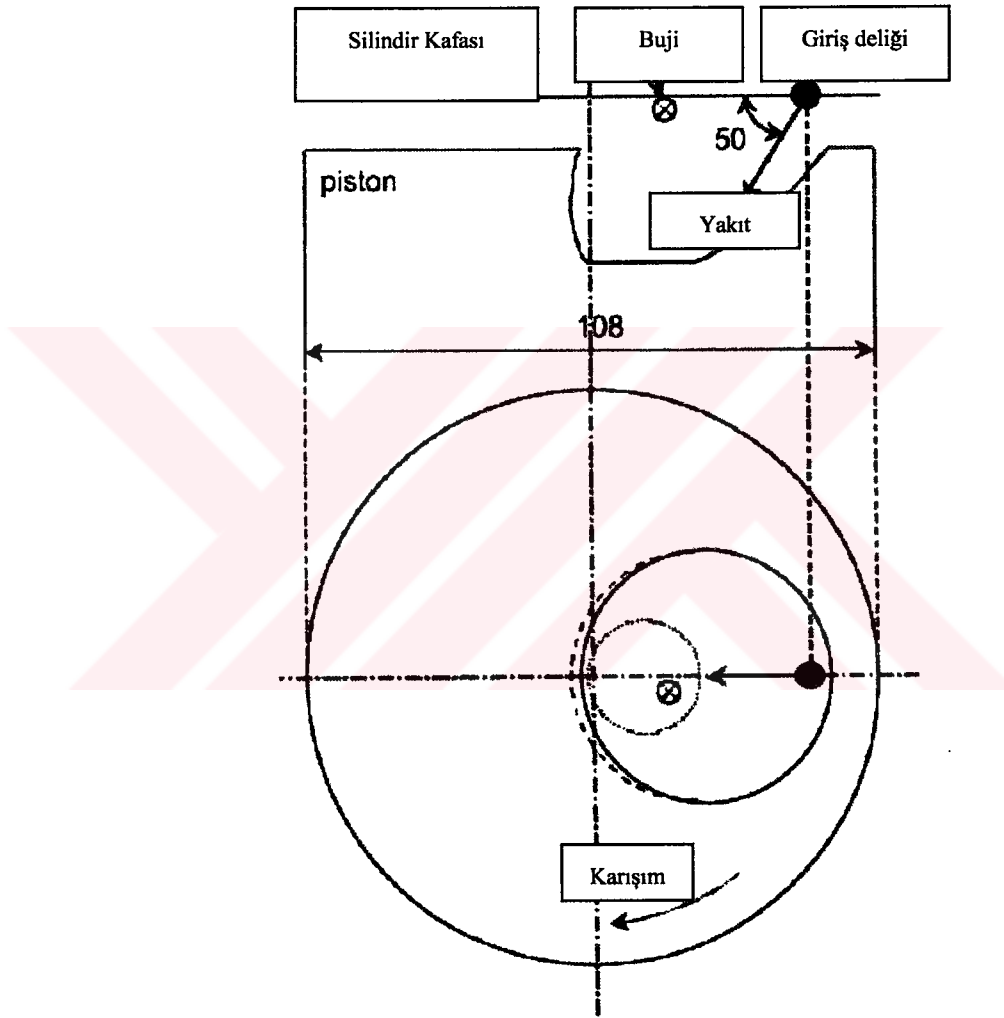
rını önlemek amacıyla kullanılmıştır. Şekil 4 10'da DI-CNG yakıt enjektörü görülmektedir. Modifikasyon için temel oluşturmak üzere iki durum üzerinde çalışılmıştır; ortak dağıtıcı dizel motoru ve DI-Benzin motorları için enjektör görevini yapmaktadır. Sonuç olarak DI-Benzin motoru için, erken enjeksiyon da dahil olmak üzere geniş bir enjeksiyon zamanlaması aralığında ayarlanabilen ve 5 MPa gibi düşük enjeksiyon basınçlarını sağlayabilen bir selenoid-vana enjektörü üzerinde karar kılınmıştır. Daha sonra bunun CNG motorunda kullanımını sağlamak için nozül deliği genişletilmiş ve selenoid-vana takviyesi yapılmıştır.

#### 4.4.1.1 DI-CNG motorunun yanma odasının şekli

Sabit, doğrudan yüklemeli yanma için, yanma odasının şekli yakıt enjeksiyon sistemi ile eşdeğer öneme sahip bir etkidir. Bir dizel motoru temel olarak alındığından, DI-CNG motoru, piston tepesi üzerinde yanma odasının yerleşimini sağlayan, alt yüzeyinde bir bölmesi olan silindir kafasına sahiptir. Daha önceden yapılan temel testlere dayanan simülasyon hesaplamalarla, Şekil 4.11'de görülmekte olan eğimli yüzeyde karar kılınmıştır. Yakıt enjektörden yanma odasının içine doğru püskürtülmekte, yanma odasının alt kısmı boyunca

dolaşarak ve hava ile karışarak buji ateşlemesine ulaşan yanıcı gaz karışımını oluşturmaktadır.

Test sonuçları üzerinde çalışılarak, bir silindirli motorla yapılan temel testlerle, yanma stabilitesinin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşılacaktır. Açıkça görülmektedir ki, dengesiz yanma, buji ateşlemesine ulaşabilen yanıcı gaz karışımının yeterince oluşmamasından kaynaklanmaktadır. Bu ise yakıt jeti geçişinin azlığı ve yakıt jetini uzaklaştıran girdap nedeniyle olmaktadır (Maita ve Oguchi, 2000).



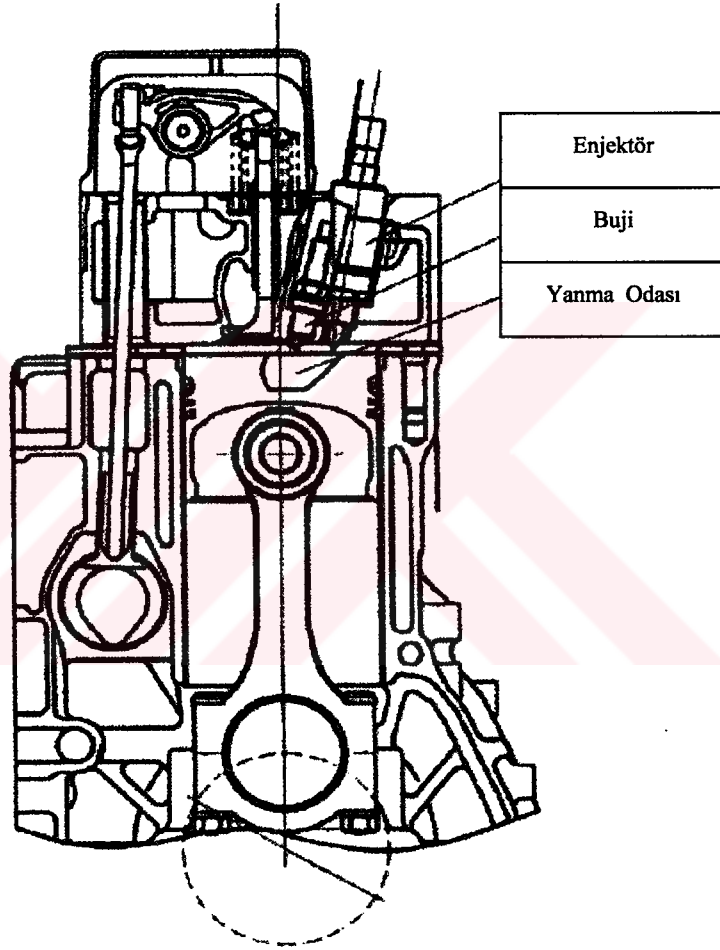
Şekil 4.11 DI-CNG motorunun yanma odasının şematik şekli (Maita ve Oguchi, 2000).

Pilot proje ile bir DI-CNG motorunun CO<sub>2</sub> emisyonu miktarını azaltmak ve orta-düşük yükler altında ısıl veriminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Temel testler tek silindirli bir motora uygulanmıştır. Sonuç olarak yüksek devirler ve düşük yükler altındaki kullanımlarda tam yanmalı işletme şartları, ısıl verimin düşük olduğu yüksek devirler haricinde, düşük devir ve orta-düşük yükler altında, karıştırıcı-CNG motorundan daha yüksek ısıl verim, orta-yüksek yükler altında dizel motora göre daha düşük CO<sub>2</sub> emisyon oranı gibi önemli sonuçlar elde

edilmiştir.

#### 4.4.2 Çift yakıtlı (dual fuel) bir dizel motorun yanma ve egzoz emisyon karakteristikleri

Dual yakıtlı bir dizel motorun yanma ve egzoz gazı emisyonlarının karakteristikleri; motor testleri ve nümerik simülasyonlara dayanarak araştırılmaktadır. Dizel motorunun silindirine



Şekil 4.12 Tek silindirli DI-CNG motoru (Maita ve Oguchi, 2000).

doğalgaz enjekte edilmektedir ve karışım dizel yakıtın pilot enjeksiyonuyla ateşlenmektedir. Doğalgaz yüksek oktan sayısı nedeniyle genellikle buji ateşlemeli motorlarda kullanılmaktadır. Ancak vuruntu olması nedeniyle bu motor tipinin sıkıştırma oranı dizel motorun ki kadar yüksek olamamaktadır. Sonuç olarak, buji ateşlemeli doğal gaz motorlarının ısıl verimi dizel motorlarınkinden düşük seviyelerde kalmaktadır (Maita ve Oguchi, 2000).

#### 4.4.2.1 Çift yakıtlı (dual-fuel) dizel motorun test sonuçları

MAN tarafından halen üretilmekte olan E2866 UH tipi dizel motoru, silindir kafasındaki ve pistondaki bazı değişiklikler sonucu Otto prensibi altında, % 100 doğal gaz ile çalışacak şekilde dönüştürülmüştür. Dört zamanlı, 6 silindirli, 11.967 litre strok hacmine sahip bu motorun, silindir çapı 128 mm, stroku 155 mm, sıkıştırma oranı 11:1, gücü 2200 devir/dakika'da 170 KW, maksimum momenti 1000 devir/dakika'da 840 NM'dir. Bu motor homojen olmayan karışım oranlarında çalıştırılmakta ve egzoz gazları emisyonunun düşürülmesi için egzoz sisteminde kapalı devreli 3 fonksiyonlu katalitik reaktör bulunmaktadır. Metal taşıyıcı elemanlı bu sistem, Pt-Rd katalitik malzeme içermektedir. Orijinal dizel motorunun sıkıştırma oranı piston şeklinde yapılan değişikliklerle azaltılmış ve motor kafasında geometrik olarak değişiklik yapılmamıştır. Ancak soğutma sistemi açısından gerekli değişiklikleri sağlamak için, silindir kafasındaki soğutma suyu kanalları değiştirilmiştir. Silindir kafasına ayrıca ateşleme bujileri eklenmiştir. Motor dönme sayısının yüksek mertebelere çıkmaması nedeniyle, ateşleme avansı ÜÖN'dan 18 KMA önce sabit olarak tutulmuştur. Orijinal dizel motoruna göre maksimum silindir basıncı, 25 bar daha düşük ve basınç gradyanı da daha azdır. Sonuç olarak motor gücünde yaklaşık 7 KW azalma olurken, motor momenti de düşmekte, özgül yakıt tüketimi artmakta, ancak motorun gürültü seviyesi azalmaktadır. Egzoz gazları emisyonları açısından ise, Otto prensibi ile çalışan bu motorda, dizel motoruna göre önemli azalmalar sağlanmıştır. ECE R-49 standardı, 13 nokta testi sonucu motorun emisyonlarının, 1999 yılı için öngörülen EURO 3 değerlerini bile kolayca sağlayabildiği görülmüştür( 3 fonksiyonlu kapalı devreli katalizörlü E 2886 DUH doğal gaz motorunda HC emisyonu 0,2 g/KWh, CO emisyonu 1,1 g/KWh, NO<sub>x</sub> emisyonu 0,5 g/KWh ve partiküler madde emisyonu 0,5 g/KWh olarak ölçülmüştür).

MAN motor test laboratuvarlarında, Horiba 9100 serisi tam otomatik emisyon ölçüm sistemi ile doğal gazla çalışan bir motor üzerinde yapılmakta olan 13 nokta emisyon testi izlenmiştir. Bu test sırasında, yüksek katalitik reaktör verimi sağlanabilmesi için hava fazlalık katsayısı, çok az zengin tarafta tutulmaktadır (Maita ve Oguchi, 2000).

Deltec firması da 1987 yılının Ekim ayından beri faaliyet göstermekte olup, büyük motorlar için gaz yakıt donanımları geliştirmektedir. Özellikle ağır dizeller için geliştirmiş oldukları gaz yakıt dönüşüm kitleri mevcuttur. Firma yakıt sistemlerinin tasarımını kendi bünyesinde yaptıktan sonra, projelendirdiği sistem elemanlarını diğer kuruluşlara yaptırmakta veya imal edilmiş bazı hazır donanımı kullanmaktadır. Bu elemanlar Deltec firmasının laboratuvarlarında kalite kontrolden geçirildikten sonra, prototip motorlar üzerinde veya Rotterdam' da bulunan

bağımsız bir kuruluş olan TNO motor laboratuvarlarında denenmektedir. Deltec tarafından geliştirilmiş olan doğal gaz dönüşüm donanımları özellikle Hollanda'da imal edilen DAF marka motorlar olmak üzere, MAN ve diğer bazı dizel motorlarının dönüşümünde kullanılmıştır.

Yarı resmi ve bağımsız bir kuruluş olan TNO, üretim, tasarım, malzeme v.b. konularda uygulamalı araştırma faaliyetleri sürdürmektedir. Taşıt araştırma enstitüsü de uygulamaya yönelik olarak taşıt ve motor tekniği üzerinde çeşitli araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Alternatif yakıtlar, elektronik motor kontrol sistemleri, dizel motorları, çevre teknolojisi v.b. konularda taşıt üreticisi firmalar, LPG / Doğalgaz donanımı üreticileri, devlet kuruluşları, taşıt filosu işleticileri ve yakıt üreticileri için araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Taşıt araştırma laboratuvarları, hafif ve ağır taşıtlar için şasi dinamometrelerine, 130-630 KW arasındaki güçler için motor frenlerine ve egzoz gazları analiz sistemlerine sahiptir. Emisyon test donanımları bulunmakta ve ECE standartlarına göre test çevrimleri uygulanmaktadır.

Motorlarda firmalar tarafından genelde doğal gazın ÜÖN'ye -20 ve -30 dereceler arasında püskürtülmesi önerilmektedir. Böylesi geç püskürtme zamanlamaları, yanmanın fakirleşmesini veya pistonun üst kısmına doğru hareketini önleyebilir. Motor testleri bunu değerlendirmekte kullanılabilir. Bu doğal gaz ve dizel püskürtmesi arasında uzun bir aralık olmasından dolayıdır (Ehiyama, vd., 2000).

Her iki deney ve simülasyonlardan da anlaşılacağı üzere, fazla hava girişine bağlı olarak doğal gaz karışımının yanmak için fakirleştiğinde yada karışım pistonu geldiğinde yanma kötüye gitmektedir.

Motorda geç doğal gaz enjektisi ile NO<sub>x</sub> artış eğilimindeyken, THC geciktirilmiş doğal gaz enjeksiyonu ile azaltılabilmektedir. Egzoz gazı yeniden dönüşümü, kötüleştireilmiş yanma olmaksızın kısmi yükleri de NO<sub>x</sub> azaltmada faydalı olmaktadır. Doğal gaz -25 derece ÜÖN'de enjekte edildiği zaman, CO düzeyi tüm durumların en azı seviyesinde olmaktadır. -20 derece ÜÖN durumu için, daha zengin karışım ateşlendiğinden dolayı, CO, -25 derece ÜÖN'deki değerinden biraz daha yüksektir. Hatta geciktirilmiş doğal gaz ateşlemesi sayesinde ısı verim de geliştirilmiştir.

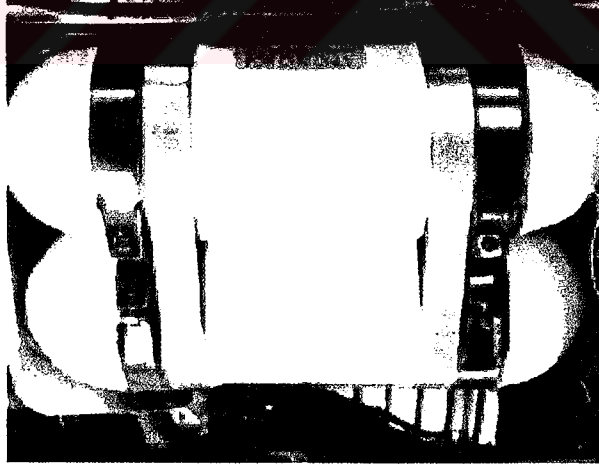
Motor performansı ve egzoz gazı emisyonlarını geliştirmek amacıyla yönelik olarak, doğal gaz enjeksiyon zamanlaması -25 yada -20 derece ÜÖN olarak seçilmelidir. Simülasyon modeli, doğal gazın silindir içindeki davranışını öngörmektedir ve farklı motor işletim şartları için optimal doğal gaz enjeksiyon zamanlamasını belirleme de kullanılmıştır.

Sonuç olarak bir gaz karıştırıcısı vasıtasıyla hava ile karıştırılan doğal gaz karışımlarını kullanan dual-yakıt motorları, çok fakir karışımlara göre kısmi yüklerde kötüleştirilmiş yanmadan kurtulma eğilimindedir. Bu problemi yeniden çözmek için, direk doğal gaz enjeksiyon sistemi kullanan yeni bir yanma kavramı üzerinde durulmaktadır. Silindir içinde doğal gaz karışımı oluşumunun davranışını öngörmek üzere bir 3D-CFD simülasyonu kullanılmıştır.

Motor testleri, doğal gaz enjeksiyon zamanlamasını optimize etmek üzere de ele alınmıştır; Doğal gazın geç olarak direk enjekte edilmesi kısmi yüklerde ısı verimi geliştirmekte ve THC emisyonlarını belirgin bir şekilde azaltılabilmektedir. Bu silindir içine doğrudan yükleme ile oluşmaktadır. Sonuç olarak, doğal gaz karışımının neredeyse tamamında, doğal gaz jeti fazla hava ile karışmakta ve karışım yanma işlemi için fakirleşmeden önce bir dizel pilotu ile ateşlenebilmektedir (Maita ve Oguchi, 2000).

Dünyada NGV'lerin kullanımının yaygınlaştırılması için en önemli konulardan biri olan NGV motor sistemlerinin geliştirilmesine bağlıdır. Gelişmiş motor sistemleri ve düşük emisyonları ile NGV'ler gelecekte daha önemli bir noktaya gelecektir.

#### 4.5 NGV Yakıt Depoları (Silindirleri)



Şekil 4.13 Yakıt tankları çelik kayışlar vasıtası ile şaseye de montelenebilmektedir ([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

Araçlardaki basınçlandırılmış gaz silindirleri en güçlü kompozit malzemelerden yapılmış olmalıdır. Özellikler çarpışma sonucu tamamen hurda haline gelmiş bir araçta bu tankların hiçbir hasar almadan, sapsağlam kalmış olması hem güvenilirliklerinin hem de dayanıklılıklarının ispatı olacaktır.

NGV'lerdeki en büyük sıkıntı standart mekanik karbüratörlü benzinli bir araçta yakıt hava karışımındaki havanın azlığıdır. Daha yüksek yoğunluklu doğalgaz motorda güç kaybına neden olmaktadır. Motor daha az oksijen aldığından güç azalmıştır. Akış ölçüm sistemi kullanılırsa, daha iyi bir karışım elde edilecek ancak çözüm olmayacaktır. Gazın elle tutulamaz hacmi nedeni ile yaklaşık % 12 ile % 14 daha az oksijen yanma silindrinde yer alacaktır. Elektronik doğalgaz ölçüm sistemine yerleştirilmiş bir oksijen sensörü ile bu zenginlik problemi çözülebilir. Bu da NGV silindirine yerleştirilecek özel aparatlarla mümkün olacaktır (Ehiyama, 2000).

Ancak % 12'lik kayıp yine aynen devam edecektir. Bu nedenle sonuçta özellikle yüksek rakımlı dağlık bir bölgeden geçerken çift yakıtlı(bi-fuel) bir aracı benzin moduna getirmek en iyi çare olacaktır.

1995 yılında, "Gaz Araştırma Enstitüsü" (Gas Research Institute-GRI) doğal gazlı araçlar (NGV) sanayinin, depolama teknolojilerinin optimizasyonu yoluyla teşvik edilmesine yardımcı olmak amacıyla kapsamlı bir çalışma içerisine girmiştir. Çalışma "Gaz Teknoloji Enstitüsü" (IGT) tarafından yönetilmiştir ve farklı silindir türlerini, üretim süreçlerini malzeme kombinasyonlarını ve üretimlerindeki iyi ve kötü yönlerini incelemek amacıyla yapılan kapsamlı bir araştırmaya dayandırılmıştır. Amerikan Otomotiv Araştırma Konseyi (USCAR), Doğal Gazlı Araç Teknolojisi Projesi Ortakları (Daimler-Chrysler, Ford ve General Motor) vasıtasıyla değerlendirme sürecine önemli oranda katkıda bulunmuştur

NGV'lerin yaygın kabulünün karşısındaki başlıca engel geleneksel yakıtlar ile çalışan araçlara göre önemli maliyet fazlalığıdır. Pazar büyüklüğü NGV'lerin daha makul fiyatlara çekilmesine bağlıdır ve depolanmaları en önemli maliyet faktörüdür. IGT raporunda NGV depolama maliyetlerini gazın standart m<sup>3</sup>'ünde 0,35 ila 0,50 Dolar arasında düşürecek depolama tasarımlarına bağlı olarak belirlemiş ve değerlendirmiştir (Tip 1-4). Özellikle, en fazla potansiyele sahip gözükken bir dizi farklı silindirin bir araya getirilmesinden oluşan bataryadır ki, silindir maliyeti ve ağırlığını düşürmek ve bu arada aracın sürüş mesafesini arttırmak ve üst düzeyde emniyeti sağlamak için önerilmiştir (Gambone vd., 2000).

Yakın gelecekte AR-GE çalışmalarını yönetmek için, GRI silindir maliyet ve ağırlık hedefleri belirlemiştir. Çizelge.4 2'de görülmektedir. 1. ve 2. tip silindirler için, düşük alaşımlı çeliklerin ve aside dirençli cam elyafların kullanımını artırmak için projeler başlatılmıştır. 3 ve 4. tip olarak adlandırılan silindirler için de düşük maliyetli alüminyum plaka ve karbon fiberlerin kullanımı ve darbeye karşı korunma sistemlerinin geliştirilmesi üzerinde

odaklanılmıştır.

Çizelge 4.2 GRI'nın NGV silindir maliyeti ve ağırlık hedefleri (Gambone vd., 2000).

Silindir Tipi	Maliyet (Dolar/scf)	Ağırlık (lbs/scf)
1.TİP Tamamı metal	<0,35	<0,21
2.TİP Metal astarlı çember-sarı	<0,46	<0,175
3.TİP Metal-astarlı tamamen-sarı	<0,70	<0,11
4.TİP Plastik-astarlı tamamen-sarı	<0,80	<0,09

3.TİP Metal-astarlı ve tamamen-sarı silindirler: Dynetek Industries firması Alüminyum astarlı karbon fiber sarı NGV silindirlerinin (çap olarak 406 mm'ye kadar) üreticisi olarak GRI'nın bu çalışması kapsamında önemli finansman desteğinde bulunmuştur Dynetek mevcut NGV silindirlerinin, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, kullanım süreleri ve darbe dayanımlarının artırılması üzerinde çalışmaktadır. Kaynaksız metal astarın üretimi için kullanılan pahalı ve az sayıdaki tüp stokunun nispeten daha ucuz ve hemen bulunabilir plaka stoku ile değiştirilmesi ile silindir maliyetlerinin azaltılması sağlanmıştır. Plaka stokunun kullanımını daha geniş çaplı silindirlerin (520 mm'ye kadar) üretimine imkan tanıyordu .Çapın artırılması aynı zamanda silindirin depolama verimini de arttırmıştır. Böylelikle bir araçta depolanan sıkıştırılmış doğal gazın (CNG) birim maliyetinin de azaltılması sağlanmıştır. Ayrıca araç tiplerinde de artış olmuştur (Gambone vd., 2000).

Daha hafif ve daha büyük çaplı silindirlere olan ihtiyaç karbon fiberler ile güçlendirilmiş tasarımların geliştirilmesine yol açmıştır. Sağlamlık, sertlik ve çevre direnci konusunda cam fiberlerine karşı daha üstün olmakla beraber, karbon fiberlerin pahalı ve darbe dayanımlarının cam fiberlere oranla düşük olması bu alanda kullanımlarına önemli bir engel teşkil etmekte idi. Darbe dayanımı daha yüksek ve daha düşük maliyetli karbon fiberlerin yakın zamanda üretilmesi ile birlikte Dynetek firması silindir tasarımlarını karbon fiberler üzerinde yoğunlaştırmıştır. Mevcut projenin amacı Dynetek'in AA6061 alüminyum plaka stokundan kaynaksız astarlı, tamamen karbon fiber sarı sağlam ve opsiyonel darbe koruma sistemli, 520 mm çapında hafif bir NGV silindiri üretebileceğinin kanıtlanmasıdır.

3.Tip silindir tasarımları için, astar malzemesinin başlıca fonksiyonu sıkıştırılmış gazın

kontrol altına alınmasıdır, dolayısıyla malzeme geçirimsiz ve metal yorulmaları sonucu oluşabilecek çatlaklara karşı dayanıklı olmalıdır. Başlıca şartların yanı sıra, astar aşağıdaki kriterleri de karşılamalıdır: çok sağlam, düşük sertlikli, hafif, korozyona karşı dirençli, kolaylıkla şekillendirilebilir, ısıya karşı dirençli, düşük maliyetli ve kolay bulunabilir olmalıdır. 520 mm çaplı NGV silindiri üretebilmek için, tasarım şartlarını karşılayacak geniş çaplı astarlar üretmek gerekmektedir.

Alüminyum kupaların üretilmesi için gereken şekillendirme ekipmanları Dynetek tarafından tasarlanmıştır. Kupa üretimi prosedürleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Yoğun testlerden sonra, AA6061 plaka stokundan 30'un üzerinde alüminyum kupa üretilmiştir.

Geniş çaplı silindirlerin CNC'ler de imal edilebilmesi için Dynetek tarafından yeni makine kafaları üretilmiş ve bilgisayar programları yazılmıştır. Alüminyum astara su verme süreleri ve işleme hızları optimize edilen tasarım için geliştirilmiştir (Gambone vd., 2000).

Proses değişkenleri ve su verme yöntemlerinde yapılan ayarlamalar alüminyum astarın tüm bölgelerinde istenen malzeme özelliklerine ulaşılmasında etkili olmuştur. Silindirin yerleşimi için yeni bir CNC programı geliştirilmiştir.

Kaynaksız alüminyum astarlar yaklaşık iki aylık bir Ar-Ge dönemi sonunda üretilmiştir. Et kalınlığı araştırması Şekil.4 14'de gösterilen 200A astarında yapılmıştır. 489 mm çap x 914 mm uzunluklu astardan boyuna kesit alınmıştır. Silindir kesitinin çevresi boyunca 25 mm ara

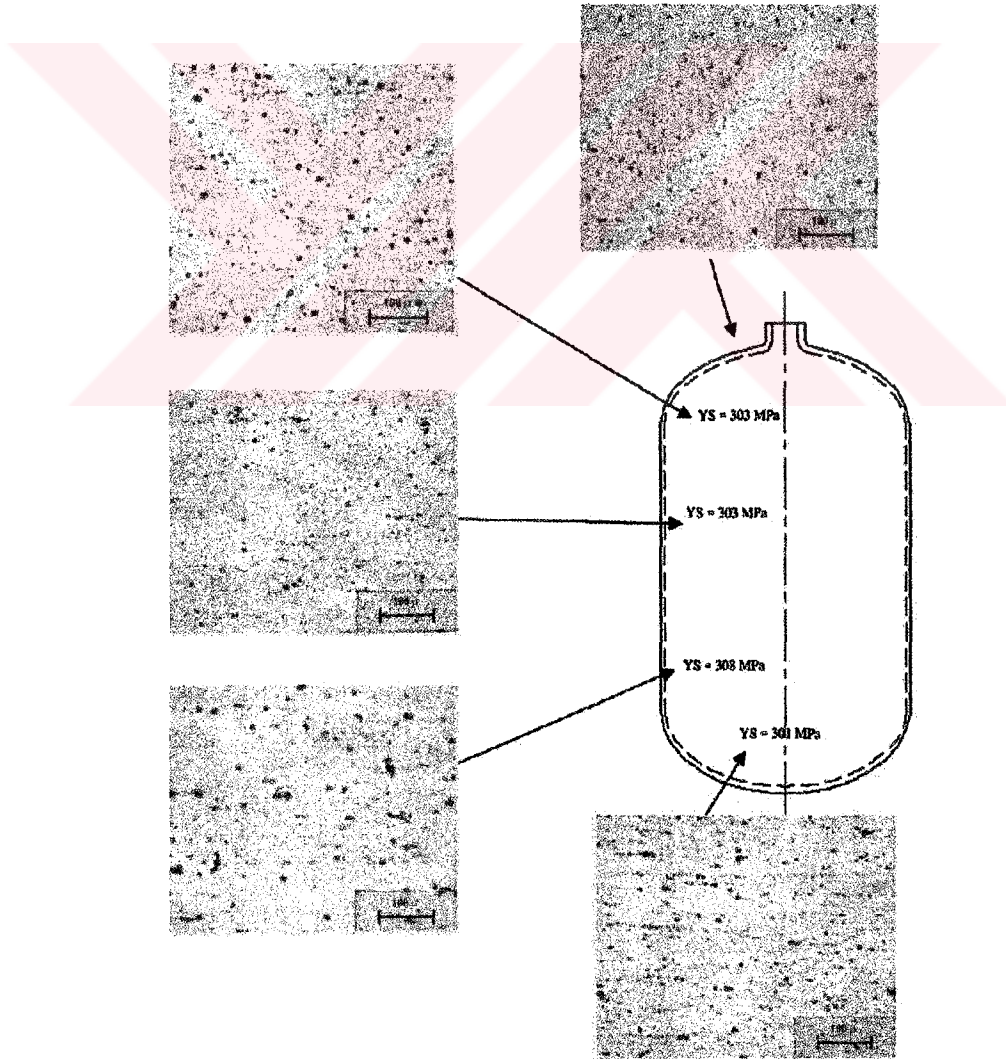


Şekil 4.14 Üretilen 330 mm bir silindirin bir kesiti ile karşılaştırılan dynetek astarı 200A (Gambone vd., 2000).

lıklarla kalibre edilmiş bir dijital et kalınlığı ölçme cihazı kullanılarak kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Veriler alüminyum astarın et kalınlığında haddeleme işleminden kaynaklanan düzensizliklerin kontrolü amacıyla yapılmaktadır.

200A, 7A ve 10A astarlarından her bir astar etrafında değişik konumlardan küçük boyutlu kesit numuneleri alınmıştır. Numuneler optik bir mikroskop altında yapılacak metalografik kontrol için öğütülüp parlatılmıştır.

200A ve 7A Alüminyum astarlarının aksiyel uzunluğu boyunca mikro yapı ve tane büyüklüğündeki değişikliklerin nedeni uygun olmayan solüsyonlu ısıl işlem ve solüsyonlu ısıl işlem sonrasındaki eşit olmayan su verme işlemidir. Astar solüsyonu ısıl işlem prosesinde yapılan ayarlamalar iyi dağıtılmış ve tutarlı bir yeniden-çökeltmiş sağlamlaştırma evresi ile sonuçlanmıştır (Gambone v.d. 2000)



Şekil 4.15 10A astarının mikro altyapısı ve mekanik özelliklerin sonucu. (Gambone vd., 2000).

Su verme tesisinde yapılan iyileştirmeler astarın aksiyel uzunluğu boyunca tane büyüklüğünde minimal bir değişikliğe neden olmuştur Bu proses iyileştirmelerinin etkinliği 10A astarının boylamsal ekseninin değişik konumlarında yapılan germe testleri ile teyit edilmiştir. Şekil.4 15’de görülmektedir.

Çizelge 4.3 Astar 10A gerilim testi sonuçları (Gambone vd., 2000).

Aksiyel Pozisyon	Darbe Dayanım Kuvveti(Mpa)	Gerilim Kuvveti(Mpa)
Üst Yan Duvar/Isı Transferi	303	332
Orta Yan Duvar	303	338
Alt Yan Duvar/Tabaka Geçişi	308	347
Taban Tabakası	301	340
Dynetek Genel Verileri	303-317	317-352
Dynetek minimum özellikler	290	-

Çizelge 4.3 ölçülen astarın çıkardığı güçlerin tutarlı olduğunu ve Dynetek’in belirttiği minimum gereksinimleri aştığını ortaya koymaktadır. Buna ilave olarak, arttırılan tüp stokundan üretilen astarlarda elde edilen gerilim değerleri ile tutarlıdır.

#### 4.5.1 Yakıt silindirlerinin geliştirilmesi

Dynetek’in ana fiber tedarikçisi gerilim kuvvetini, modülüsü artırarak ve maliyeti azaltarak yeni bir fiber tank geliştirmiştir. Bu gerçekler projenin ağırlığı ile birleştirildiğinde, özellikle düşük maliyet beklentileri yeni Mitsubishi fiberini geniş çaplı silindir tasarımı için kesin tercih haline getirmiştir. Mitsubishi’nin karbon fiberlerinin kullanımı silindir patlama dayanımında %50 ve silindir basıncı ömründe %200 artış sağlamıştır.

Farklı otofretaj basınçları olan bir dizi farklı kompozit laminat geliştirilmiş ve test edilmiştir. Nihai laminat ve otofretaj kombinasyonu sadece silindirin kalifikasyon testi şartlarını geçmesini sağlamayı değil aynı zamanda proje ağırlığı ve maliyet hedeflerini de karşılamasını sağlamak için seçilmiştir. Tamamlanmış bir silindirin ortalama ağırlığı 62 kilogramdır (157

litre su hacmi).

Kullanımdaki istatistikleri NGV silindirlerinin bir araca takılı olmadıklarında hasara çok duyarlı olduklarını göstermektedir. Buna göre, Dynetek tasarımın emniyetini daha da iyileştirmek ve silindirin basınçsız düşme darbe performansını artırmak için geliştirme çalışmaları yürütmeye karar vermiştir (Dynetek silindiri şu anda NGV silindir standartlarının kullanım darbe şartlarının üzerindedir) (Gambone vd., 2000).

Tamamen sarılı silindirlerin darbe hasarına en duyarlı oldukları yer kubbe geçişi sonudur. NGV standartlarında belirtilen 45 derecelik düşme (drop) testi en kötü şartlarda kullanımlarında bu duyarlı bölge için oluşabilecek durumu ortaya koymak için tasarlanmıştır. Buna göre, silindirlerin darbe dayanım performanslarını iyileştirme yöntemleri uç kubbenin kuvvetlendirilmesi ve güçlendirilmesi üzerinde yoğunlaştırılmıştır.

#### **4.5.1.1 Uygulanan darbe koruma yöntemleri**

Fiber sarılı silindirlerin darbe testlerinde endişe konusu fiber kopması ve delaminasyonudur; ancak 3.tip silindir tasarımının kaynaksız metal astarı bu tür arızaların meydana gelmesini önlemektedir. Kompozit sarmaya karşı, basınçsız darbeler esnasında bir tepki vermeyen tamamı-kompozit bir silindirin plastik astarının aksine, tamamen sarılı bir silindirin metal astarı benzer darbe koşulları altında kompozit sargıya yapısal destek sağlamaktadır. Plastik bir astar duvarının düşük (esneme) sertliği bu tasarımlarda darbe durumunda daha fazla yön değiştirmeye imkan tanır ve bu kompozit delaminasyonuna ve fiber kopmasına (kırılmasına) yol açar; bu ise gerilme kopması ile kullanma arızasına yol açabilir. Aksine, metal bir astar kullanan karbon fiber silindir tasarımları esnemeye daha dayanıklıdır ve dolayısıyla hasara daha az eğilimlidir. Kompozit sarmaya ilave yapısal sertlik sağlamak için, Dynetek alüminyum astarın sağlamlığını T4'ten T6'ya bir ısıl işlem sertlik modifikasyonu yoluyla artırmıştır (Cola, vd., 2000).

Sarma tasarımında yapılan modifikasyonlar aynı zamanda Dynetek silindirlerinin darbe sertliğini artırmak için de yapılmıştır. Silindirin darbeye karşı duyarlı olan kubbe kısmını korumak için ilave fiber eklenmiştir. Fiber sadece darbe enerjisini emmek amacıyla eklenmiş ancak tasarıma herhangi bir ilave sağlamlık kazandırmamıştır.

Proje sırasında uygulanan darbeye karşı korunma yöntemleri silindirin korunma ömrünü düşme darbe hasarından sonra %100 artırmıştır ANSİ/IAS NGV2-1998 standardı Madde 18.7'ye uygun olarak yapılan sayısız 45 derece düşme testinde, silindirlerin devir ömrü

belirtilen gereksinimleri aşmıştır (Cola, vd., 2000).

#### 4.5.1.2 Harici darbe koruma yöntemlerinin göz önünde bulundurulması

Silindirlerde harici darbe koruma uygulamalarına yönelik olarak başlangıçta birkaç enerji emen malzeme üzerinde çalışılmıştır. Bununla birlikte, harici darbe korumasının uygulanması hiçbir zaman gerekmemiştir. Bu yöntemlerin uygulanması silindirlerin üretim maliyetlerinde gereksiz bir artış anlamına gelmiş olacaktır. Göz önünde bulundurulan harici darbe koruma yöntemleri arasında aşağıdakiler bulunuyordu (Gambone vd., 2000).

- Aramid laminat çorabı; Enerji emen bir sarma parçası her bir silindir için elle uygulanabilir. Bu yöntem başlangıçta terk edilmiştir. Çok işgücü gerektiren bir yöntemdir, etkisizdir ve maliyeti yüksektir.
- Sert çekmeli bilezik sarma; Bu bilezikler genel olarak korozyon koruması ve boru ek yerlerinin kapatılması için tasarlanmıştır, ancak ısı ile aktif hale getirilen çapraz-bağlantılı poliolefin çekme-sargısının uç kubbe kısmı için darbe enerjisinin bir kısmını emerek koruma sağlayabileceği düşünülmüştür. 45 derece düşme testinde bir Canusa ısı çekme bileziği test edilmiştir. Sert çapraz-bağlantılı poliolefininin malzeme de sınırlı koruma sağladığı, ve düşme testi esnasında darbe enerjisinin büyük kısmını silindir kompozit sargısına (overwrap) ve astara aktardığı görülmüştür.
- Köpüklü uç kubbe kapağı; Darbe enerjisinin büyük kısmını emmek için tasarlanmış olan açılır kapanır bir izolasyon köpüğü (Dow Canada Sytrofoam SM) de düşünülmüştür. 45 derecelik düşme testlerinden elde edilen sonuçlar Dynetek silindirlerinin düşme darbesi performansının 20 mm kalınlığındaki açılır kapanır köpük izolasyonundan üretilen kalıplı uç kubbelerinin ilavesi ile çarpıcı biçimde artırılabilirliğini göstermiştir.

#### 4.5.1.3 Bitmiş silindirlerin performans kriterlerinin değerlendirilmesi

Powertech Laboratuvarları tarafından Dynetek' in 520 mm çaplı x 1.056 mm uzunluğundaki optimize silindir tasarımı üzerinde ANSI/IAS NGV2-1998, CSA B51-97 ve Japon KHK Standartlarına uygun olarak kalifikasyon testleri yapılmıştır. Bu tasarım için nominal kullanım basıncı 21 derecede 25 MPa'dır ve kullanım ömrü 15 senedir. Tasarım kalifikasyon test programı aşağıdaki testlerden oluşmaktadır (Gambone vd., 2000).

- Ortam basıncı devir testi

- Çevre testi
- Hidrostatik test
- Hata tolerans testi
- Düşme testi
- Ateş testi
- Hız gerilim kopması testi
- Penetrasyon (sızdırma) testi

Optimize edilen Dynetek tasarımı yukarıda atıfta bulunulan tüm standartların tasarım kalifikasyon test şartlarını karşılamaktadır. Dynetek Industries Ltd. 520 mm çapında hafif sıkıştırılmış doğal gaz depolama silindirini başarılı bir biçimde geliştirmiştir. Silindir AA6061 alüminyum plaka stokundan Dynetek'in benzersiz astar üretim teknolojisi ile birlikte tamamen-sarıllı sağlam karbon fiberler ve opsiyonel bir darbe koruma sistemi kullanılarak üretilmiştir. Optimize edilen Dynetek tasarımı ANSI/IAS NGV2-1998, CSA B51-97 ve Japon KHK Standartlarını karşılamıştır ve aşağıdaki teknik özelliklere sahiptir:

Çizelge 4.4 Dynetek yakıt silindirleri teknik özellikleri (Gambone vd., 2000).

Dynetek Yakıt Silindirleri Teknik Özellikleri	
Çap	520 mm
Uzunluk	1.056 mm
Ortalama ağırlık	62 kg
Su hacmi	157 lt
Gaz depolama kapasitesi	1.061 scf
Kullanım basıncı/sıcaklığı	250 bar / 21 derece
Maksimum dolum basıncı	310 bar
Kullanım ömrü	15 yıl

0.085 lbs/scf'de yeni tasarım GRI'nin hem tamamen sarılı (0.11 lbs/ scf) hem de tamamen-kompozit (0.09 lbs/scf) silindirler için belirlediği ağırlık hedeflerini iyileştirmektedir.

Yukarıdaki geliştirme çabası sonucunda sağlanan tasarrufu bu aşamada ölçmek zordur. Asıl tasarrufu karbon fiberlerin maliyeti, üretilen silindirin hacmi ve yıllık üretim kapasitesi belirleyecektir. Henüz seri imalat için maliyet hesabı yapılmamıştır.

John Hopkins Üniversitesi Uygulamalı Fizik Laboratuvarı da Daimler Chrysler ve Lincoln Kompozit ile ortak girişim içerisinde orta boy,kentsel/kent dışı kullanımı için 354 lt'lik yakıt deposu hacmi ile 480 km yolu rahatlıkla yapabilecek, ultra düşük emisyonlu ve ivmelenmesi benzinli araçlarla karşılaştırılabilir kadar başarılı sedan sınıfında sıkıştırılmış doğalgazla çalışan bir araç geliştirmiştir. Bu teknolojinin ispatı olan prototipinde mühendislik dizaynıve 3



Şekil 4.16 Gelişmiş doğalgazlı araçlar birliğinin geleceğe yönelik prototip çalışması (Hildebrand vd., 2000).

1. Şasi altı 3 Hücreli Bütünleştirilmiş Depolama Sistemi,
2. Bagajda 2 Hücreli Bütünleştirilmiş Depolama Sistemi,
3. Bütünleştirilmiş Depolama Sistemi Çelik Bağlantı Kayışları,
4. Alüminyum Döküm arka süspansiyon kolu bağlantısı,
5. Çelik arka süspansiyon desteği,
6. Lastik kaplama,
7. Düşük hava basınç sensörü ve kontrol paneli göstergesi,
8. Piston seti yerine yüksek sıkıştırma sistemi(12:5:1),
9. Çok noktadan gaz yakıt enjeksiyon sistemi,
10. Metan katalitik dönüştürücüsü.

bölge de gelişim göze çarpmaktadır; Motor,Yakıt Deposu ve Araç Dizaynı.2,4 litrelik DOHC motor doğal gaz için yeniden modife edilmiş, yüksek sıkıştırılmalı pistonları, sertleştirilmiş

çıkış vanaları, metana özel katalitik dönüştürücüleri ve çok noktadan yakıt püskürtme sistemi ile yeni bir teknoloji harikası oluşturulmuştur. Şase, yakıt deposu için gereken boşluk alanının artırılması için yeniden tüketici istekleri doğrultusunda, dökme alüminyum arka süspansiyon sistemi ve patlak lastiklerle donatılmıştır.

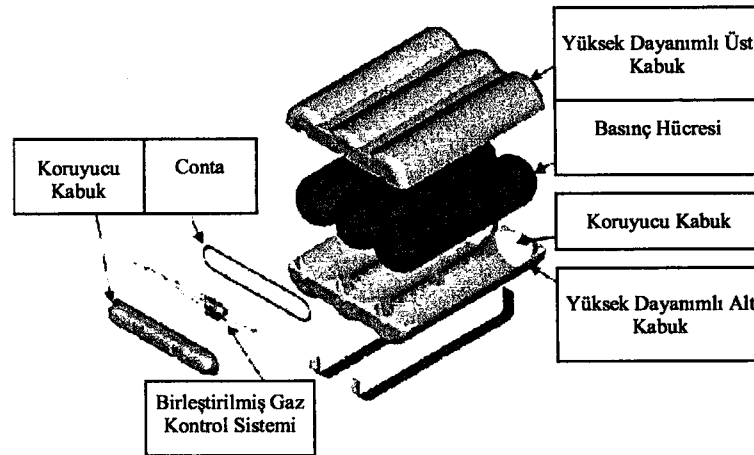
“Bütünleşmiş Depolama Sistemi” (ISS) tüm kompozitlerin kullanılması ile geliştirilmiş, küçük boyutlu hücreler içerisine, yüksek kuvvetle sıkıştırılmış ve köpük emdirilmiş, fiberglas kabukla kaplanmıştır (Hildebrand vd., 2000).

Bugünlerde Amerika’daki petrol arzının % 50’si ithal edilmektedir ve Amerikan Enerji Dairesince 2010 yılına kadar bu oranın yaklaşık % 60'lara varacağı tahmin edilmektedir. Amerika’da yerel petrol üretimi azalmakta ve uluslar arası petrol şirketleri kolaylıkla ülke dışından petrol ithal etmektedirler. Dünya çapındaki motorlu araçlardaki yakıt tüketimi 500 milyon tondan 2025 yılına kadar 1 milyar tona çıkacağı tahmin edilmektedir.

Nakliye sektöründe petrole alternatif olabilecek yakıt ise doğalgazdır. Düşük yakıt maliyeti, motor bakımını azaltması ve mükemmel egzoz emisyon değerlerine rağmen, yalnızca 73.000 adet doğalgazlı araç Amerika’da kullanımdadır.

Gelişmiş Doğalgazlı Araçlar projesinde (JHU/APL), Daimler Chrysler, Lincoln Kompozit, Siemens Otomotiv ve Goodyear Lastik ve Kauçuk Şirketi birlikteliklerini sürdürmektedirler. Projenin asıl amacı varolan bir benzinli araca doğalgazı adapte etmek ve operasyonel bazda benzinli araçlarla karşılaştırılmasını gözlem altına almaktır (Hildebrand vd., 2000).

#### 4.5.2 Bütünleşmiş depolama sistemi (ISS)



Şekil 4.17 Bütünleştirilmiş depolama sistemi (ISS) bileşenleri (Hildebrand vd., 2000).

Kompozit materyallerin kullanımı zarar toleransı ve basınç faktörünün dikkate alınması ile tüm etkenlerin verimli kullanımı bu sistemi ortaya çıkarmıştır.

Şekillendirilmiş fiberglas bir kabuk içinde karbon/fiberglas/epoksi ile kuşatılmış basınç hücrelerinin şok absorbeli bir köpükle kaplanmasından oluşan bir sistemdir. Şok absorbeli köpük yüzeyi çevresel etkilere maruz kalmasına engel olur ve bu köpük katmanın duvar kalınlığı ISS üreticilerince kontrol edilir. ISS tek bir CNG konteynırı gibi davranır ve bir adet kapatma vanası, bir elektrik selonoid vanası, ısı ile çalışan basınç düşürme vanası komple bir pakette bulunmaktadır. ISS dizaynı ile gereksiz bileşenler ve ekstra maliyetler getiren güvenlik standartlarından kaçınılır ve bir çok hücreden oluşan tek bir tank kullanılmış olur. ISS tesisat sistemi ile köpükle doldurulmuş fiberglas tank kullanımı sayesinde zararlı etkenlere karşı koruma sağlanmıştır ve istenildiğinde bileşenler bakım için sökülüp,takılabilir.

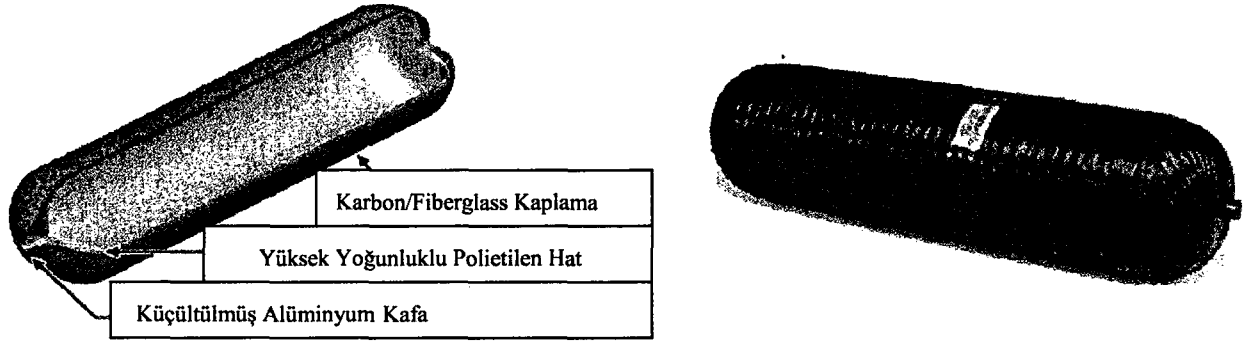
Bu koruyucu kaplama herhangi bir gaz kaçağında engelleyici ve şase altında güvenli bir yerde tutarak 2 yönlü güvenlik sağlar. ISS sisteminin bir diğer önemli özelliği de yakıt deposuna çelik kayışlar vasıtası ile monte edilebilmesidir. Bu sistem sayesinde araçta oluşan arkadan



Şekil 4.18 ISS basınç hücreleri araçta boşluk hacmini daraltmamak için aracın alt kısmına yerleştirilmişlerdir ([www.engva.org](http://www.engva.org), 2001).<sup>2</sup>

çarpışmalarda yolcuların risk altında bulunma düzeyi minimuma inmiş olur. Bu depolar katlanıp,kıvrılarak sistemin güvenliğini arttırmış olurlar (Hildebrand vd., 2000).

#### 4.5.2.1 ISS basınç hücreleri dizaynı



Şekil 4.19 Kaplanmış bütünleştirilmiş depolama hücreleri örneği (Hildebrand vd., 2000).

ISS hücreleri termoplastik kaplı alüminyum tanklar, katlanabilir, buruşabilir, kauçuk, karbon fiber, e-glass, fiber ve epoksi gibi malzemelerin bileşiminden oluşan kompozit malzemelerdir. Yapısal olarak karbon / cam / epoksi bileşimlerinden oluşan malzemenin sıkı sargılı biçimde sarılmasından imal edilir Çok yönlü sarımların dairesel sarımlarla birlikte kullanılması ile oluşturulur ve ani darbelere karşı oldukça koruyucudur. Bu tüplere hasar verebilmek için gereken 2.7'lik faktör güvenlik faktörü adını alır Termoplastik kılıf ise bu sargılı yapı için stabil ve koruyucu bir bariyer görevi sağlar. Bu kılıfın birincil görevi sıkıştırılmış gazın kaçışını engellemektir. Bu kılıf tankın basınç altında genişlemesine de müsaade eder ve kompozit yapıdaki basınç hücreleri üzerindeki tüm yükleri diğer noktalara yönlendirir. Plastik ile metal yüzey arasında kaçak koruması sağlar.

Çizelge 4.5 ISS Basınç hücrelerinin temel özellikleri (Hildebrand vd., 2000).

ISS BASINÇ HÜCRELERİ ÖZELLİKLERİ	
Su Hacmi: 28,7 litre	Kapasite: 9,0 gle
Dış Çap: 24,2 cm	Özgül Ağırlık: 0,6 (248 Bar basınç, 21 °C Sıcaklıkta)(Benzine eşdeğer litre)
Dıştan Dışa Uzunluk: 91,7 cm	Servis Ömrü: 15 yıl
Ağırlık: 13,6 kg	Minimum Dizayn Sıcaklığı: -40 °C
İşletme Basıncı: 248 bar	Maksimum Dizayn Sıcaklığı: 82 °C

#### 4.6 NGV'lerin Çevre Temizliğine Katkıları ve Emisyon Ölçümleri

Nüfus yoğunluğu ve sanayi faaliyetleri genellikle had safhada hava kirliliği sorunları ortaya çıkarmaktadır. Yani şehirlerde, giderek artan trafik yoğunluğu çevrenin bozulmasının (kirlenmesinin) ele alınması gereken en önemli konulardan biri haline gelmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde, karayolu ulaşımının toplam CO ve NO<sub>x</sub> üretimine katkısı yaklaşık % 50–65 ve uçucu organik bileşiklerde (VOC) ise bu oran %35 mertebesine ulaşmıştır. Bu belli başlı egzoz fazı kirleticileri, ikincil bir bölgesel kirleticinin genellikle sıcak iklim koşullarında kent çevresini rahatsız eden zemin seviyesi (troposferik) ozon ve güneş olması durumunda, “**yaz sisi (kirli hava kütlesi)**” oluşumunu hızlandırmaktadır. Bu nedenlerden ötürü yıllardır araç emisyonlarının önemli oranda azaltılması konusuna çok dikkat edilmiştir.

Sıvı motor yakıtlarının kalitesi ile ilgili olarak, üzerinde anlaşılan AB mevzuatları vasıtasıyla benzin ve mazot yakıt kompozisyonları için bir dizi teknik özellikler 2000 yılına kadar karşılanmıştır. Halihazırda bu yakıt teknik özelliklerinin yeni seti hazırlanmaktadır. Çevresel nedenlerle benzin ve dizel özelliklerinin daha fazlasının ayarlanması gerekecektir. Sorun şu ki bu ayarlama rafineri sanayiine büyük maliyetler getirecektir. 2020 yılına kadar benzin ve dizelin başlıca yakıt kaynakları olarak kalması muhtemel olmakla beraber, kirliliğin azaltılması stratejilerine büyük bir katkı sağlayabilecek birkaç alternatif yakıt vardır. Bunlar arasında fazlı yakıtlar, sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) ve sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) bulunur ve bunlar ulaşım sektöründe kullanım için teknolojik olarak en erişkin ve bol alternatif yakıtlardır. Artık toplam enerji zincirine daha fazla dikkat edilmekle beraber geleneksel yakıtlar (benzin ve dizel) ile yapılan mukayeseler genellikle bir egzoz borusundan çıkan emisyon üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çevresel etkilerine, kavuştukları ölçek konusunda: lokalleşen insan sağlığı etkilerinden asit bırakımından kaynaklanan ekolojik zarara, kirli hava kütesine ve global ısınmanın olası etkilerine kadar artan bilinçten kaynaklanır (Ginestal, 2002).

Egzoz emisyonlarının düzenlenmesindeki faydalarının yanı sıra, NGV'lerin benzin yada dizele kıyasla daha az tehlikeli kirleticisi madde (benzen, poliaromatik hidrokarbonlar, aldehytler ve partikülat maddesi de dahil olmak üzere aromatik hidrokarbonlar) çıkardıkları kanıtlanmıştır. Araç kirleticisi maddelerinin sağlığa etkilerinin özellikle bir endişe kaynağı olduğu kentlerde, avantajları oldukça artar. Buna ilave olarak, hidrokarbonların egzozda çok düşük reaktivitesi NGV'lerin ozon oluşturma potansiyelinin de çok düşük olduğu anlamına gelir. Hafif işler yapılan sektörlerde çok karmaşık işleme sonrası egzoz sistemleri ile birlikte dizelde çok düşük emisyon düzeylerinin sağlanabileceği kanıtlanmıştır. Bazı hallerde, yakıt

olarak CNG ile daha da düşük emisyonlar sağlamak mümkün olmuştur, ancak emisyonlardaki en çarpıcı değişiklikler dizel yakıtını ağır iş yapılan uygulamalarda CNG ile değiştirildiğinde elde edilmiştir (Ginestal, 2002).

2001 Kasım ayında Avrupa Topluluğu alternatif yakıtların bunlar arasında CNG'inde- ulaşım için kullanımını hızlandırmak için bir eylem planı benimsemiştir. Bu plan Avrupa Birliğinin mevcut üye ülkelerinde 2020 yılına kadar kara yolu ulaşım sektöründe benzin ve dizel yakıtlarının %20 oranında başka yakıtlar ile değiştirilmesi stratejisini ortaya koymaktadır. Bu AT girişimi CNG'nin bu amaçla kullanımında bir başka genişlemeye imkan tanıyacaktır.

Katalitik konvertörler CNG kullanan motorlardan çıkan emisyonları azaltma konusunda da önemli bir rol oynarlar. Avrupa'da NGV'lerin hidrokarbon emisyonlarının belirgin bir sorun oluşturduğu belirtmek gerekmektedir. Bunun nedeni emisyon mevzuatı ve bu emisyonların esasen toplam hidrokarbon emisyonlarının %90'ından fazlasını oluşturan yanmamış metan gazından oluştuğu gerçeğidir. Amerikan mevzuatlarının aksine, Avrupa mevzuatı metan emisyonlarını toplam hidrokarbon emisyonları içinde saymaktadır.

Alkenler, aromatik hidrokarbonlar, oksijen bileşikleri (alkoller) ve ayrıca yüksek alkenler ile karşılaştırıldığında metan gazı egzoz gazının katalitik konvertöründe oksidasyonu sırasında daha yüksek bir ısı gerektirir. Dolayısıyla, esasen geleneksel sıvı yakıtlar ile çalışan motorlar için tasarlanmış olan normal Pt/Rh-katalitik konvertörler kullanarak oksidize etmek zor olabilir. Bu nedenle, özel katalitik konvertörler ve ayarlanmış elektronik motor kontrol sistemleri NGV'ler için geliştirilmiş ve test edilmiştir. Bu katalitik konvertörlerin aktif tabakası geleneksel katalitik konvertörlerdeki aktif asal metallere ilave olarak, platin ve rodyum ve ayrıca daha yüksek bir konsantrasyonda başka bir asal metal olan paladyum içerir. Paladyumun bulunması metanın oksidasyonunu başlatmak için gereken ısının düşürülmesine imkan tanır. Hafif iş ve ağır iş araçlarında ve otobüslerde kullanılan bu katalitik konvertörler piyasada bulunabilir (Blazek vd., 2002).

Ağır iş yapan otobüs motorlarında CNG'nin ve dizelin yanmasından ortaya çıkan egzoz emisyonları da mukayese edilmiştir. Ayrıca, metan, CO, NO<sub>x</sub>, ve partikül madde de dahil olmak üzere regüle edilmiş, kirleticilere, hidrokarbonlara ve özellikle de tehlikeli organik bileşiklere – poliaromatik hidrokarbonlar (PAH lar) ve aldehitlere de dikkat edilmiştir.

#### 4.6.1 Kentsel otobüslerdeki deneyler

Deneyler ağır iş yapan kentsel otobüslerde (Karosa) kullanılan türdeki Skoda-Liaz motorları ile yapılmıştır. CNG motoru orijinal dizel motorun kıvılcım-ateşleme tertibatlı şekilde modife edilmiş bir şeklidir.

Motorun modife edilmesi işi Liberec'teki Teknik Üniversite'de yapılmıştır. Test edilen her iki motorun temel teknik özellikleri Çizelge.4 6'da verilmiştir

Ecos Oxicat T 23/41 tipi (bundan böyle Ecos olarak anılacaktır) ve Karsit 111-8400-020 tipi (bundan böyle Karsit olarak anılacaktır) iki yeni oksidasyon katalitik konvertörü denenmiştir.

Çizelge 4.6 Test edilen ağır iş yapan skoda-liaz motorlarının temel teknik özellikleri (Blazek vd., 2002).

Yakıt	CNG	Dizel
Motor	Dört-çekişli, su ile soğutulan OHV valf tertibatlı altı silindirli motor, şarj hava soğutmalı egzoz gazı turbo şarj cihazı	
Deplasman	11.95 dm <sup>3</sup>	
Sıkıştırma oranı	11.5	15.7
Maksimum Güç / Tork	175 kW at 2000 rpm / 1000 – 1050 Nm at 1400 rpm	
Yakıt sistemi	Deltec, elektronik kontrollü (yağsız-yanma)	Bosch
Katalizör	Oksidasyon katalizörleri Ecos ve Karsit	---

Çek şirketi Ecos Chocen Ltd. tarafından yapılan birinci testte, paladyum ve bakır oksit karışımı granüler bir taşıyıcıda (alümina) desteklenir. İkinci katalitik konvektör Karsit'in katalitik alt-tabakası Finli Şirket Kemira, Metalkatoy tarafından üretilmiştir. Bu alt tabaka platin, paladyum ve rodyum karışımının aktif bir tabakasının desteklediği metalik bir taşıyıcıdan oluşur. Bu katalitik konvertör çek şirketi Karsit Pribram, Ltd tarafından üretilmiştir (Blazek vd., 2002).

Standart 13-modlu Avrupa ağır iş egzoz emisyon test prosedürü ECE 49 ile Liberec Teknik Üniversitesinin motor test salonunda ölçümler yapılmıştır. Tüm motor testleri iki defa yapılmıştır.

Temel egzoz emisyonları ticari analiz aygıtları CO ve CO<sub>2</sub> içindir ve NO<sub>x</sub> için akemiluminesans analiz aygıtı kullanılarak standart bir biçimde ölçülmüştür. Miktarı ağırlık olarak belirlenen partikülat maddesini (PM) yakalamak için egzoz gazlarının mikro gözenekli bir filtre vasıtasıyla numunesi alınmıştır.

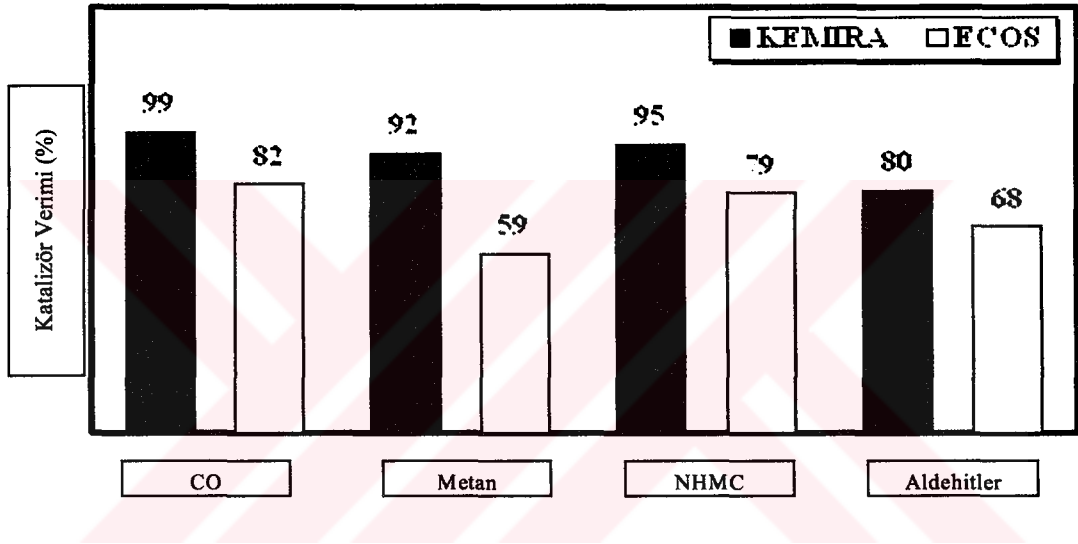
İzlenen organik kirleticilerin tespiti için numunelerin toplanması amacıyla yazarların işyerinde bilgisayar kontrollü özel bir aparat yapılmıştır. Bu aparat egzoz manifoldundan çıkan dilüte edilmemiş (sulandırılmamış) gazların kantitatif örneklenmesi için kullanılmıştır:

- gazlı C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> hidrokarbonların tespiti için - egzozların tedlar torbalarına numunelerinin alınması,
- C<sub>5</sub>-C<sub>20</sub> hidrokarbonlarının tespiti için polimerik bir adsorbe edici ile doldurulmuş bir absorpsiyon tüpü ile egzozun emilmesi,
- C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> aldehitlerini belirlemek için DNPH emdirilmiş bir silis jeli ile doldurulmuş bir absorpsiyon tüpü ile egzozun emilmesi,
- PAH'ların ve yüksek-kaynama noktası olan organik bileşiklerin tespiti için egzozların art arda -10°C derece altında bir ısıya kadar su ve yüksek kaynama noktasına sahip organik bileşiklerin yoğunlaştırılması; soğuk egzozun mikro gözenekli cam elyaf filtre ile örneklenmesi amacıyla dondurulması.

Organik bileşiklerin belirlenmeleri ve ölçümleri solvent çıkarımı (numune ön-ayırma) ve nihai kromatografik analiz ile yapılmıştır Kütle (GC-MS) yada alev-iyonizasyon (GC-FID) tespiti ile kapiler gaz kromatografisi, UV diyot-düzeni ve spektroflorometrik tespit ile yüksek çözünürlüklü sıvı kromatografisi (RP-HPLC).emisyon testleri standart bir çalışma prosedüründen sonra yeni motorlar ile yapılmıştır (Blazek vd., 2002).

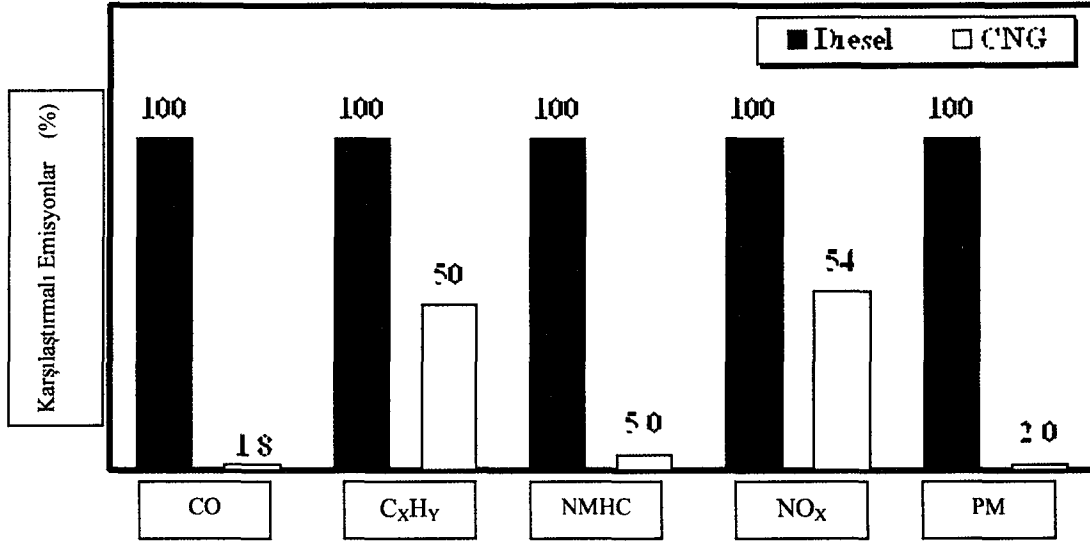
Standart emisyonlar, yani CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları ile ilgili olarak, test edilen CNG-yakıtlı ve ECOS konvertörlü motor Skoda Liaz ECE 49.02 (EURO II)'nin emisyon şartlarını karşılamıştır. Kemira konvertörü esasen EURO II için yapılmış olan motorun ECE 49.03 (EUROIII)'ün bile emisyon şartlarını karşılamasını sağlamıştır. Her iki katalizörün izlenen kirleticilerin emisyonlarını azaltma veriminin mukayesesi Şekil.4 20'de gösterilmiştir. Aromatik ve poliaromatik hidrokarbonların çok düşük emisyonlarının olması nedeniyle,

katalitik konvertörlerin bu bileşiklerin emisyonlarını azaltma verimi (randımanı) sunulmamıştır. Her iki konvertör de bir oksidasyon modunda çalıştığından, NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmamışlardır. Katalitik alt tabakası Pt, Rh ve PD (konvertör Kemira) destekli aktif tabaka ile metalik bir taşıyıcıdan oluşan katalitik konvertörün veriminin izlenen tüm kirletici maddeleri yani CO, metan, metan-dışı hidrokarbonlar (NMHC) ve aldehitler azalttıktan sonra alümina (konvertör Ecos) üzerinde desteklenen Pd ve CuO karışımli konvertörden daha yüksek bir veriminin bulunduğu açıktır. Kemira katalizörü için önemli oranda daha yüksek bir verim bulunduğu her iki katalizör arasındaki özellikle metan emisyonlarının azaltılmasında fark bulunmuştur



Şekil 4.20 .Katalitik konvertörlerin CNG yakıtlı motorda emisyonları azaltma veriminin karşılaştırılması (Blazek vd., 2002).

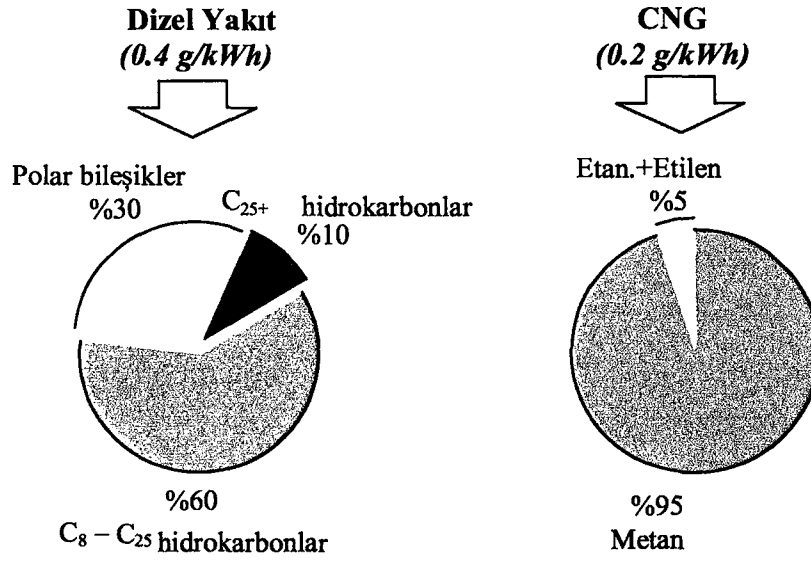
Dizel motorlar ve Kemira katalitik konvertörü ile donatılmış CNG yakıtlı motordan elde edilen deneysel standart emisyon verilerinin karşılaştırması Şekil.4 21’de verilmiştir. Bu veriler CNG’nin ağır iş yapan otobüs motorlarında yakılmasının aşağıdaki standart emisyonların tamamında, yani CO, NO<sub>x</sub>, toplam hidrokarbon (HC), metan dışı hidrokarbon (NMHC) ve partikül matdesinde (PM) bir azalmaya neden olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.21 CO, NO<sub>x</sub>, toplam hidrokarbon (HC), metan dışı hidrokarbon (NMHC) ve partikül matdesi (PM) emisyonlarının mukayesesi (Blazek vd., 2002).

Yayılan kirlilik miktarlarının bu önemli derecede azalması CNG motorunun egzoz gazlarının standart bileşenleri için EURO III mevcut emisyon limitlerini kolaylıkla karşılayabilmesini sağlamaktadır (Blazek vd., 2002).

Hidrokarbon (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) emisyonlarının kompozisyonlarında CNG ve dizel yakıt kullanımındaki farklılıklar Şekil.4 22'de verilmiştir. Bu amaçla, kantitatif toplam hidrokarbonların tespiti yönteminde standart ECE R 49 yönteminde kullanılan farklı bir özel analitik yöntem uygulamak gerekmiştir. Bu analitik prosedür her bir bileşimin (C<sub>1</sub> C<sub>12</sub> hidrokarbonları) yada hidrokarbon gruplarının moleküllerindeki (C<sub>13</sub> C<sub>40</sub> hidrokarbonları) karbon atomları sayısına göre kromatografik tespitine dayalı bir prosedüre dayanmıştır. Daha sonra hidrokarbonların toplam içeriği bu kısmi hidrokarbon emisyon değerlerinin toplamı olarak hesaplanmıştır.



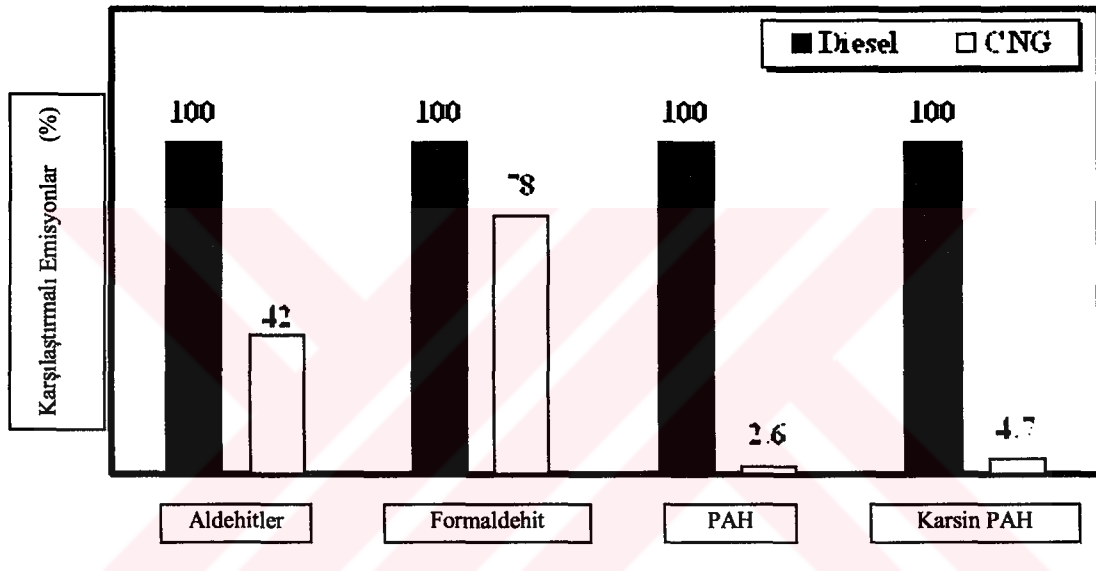
Şekil 4.22 Hidrokarbon emisyonları kompozisyonunun karşılaştırılması (Blazek vd., 2002).

Organik egzoz emisyonlarının esasen kullanılan yakıtın yanmamış kısmını doğal gazın yanması ile metan ve dizel yakıtının yanması ile C<sub>8</sub> C<sub>25</sub> hidrokarbonları içerdikleri açıktır. Yakıt ısı çözülmesi ürünleri (olefinler ve metal), kısmi hidrokarbon oksidasyonu polar ürünleri ve ağır hidrokarbonlar (C<sub>25+</sub> yanmamış yağlama yağından gelen) egzozlarda bulunan diğer organik bileşiklerdir. Ekolojik bir bakış açısından bakıldığında, doğal gazın yanması tercih edilir. Zira metan nispeten zararsız bir bileşiktir. Çevre üzerindeki etkisi (sera etkisi) dizel motordan yayılan organik kirleticilerin etkisi kadar zararlı değildir.

Emisyon ölçümleri esnasında, en bilinen kimyasal olan 3-7 halkalı polikromatik hidrokarbonların (PAH) izlenmesine özel önem verilmiştir. Elde edilen sonuçlar metanın kullanılmasının egzozlarda PAH içeriğinin azaltılması sonucunu doğurduğunu göstermektedir. CNG-yakıtlı motor ağırlık olarak mazot yakıtının yanması ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak kırk kat daha az PAH yaymıştır. Bununla birlikte her bir PAH'ın dağılımı test edilen yakıt ne olursa olsun aynıdır. Molekül predominatı başına üç (yaklaşık %85) yada dört (yaklaşık %15) yoğunlaşmış halkası bulunan PAH türevleri. Molekülde tehlikeli karsinojenik türevler (benzo(a)pren, indeno(1.2.3-cd)pren, dibenzopren, benzofloranten ve dibenzoantrasen) de dahil olmak üzere dörtten fazla yoğunlaşmış halkası bulunan PAH lar bu durumda toplam PAH emisyonlarına %0.1 oranında katkı yaparlar. Mono ve dimetil ile değiştirilmiş PAH türevlerinin (yaklaşık %65) egzoz fazlarındaki konsantrasyonu genellikle değiştirilmemiş PAH türevlerinin (yaklaşık %35)

konsantrasyonunu geçer (Blazek vd., 2002).

Egzozlardaki bir diğer sorunlu organik bileşikler grubu olan uçucu aldehyitlerin tespitinin sonuçları da Şekil.4.23'te özet olarak verilmiştir. Emisyon verileri dizel yakıtının (110mg/KWh) yanmasına kıyasla CNG (46 mg/kWh)'nin ekolojik faydalarını gösterir. Aldehyit emisyonlarının kompozisyonlarındaki hiçbir önemli farklılık karşılaştırılan yakıtlarda gözlemlenmemiştir. Her iki durumda da en uçucu aldehyitler formaldehyit ve asetaldehyit predominat (toplam aldehyitlerin %90'ından fazlası). Doymamış karsinojenik akroleinin meydana gelmesi kanıtlanmamıştır (tespit limiti  $0.5 \text{ mgm}^{-3}$ ).



Şekil 4.23 Poliaromatik hidrokarbonlar ile aldehyitlerin emisyonlarının karşılaştırması (Blazek vd., 2002).

Çizelge 4.7 CO<sub>2</sub> emisyonları, yakıt tüketimi, bazı yakıt özellikleri ve motorların genel termal verimlerinin karşılaştırması (Blazek vd., 2002).

Yakıt	Mazot	CNG
CO <sub>2</sub> emisyonu	0.75	0.64
Spesifik yakıt tüketimi (SFC)	0.24	0.23
Yakıt molekülündeki karbon içeriği	86	75
Yakıtın net ısıtma değeri (NHV) (MJ/kg)	42.5	50
Motor toplam termal verimi	0.35	0.31

Çizelge.4 7'de CO<sub>2</sub> emisyonları, yakıt tüketimi, bazı yakıt özellikleri ve motorların genel termal verimlerinin ilginç bir karşılaştırması gösterilmiştir.

En önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub>'nin daha düşük bir termal emisyonu beklendiği gibi CNG yakıtlı motor için kanıtlanmıştır. Bu gerçek tüm hidrokarbonlar içinde en düşüğü olan metan molekülü içindeki avantajlı karbon içeriği dikkate alınarak açıklanabilir (Blazek vd., 2002).

#### 4.6.2 Kentsel otobüslerdeki deney sonuçları

CNG'nin ağır iş yapan otobüs motorlarında kullanımını ulaşımın, özellikle çok yoğun nüfusa sahip yerlerde hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılmasının bir yoludur. Bu motorlarda CNG'nin yakılması C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, CO, NO<sub>x</sub>'nin ve aynı zamanda PM egzoz emisyonlarının dizel yakıtı yakılması ile karşılaştırıldığında önemli derecede azalmasına neden olur. CNG yakıtı ile çalışan motorda yüksek oranda yanmamış metan bulunur. Dolayısıyla, mevcut ve gelecekteki hidrokarbon emisyon limitlerini karşılamak için, uygun bir katalitik konvertörün kullanılması gerekir. Bir diğer önemli gerçek de CNG'nin dizel yakıt ile değiştirilmesinde C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>'nin tehlikeli poliaromatik hidrokarbon ve uçucu aldehitlerin emisyonlarının önemli oranda azalmasına neden olur (Blazek vd., 2002).

#### 4.6.3 Auto/oil programı

1990'ların ortasında Avrupa'da Auto/Oil 1 olarak adlandırılan bir program ortaya çıkmıştır. Amacı gelişmiş araçlar ve yakıt teknolojilerine dayalı, özellikle kentsel alanlarda yeni emisyon standartları oluşturarak hava kalitesini arttırmaktır. Program Avrupa Komisyonu liderliğinde otomobil ve yağ endüstrisi tarafından oluşturulmuştur. Alternatif yakıtları içermiyordu. 1997 yılında alternatif yakıtları da içeren Auto/Oil 2 programı gerçekleştirildi.

CNG, LPG, DME( di methyl-ether), FAME< %30 (Fathy acid methyl-ester), E85G(%85 ethanol Otto motorlar için), E15D(Dizel motorlar için %15 ethanol), ETBE(%15 ethyl-tertiory butyl ether) ve dizel/su emülsiyonu gibi çok farklı alternatif yakıt seçenekleri üzerinde yapılan çalışmalarla yeni emisyon standartları oluşturulmaya başlandı (Weide, 2000).

Özellikle emisyon değerlerinin gelişimi ve maliyet faktörleri üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada belirlenen faktörler emisyon değerlerini ve temel maliyet karşılaştırmalarını vermektedir. Çoğu noktada temel dayanak olarak Euro 2 standardı kullanılmıştır.

TNO bu rapora bağlı olarak evre için emisyon maliyetleri ve insan sağlığına etkileri konularında çalışmalarını surdrmektedir.

Alternatif yakıtların egzoz emisyonlarını düşürme özelliklerinden çok yenilenebilir olup olmadıkları ilk olarak vurgulanmalıdır. Bu iş için üzerinde çalışılacak araçlar/motorların yanma tipleri (sıkıştırmalı veya ateşlemeli) nemli noktalardan birisidir. Motor dönüşümleri yakıtın alevlenme tipine bağlı olarak yapılmalıdır. Çeşitli alternatif yakıtlar çalışma boyunca PC, LDV,HDV ve otobüsler gibi farklı araç tipleri üzerinde çalışılarak analiz edilmişlerdir.

Alternatif yakıtlar potansiyel olarak Avrupa'nın büyük kentlerinde hava kalitesini arttırmak amacıyla varolan benzinli veya dizel yakıtlı araç filolarının küçük bir parçası haline getirilip, nispi emisyon faktörlerinin hesaplanması için kullanılmaktadır (Weide, 2000).

Bir emisyon faktörü bu çalışmada alternatif yakıtla çalışan bir aracın/motorun dışarıya vermiş olduğu egzoz emisyon konsantrasyonunun, araç/motor benzin veya dizel yakıtla çalışırken dışarı vermiş olduğu aynı miktardaki egzoz emisyon konsantrasyonlarının oranı olarak tespit edilmiştir.

Yine bu çalışmada alternatif yakıtın yanma tipine bağlı kalınarak yakıtın yanma tipine uygun motorda uygulama yapılması şartıyla gerçekleştirilmiştir. Örneğin LPG ve CNG daha çok buji ateşlemeli motorlarda tercih edilmekte, DME ve FAME gibi yakıtlarda sıkıştırmalı ateşlemeli motorlarda test edilmişlerdir. Euro2G benzinli araçlar, Euro2D dizel araçlar için kanunen belirlenen limitleri göstermektedir. Bu limitler çeşitli tiplerdeki yakıtlar için referans olarak belirlenmişlerdir. PC ve LDV'ler için Euro2G, HDV ve otobüsler için Euro2D standartlarında belirlenen değerler baz alınmıştır (Weide, 2000).

Bugünün teknolojisini ile tüm ortalama emisyon faktörleri 2000 yılı da dahil olmak üzere Euro3 ve 2005 yılına kadar Euro4 verilerine göre düzenlenmiş emisyonlar cetvel haline getirilmiştir. PC ve LDV'ler de HC ve No<sub>x</sub> için kanunen belirlenmiş ayrı limitler bulunmamaktadır. Benzinli motorlarda P<sub>M</sub> ve dizel motorlarda No<sub>x</sub> için limit belirlenmemiştir.

#### **4.6.4 Benzinli araçlarla emisyon değerlerinin karşılaştırılması**

Karayolu taşımacılığı hava kirliliğinin özellikle kentsel bölgelerde en önemli kaynağıdır. 1996 yılında Uluslar arası hava kalitesi stratejisinin belirlenmesi amacıyla, yapılan çalışmalarla temel olarak karayolu taşımacılığının hava kirliliğine sebep olan 8 ana kirletici maddeden benzen , 1,3 Butadien , CO ve kurşun olmak üzere 4 tanesini atırıcı yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Aşağıdaki tabloda ülkeler bazında yapılan tespitlere örnek olarak İngiltere ele

alınmıştır. Bu tabloda ülkenin ulusal emisyon değerleri gösterilmektedir.

Hava kirliliği çoğunlukla yerel ölçümlerin alındığı bölgenin durumunu gösteren bir olgudur. Dolayısıyla özel kriterlerde bölgeye, trafik yoğunluğuna ve meteorolojik şartlara bağlıdır. Özellikle kentsel bölgelerdeki emisyon değerlerinden PM<sub>10</sub> ve NO<sub>2</sub> nin yüksek olmasında ölçümlerin yapıldığı yer ve zamanın etkisi çok büyüktür (Weide, 2000).

Özellikle İngiltere’de son on yıl içinde trafik yoğunluğunun artmasına rağmen Avrupa araç emisyon ve yakıt standartlarına bağlı olarak hava kirliliğinde azalma olmuştur. Özellikle Avrupa otomobil ve yağ üreticileri komisyonunun hazırladığı Euro III ve Euro IV standartlarının uygulamaya girmesi bu konuda önemli bir etkidir.

Çizelge 4.8’de Karşılaştırmalı emisyon değerleri görülmektedir (Blazek vd., 2002).

Kirlenici Madde	Ulusal Emisyonlar (k ton)	Karayolu taşımacılığının etkileri	
		Ulusal emisyonlar(%)	Londra’daki emisyonlar(%)
Benzen	41	64	82
1,3-Butadien	10	77	97
CO	4645	71	97
Kurşun	1,36	66	N/A
NO <sub>2</sub>	2060	47	75
Partiküller- PM <sub>10</sub>	213	24	78
SO <sub>2</sub>	2028	2	23
VOC	2111	30	60

Yapılan araştırma ve tahminler özellikle 2010 yılından itibaren PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının önemli oranda düşeceğini ve 2020 yılında trafik gelişimi, motor teknolojileri ve kullanılan yakıtlara da bağlı olmak üzere durma noktasına geleceğini belirtmektedir.

Alternatif yakıt ve araç teknolojilerinin daha geniş kapsamda kullanılması ve tüketiciye

sunulması gelecekte araçlardan kaynaklanan emisyonların düşmesine yardımcı olacaktır. Özellikle LPG ve CNG gibi, geleneksel yakıtlara karşı direnebilen ve potansiyel olarak özellikle kentsel bölgelerde ticari filolarda dizel yakıt yerine kullanımı önerilen yakıtların hava kalitesinin artmasında çok önemli bir rolü olacaktır. Doğalgaz düşük karbon monoksit içeren (CO), partikül içermeyen ve yanıcı organik bileşikler az bulunduran bir yapıya sahiptir.

Birim enerji başına doğalgaz diğer fosil yakıtlara göre daha az karbon içermekte ve bu yapı araç başına seyir halinde kilometre de daha düşük CO<sub>2</sub> emisyonuna yol açmaktadır.

Soğuk/Başlangıç emisyonu çok düşüktür, zaten bu durumda yakıt zenginliği istenilmemektedir ve bu olayda hem metan olmayan hidrokarbon ve CO emisyonunu düşürür. Özel emisyon düşümünün petrol ile işleyen araçlarla karşılaştırıldığında,

- CO, % 60-80,
- Metan olmayan organik gaz % 87,
- NO<sub>x</sub> % 50-80,
- CO<sub>2</sub> yaklaşık % 20,
- Ozon üretim aktifliği % 80-90 oranlarında olduğu görülmektedir.

Hatta emisyon kontrol teknolojisinin gelişimine paralel olarak gelişen katalitik dönüştürücüler ve partikül tutucular gibi ürünlerin araçlarda kullanımı ile daha temiz egzoz gazı çıkışı sağlanmaktadır (Weide, 2000).

#### **4.6.5 Buharlaşma ve yeniden dolum emisyonları**

Benzinli araçlar hem dolum da hem de kullanımda buharlaşma emisyonuna haizdirler. Bu emisyon araç başına toplam hidrokarbon emisyonunun yaklaşık % 50'si olarak hesaplanır. CNG basınçlandırılmış bir sistemdir. Buharlaşma emisyonu oluşmamaktadır (Dunne, 1999).

#### **4.6.6 Dizel araçlarla emisyonlarının karşılaştırılması**

Çok çeşitli tip, ebat ve sayıda farklı amaçlar da kullanılan dizel araçlar bulunmaktadır. Dizel yakıtlı bir araç çalıştığında, motorun fonksiyonu olarak kompresyon ısı oluşur. Dizel silindir kafasında basınçlandırılır ve otomatik olarak ateşlenir. Eğer dizel bir motorda % 100 doğalgaz yakıt olarak kullanılırsa görülür ki, doğalgaz dizel yakıtın 2 katı sıcaklıkta ateşleme bujisi

yardımı ile görev alır. Bu nedenle dizel motor özellikle ağır iş makinalarını da orijinal dizayn karakteristiğinden dolayı gazla çalışır hale dönüştürülürse daha uzun ömürlüdür.

HDV (ağır iş makinalarında) doğalgaz kullanımı ile emisyon düşümü sağlanarak,

- CO % 70-90,
- Metan olmayan organik gazlar % 40-60,
- No<sub>x</sub> % 80-90,
- Partiküller % 90-95 (Çoğu partikül piston kafalarının yağlanması için motordaki yağdan kaynaklanmaktadır. Doğalgazın direk sonucu değildir.)

LPG ve CNG'nin her ikisi de dizel eşdeğerleri ile karşılaştırıldıklarında çevresel faydalılıkları, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> emisyonlarının düşmelerindeki payları ile tavsiye edilirler ve yine dizel partnerlerine göre özellikle rölanti konumunda ve düşük hızda çalışmaları çok sessizdir. Kentsel çalışan araçlarda yerel yönetimlerce daha geniş kapsamlı kullanımları da uygun bulunmuştur (Daisho, vd., 2000).

#### **4.6.7 Doğalgazlı araçların küresel ısınmaya katkısı**

Farklı yakıtların hava kalitesine olumlu katkı potansiyelleri küresel ısınmaya olumsuz etki edebilmektedir. Örneğin dizel araçlar çok ekonomiktir ve km başına CO<sub>2</sub> emisyonları da oldukça düşüktür. Fakat genel itibarı ile yerel hava kirliliği emisyon performansları iyi değildir. Gaz yakıtlarında hava kirletici madde performansları iyidir. Fakat daha yüksek oranda CO<sub>2</sub> üretebilmektedirler. Sera gazı emisyonları petrol ve dizel yakıtı göre çok daha fazladır. Çoğu kişi doğalgazın küresel ısınmaya olan potansiyel etkisinden kaygılanmaktadır. Çünkü bu araçlar bir miktar yanmamış metan (ozon formunda olmayan hidrokarbon) çıkarmaktadır. Varolan bu toplam hidrokarbon petrol yakıtları için öngörülen standarttan fazladır (Blazek vd., 2002).

Metan gerçekte, küresel ısıtıcı bir gaz olmakla beraber petrolü araçlarla karşılaştırıldığında açığa çıkan CO<sub>2</sub> ve metan miktarı, doğalgazın küresel ısınma potansiyelinden yaklaşık % 20 daha fazladır ve bu oran doğalgaz ve dizel de aynı veya yakındır. Örneğin; Almanya'daki metan oranı % 0,0004'den % 0,0017'ye çıkacaktır.

#### 4.6.8 Gürültü emisyonu;

İnsanlar için gürültü emisyonu da oldukça önemli bir sorundur. Doğalgazlı araçlar dizel araçlara göre oldukça sessizdirler. Bu konu eğer araç kamu hizmetinde kullanılıyorsa çok daha önemli rol oynamaktadır. Berlin'deki doğalgazlı otobüs projesin de gürültü problemi nedeni ile hem doğalgazlı hem dizel olan çift yakıtlı araçlar kullanılmaktadır. Sabit hızda 30 km/h ve 50 km/h hızlarla dizel ve CNG yakıtlar arasındaki gürültü değerleri ölçülmüş ve yaklaşık 1 dB civarında olduğu tespit edilmiştir. Hızlanma anında bu gürültü emisyonu farkı 3,3 dB'e dek yükselmektedir (Dunne, 1999).

#### 4.6.9 Doğalgazlı araçların işletmesinin ekonomisi

Fayda/Maliyet analizi ve kirliliğin azaltılmasındaki alternatif yöntem maliyetlerini bilerek bu metodun faydalılığına kesin karar verebiliriz. Bu yöntemler alternatif yakıtın maliyeti olarak açıklanmaktadır. Bu yöntemle tüm maliyetler bugünün benzin veya dizel yakıtı ile ilişkilendirilmiştir. Yakıt maliyetleri alternatif yakıtlar için çok önemlidir. Ekstra maliyetler motor/araç modifikasyonları, istenilen alternatif yakıtla bağlantılı yakıt maliyetleri tespit edilmiştir (Verbeek, 2000).

Genel kural olarak, eğer doğalgaz ,dizel ve petrol oranında yaklaşık % 30 fiyat farkı varsa tipik bir filo projesi 3-5 yıl içersinde kendini amorti edebilir, fakat daha uzun da sürebilir. Bu fark % 50 civarında ise yatırımın geri dönüş süresi 2-3 yıla kadar düşecektir. Bu hesaplama oldukça geniş bir genelleme olup hesaba katılması gereken birçok faktör bulunmaktadır.

Çoğu ülkede doğalgazın, petrol ve dizele karşı uygulanan vergi indirimleri ile oldukça büyük avantajı bulunmaktadır. Yatırımın geri dönüş süresi azalmaktadır.

Çevre temizliğine ve insan sağlığına katkı sağlayan bir yakıttır. Doğalgazın emisyonunda sifıra yakın sülfür oranı ve önemli derecede sülfat emisyonları bulunmaktadır. Düşük karbon/hidrojen oranından dolayı çok düşük partikül emisyonları içermekte ve ayrıca hem benzin hem de dizel yakıtı göre daha düşük CO<sub>2</sub> üretmektedir. İhmal edilebilir buharlaşma emisyonu ile ideal bir yakıttır. Yüksek oktan sayısı ile vurutuya karşı çok dayanıklıdır. NO<sub>x</sub> emisyonunun daha düşük olması, alevli yanma sıcaklığını düşürmektedir. Benzine göre kalorifik değeri daha yüksektir. Benzin ve dizel yakıtlara göre tutuşma sıcaklığı daha yüksek olduğundan daha güvenlidir. Zehirli olmayan bileşenler içermektedir. Havadan daha hafiftir. Doğalgaz kullanan HDV'ler dizel yakıt kullanan tiplerine göre çok sessizdirler.

Temiz,çevre dostu bir yakıt olmakla beraber dezavantajları da bulunmaktadır. Doğalgaz

sıkıştırılmış halde 200 bar basınçta benzine göre 3,5-4 kat ve likit olarak  $-162^{\circ}\text{C}$ 'da, 2-6 bar basınçta 2 kat daha fazla hacim kaplamaktadır. Gazın kompozisyonunun çeşitlilikleri ülkeler, şehirler hatta gazın menşesine bağlı olarak değişkendir. Sürüş oranı, gaz halindeki birim başına düşen enerji içeriğine göre düşük olmasından dolayı sınırlıdır. Özel dolun istasyonlarına ihtiyaç duyulmakta ve gazın sıkıştırılması için  $16\text{kwh/m}^3$  enerji ihtiyacı bulunduğundan bu da araçtan yaklaşık %4 daha fazla  $\text{CO}_2$  yayılması anlamına gelmektedir. Yakıt tanklarının ekstra ağırlığı daha yüksek yakıt tüketimine sebep olmaktadır. Düşük basınçta veya yüksek basınçta direk motora enjekte edilmesi için özel imal edilmiş enjektörlere ihtiyaç bulunmaktadır. İçeriğindeki metanın sera gazı oluşturma emisyonu çok yüksektir. Su buharını absorbe ettiğinden dolayı bazı şartlarda donabilir. Bundan dolayı maksimum su içeriği sınırlı olmalıdır. Yeniden dolun zamanı benzin ve dizele göre daha uzundur. Benzinli aynı tip bir araca göre daha düşük bir yol performansı vermektedir. Giriş manifoldunda motorun ateşinin geri tepme olasılığı yüksektir (Verbeek, 2000).

CNG'lerde kullanılan her bir parçanın zamanla benzinli araçlarla beraber ortak kullanıma geçirilmesi düşünülmektedir. PC ve LDV'lerde bugüne kadar yakıt tanklarının ağırlığı oldukça olumsuz etki yapmıştır. Sektörel gelişmeler sonucu yüksek maliyetlerine rağmen daha ince tank çeperi, silindirik olmayan şekilleri ve daha yüksek depolama basınçları ile toplam yakıt tankı ağırlıkları düşürülmüştür. Aynı zamanda yeni gaz depolama tankları dünya çapında varolan yüksek güvenlik standartları ile test edilmişlerdir (Maita ve Oguchi, 2000).

CNG'lerin yakıt tüketimini azaltmak için tek yol ,subaplar açık durumda iken silindire homojen karışım halinde yakıt enjekte edilmesi gerekmektedir. Alevlenme anında bujilerin civarında zengin karışım oluşmuş olmalıdır. Doğalgazın yapısından kaynaklanan yavaş yanma sebebi ile karışım akış ve türbülansı yanma oranına kadar yükseltilmiş olmalıdır. Silindir kafaları ihtiyaç doğrultusunda yeniden dizayn edilebilir. Yanmayı geliştirmek amacı ile alternatif olarak çoklu buji sistemi kullanılabilir.

CNG motorlara direk gaz enjekte edilmesi halen en uygun yöntem olarak geçerliliğini sürdürmektedir. Direk gaz enjekte edilmesi çok noktadan kontrol imkanı sağlamakta ve aynı zamanda daha temiz, daha homojen bir karışımın silindire girişi sağlanmaktadır. Enjeksiyon zamanlamasının elektronik kontrolü ve enjekte edilen gaz miktarının oranlaması sonucu geleneksel CNG motorlarına göre daha düşük emisyon verileri, daha yüksek çıkış gücü ve yakıt ekonomisi sağlanmıştır. Ancak bu sistemin yüksek basınçta daha verimli çalışması maliyetini arttırıcı önemli bir etkidir. Bir başka problem ise yüksek basınç altında enjekte edilen gaz miktarının ölçümünün tam yapılamaması ve kaçak miktarlarında ekstra

problemlere sebep olacağı gerçeğidir. Bu sebepten dolayı yüksek miktarda NO<sub>x</sub> emisyonu ortaya çıkmaktadır. 3 yollu katalizatör kullanımı gerekmektedir. 3 yollu katalizatör kullanımı, yapılan deneyler ve sonuçlarından Bölüm 4.6'da bahsedilmiştir (Sato, 2000).



## 5. SIKIŞTIRILMIŞ DOĞALGAZ (CNG) DOLUM İSTASYONLARI VE KRİTERLERİ

Avrupa Komisyonu otomobil ve yağ üreticileri ile birlikte yaptığı çalışmaların ilk kısmını tamamlamış ve şehirlerde kirliliğin azaltılması için benzinin kimyasal yapısının tekrar formüle edilmesi ve düşük sülfürlü motorin kullanılmasına karar vermiştir. Şehirlerde hava kirliliğinin ve trafik probleminin minimize olmasında önemli rolü olan toplu taşıma araçları bu çalışmanın temel direği konumundadır. Özellikle motorinle çalışan ve nitrik oksit( $\text{NO}_x$ ) ve partiküllerle hava kirliliğine yol açan otobüsler doğalgaz, LPG, biogaz ve elektrik kullanımına yönlendirilmektedir (Oester, 2000).



Şekil 5.1 CNG dolum istasyonu Roma (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).

İyi organize edilen, verimli, sistemleştirilmiş doğalgazın araç yakıtı olarak geleneksel yakıtların yerini alması zor olmayacaktır. Esas itibarı ile tüm bu yakıtların hizmet amacı aynıdır. “Nakliye” Geleneksel yakıtlarla doğalgaz arasındaki tüm dünyadaki fiyat farkı NGV’lerin pazar gelişimini kuvvetle desteklemektedir. Buna rağmen bu fiyat farklılıkları çeşitli ülkelerde, farklı nedenlere dayanmaktadır. Araç yakıtı olarak doğalgazın kullanılmasında çok sayıda engel bulunmaktadır. Özellikle dolum altyapısının yeterli olmayışı ve altyapı inşaatı için yüksek maliyet gerektirmesi NGV’lerin önündeki olumsuzluklar olarak önemini korumaktadır (Oester, 2000).

NGV’ler hem tek yakıtlı, hem de çift yakıtlı olarak piyasaya sürülmektedir. Bugün kullanılan pek çok doğalgazlı araç özel şirketler veya imalatçıları tarafından petrolden doğalgaza

dönüştürülmüşlerdir. Dönüşüm şartlarını belirleyen birçok ulusal ve uluslar arası standart mevcut olup, bu standartlar tüketiciyi korumaya yönelik düzenlemelerle piyasa da kararlı, istikrarlı bir yapının oluşumunu sağlamaktadırlar.

### 5.1 Doğalgazlı Araçların Dolumu

Dolum istasyonlarının yokluğu, doğalgazlı araçlar piyasasının daha geniş bir pazar haline gelmesini engelleyici en önemli unsurdur. Bununla birlikte tüm Avrupa ülkelerinde örneğin; İtalya da 320, Almanya da 130 adet olmak üzere dolum istasyonlarının sayısı artmıştır. Dolum istasyonlarının yerleşimi ilgili detaylı bilgi ulusal gaz birliklerinden ve sık sık yayımlanan tanıtım kitapçıklarından öğrenilebilir (Soruta, 2000).

Bir CNG dolum istasyonu, doğalgaz boru hatlarından 1-30 bar basınç aralığında gelen gazın girişinden başlamaktadır. Dolum istasyonunun ana bölümleri kompresör, gaz kurutucu, yüksek basınç sistemi(200-250 bar) ile depolama sistemi(hızlı dolum seçeneğinde) ölçüm ve kontrol için elektrik enstrümanları, gaz pompası ve sistemin içerisinde bulunduğu yapıdır. Temelde piyasada 2 tip dolum istasyonu elde edilebilir. Hızlı Dolum ve Yavaş Dolum istasyonlarıdır (Oester, 2000).

Gün boyunca kullanılan filo gece boyunca bir mekanda park halinde kalıyorsa yavaş dolum yapmak mümkündür. Duraklama boyunca araçlar direk olarak kompresörden doldurulur. Eğer dolum birkaç dakikada tamamlanmak zorunda ise hızlı dolum tipi tercih edilir. Örneğin; harici tüketici ve doğalgaz talebinin yatırım maliyetinden çok olduğu durumlardır. Birim zaman başına düşen sıkıştırılmış doğalgaz talebine bağlı olarak, dolum istasyonunun kapasitesi dizayn edilmelidir. İlk olarak aşağıdaki parametreler bu hesaplamada dikkate alınmalıdır (TheDecision Makers Guide, 2000).

- Filo Parametreleri

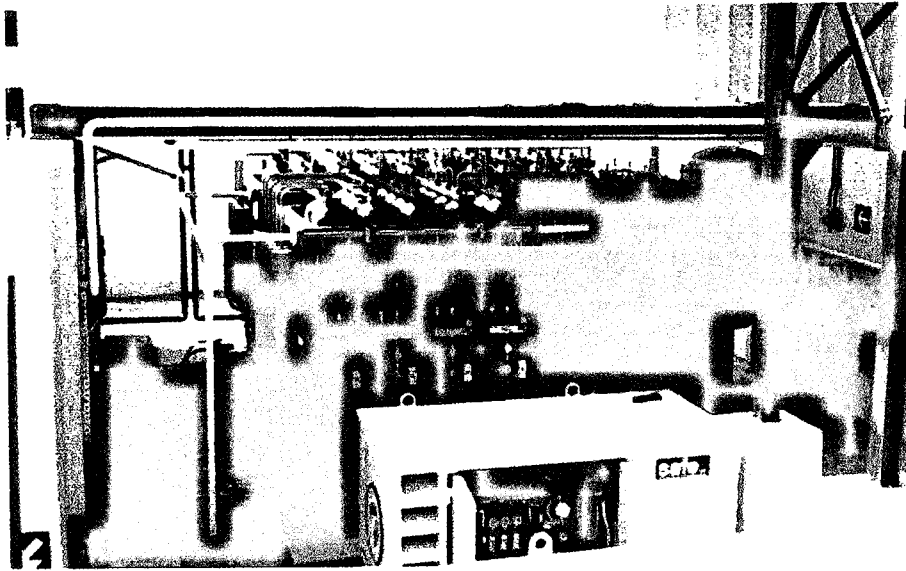
1. Araç sayıları,
2. Araç başına uzaklık,
3. Kilometre başına tüketim,
4. Araçtaki yakıt tankının hacmi,
5. Birim zaman başına yeniden dolum adedi(Hızlı Dolum),
6. Dolum Periyodunun zamanı(Yavaş Dolum).

- İstasyon Yerleşim Parametreleri
  1. Yeri, mevkisi,
  2. Araç karakteristikleri (ağırlık, dönme çapı),
  3. Gaz bağlantıları (yer, dizayn, giriş üst basıncı),
  4. Elektrik bağlantıları (yer, dizayn),
  5. Ön Fizibilite Raporu,
  6. Modül boyutları,
  7. Dolum istasyonunun kapasitesi,
  8. Gerekli Depo hacmi,
  9. Dağıtıcıların sayısı,
  10. İstasyonun diğer parçalarının dizaynı,
  11. Dolum devrelerinin canlılığı,
  12. Uzayabilir modüler sistemlerin dizaynı,
  13. Alternatiflerin araştırılması,
  14. Ekonomik Analiz,
  15. Arzın güvenilirliği,
  16. Yatırım Hacminin Belirlenmesi,
  17. Bina adedinin tespiti,
  18. Tüm kullanılacak bileşenler için standart fiyatların tespiti,
  19. Farklı alternatiflerin değerlendirilmesi,

### 5.1.1 Hızlı dolum



Şekil 5.2 Hızlı dolum ünitesi dispenseri (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).



Şekil 5.3 Kompresörlerde sıkıştırılan gaz yüksek basınç depolama sisteminde depolanır (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).

CNG’de hızlı dolunun istenilmesinin sebebi, geleneksel yakıtlar benzin ve dizelde olduğu gibi dolum için fazla zamanın uygun olmadığı durumlardır. Otomobiller ve kamyonetler gibi 3-7 dakika içinde dolum zorunluluğundan dolayıdır (Soruta, 2000).

Hızlı bir dolum istasyonunda, doğalgaz kompresörler vasıtasıyla sıkıştırılır ve Şekil.5 3’te görüldüğü gibi yüksek basınç depolama sisteminde depolanır. Araç dolum için geldiğinde, depolama sisteminden ihtiyaç kadar yakıt düşer ve kompresör otomatik olarak devreye girer ve bu miktardaki tüketilen yakıt depolama tankına tekrar doldurulur. Diğer bir sistem ise bir hidrolik piston sistemi ile çalışmaktadır ve depolama sistemindeki basıncı daima aynı değerde tutar. Aracın yakıt tankına gaz hem bir dağıtıcı üzerinden verilirken aynı zamanda da ölçülür.

### 5.1.2 Yavaş dolum

Bu istasyonlarda, direk olarak kompresörden, özel yavaş dolum dağıtıcısına doğru hareket eden bir şekilde araçların dolumu yapılır. Bu sistem maliyeti önemli derecede etkileyen yüksek basınçlı depolama sistemine ihtiyaç duymaz, fakat dolum prosesi her bir araç başına saatler sürmektedir.

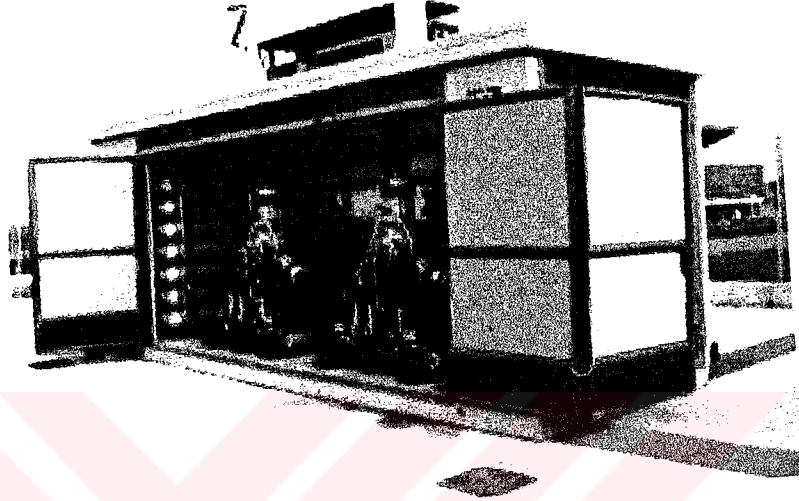


Şekil 5.4 Yavaş dolum dispenseri (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).

Yavaş dolum kompresörüne basıncı yavaşça aracın depolama basıncına yükseltilmesi amacı ile ihtiyaç duyulur. Yavaş dolum tesisleri özellikle günlük kullanımın ardından merkezi bir yerde en az 6 veya 8 saat sefer saatini bekleyen filolar veya gece boyunca tekrar dolum süresi

bulunan araçlar için tavsiye edilebilir. Yavaş Dolum İstasyonu,doğalgaz boru hattı, kompresör ve yavaş dolum dağıtıcısından oluşmaktadır (Soruta, 2000).

### 5.1.3 Kompresörler



Şekil 5.5 Kompresörler farklı tip ve kapasitedirler(8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)



Şekil 5.6 Çevreden ayrılmış kompresör örneği(8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

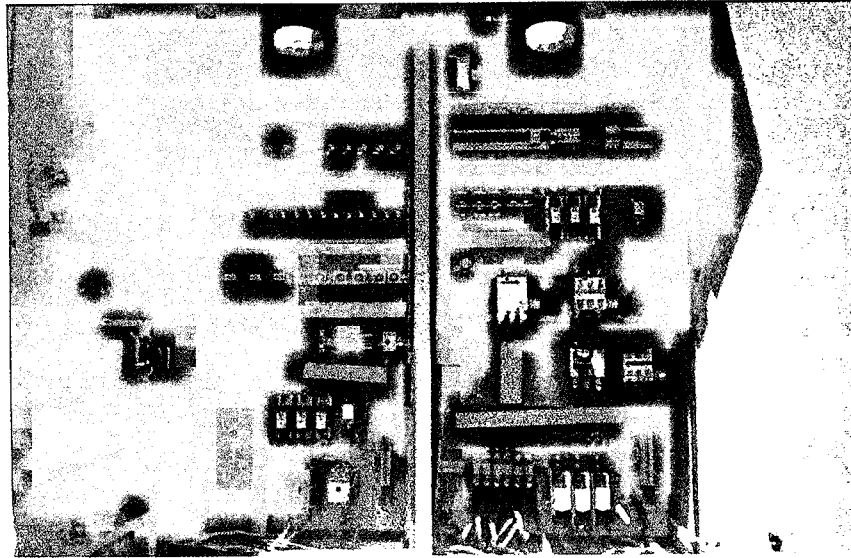
Hızlı dolum uygulamalarında yüksek, sabit depolama basıncı ve kapasitesi iyi çalışma şartlarını göstermektedir. Hızlı dolum istasyonlarındaki kompresörler en az 250 bar basıncı verebilecek kapasitededirler. Kompresörlerden 0,8 litre/saniye'ye kadar akış kapasitesi elde

edilebilir. Kritik basınç ve sıcaklıklar sürekli takip edilmekte ve limit değerleri aşıldığından otomatik kontrol aletlerince kapatılmaktadırlar. İkaz işaretleri genellikle çalışma ve kapanma şartlarını belirlerler.



Şekil 5.7 Hızlı dolum istasyonu kompresörü (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

İstenilen kontroller istasyonun tipine göre özeldir. Temel kontroller kompresörden, gaz geri besleme sisteminden dağıtıcıya gazın akışını açıklar. Çoğu kompresörlerin kendilerine ait başlatma/durdurma kontrol sistemi, gözlemleme ve güvenli çalışma sistemleri vardır



Şekil 5.8 Kompresör kumanda paneli (Kapet CNG dolum istasyonu, 2002)

Öncelik sistemi olarak adlandırılan, pünomatik veya elektrikle işleyen vana sistemi ile doğalgaz direk olarak kompresörden hem yüksek, orta veya düşük basınçta depolama tankına gelir. Kontrol düğmeleri ile tanktan tanka maksimum depolama basıncında doldurulduğu kontrol edilir ve otomatik olarak devre dışı kalır (Oester, 2000).

Birbiri ardına sıralanmış bu vanalı kontrol sistemi ile gazın akışı depolama sisteminden araca kadar kontrol altında tutulmaktadır. Yakıt tankının her bir bölümü araçla depo sistemi arasındaki basınç dengeleninceye kadar dolmaya devam eder. Araçla depolama sistemi arasındaki basınç farkı düştüğü için, dolun prosesi boyunca gaz akış oranı düşer. Etkin bir dolunun tam olarak gerçekleşebilmesi için bir sonraki tankın kontrol vanası devreye girmelidir. Depolama sistemlerinin kullanılabilirlik oranı üretici ve sistemden sisteme değişkendir. % 25 ile % 60 arası farklılıklar gösterir. Ortalama % 30'dur. Depolama basıncı arttıkça bu oranlarda değişecektir. Bu toplam depolama ihtiyacının ve tabiki kompresör boyutunun belirlenmesinde çok önemlidir.

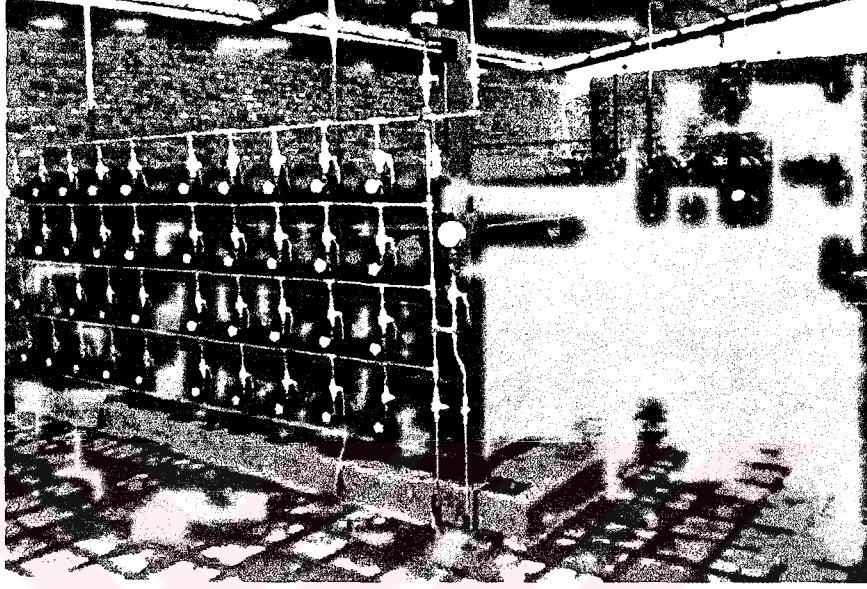
#### 5.1.4 Depolama sistemi



Şekil 5.9 Yüksek basınç depolama silindirleri (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

Depolama sistemleri için çok çeşitli isimler mevcuttur. En yaygın olan sistemler yüksek, orta, düşük basınçlı depolanabilen tanklardan oluşan sistemdir. Her bir tank aynı çalışma basıncında olduğu için, yüksek, orta ve düşük basınçlar ismen belirtilir ve basınç düşünce dolun başlar. Bazı sistemler yalnızca 2 basınç sınıfı kullanır. Örneğin; öyle bir sistem

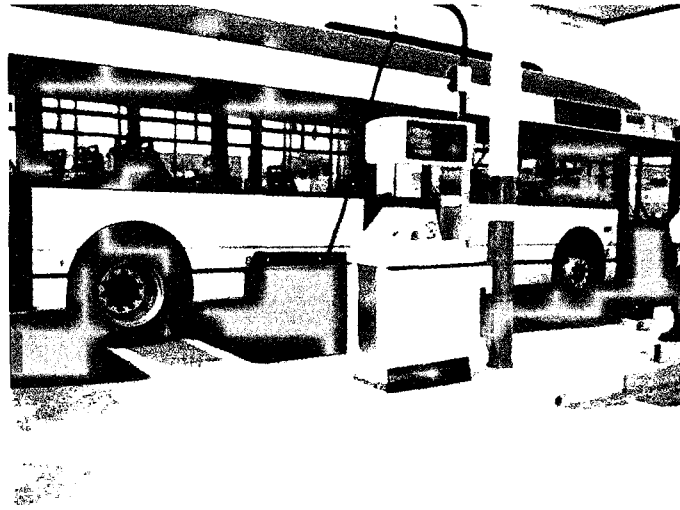
varsayalım ki üç tanktan oluşan, 300 barla dolu bir depolama sistemini ele alalım. Aracın dolumu başlar başlamaz , yüklenmiş doğalgaz araca doğru akacaktır ve düşük tank basıncı 70 bara düşene kadar devam edecektir. Kontrol düğmeleri orta tanka hareketlendirilecek ve akış araçla tank basıncı 140 barda dengeleninceye kadar devam edecektir. Sonuç olarak yüksek



Şekil 5.10 Depolama silindirleri örneği (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

tankta aracı 250 bar basınçla dolduracaktır. Kontrol ünitesi herhangi bir basınç düşümünde devreye girecek ve tüm depolama tekrar maksimum basınçta gerçekleşecektir

#### 5.1.5 Dispenser (dağıtıcı sistemi ) ve ölçme



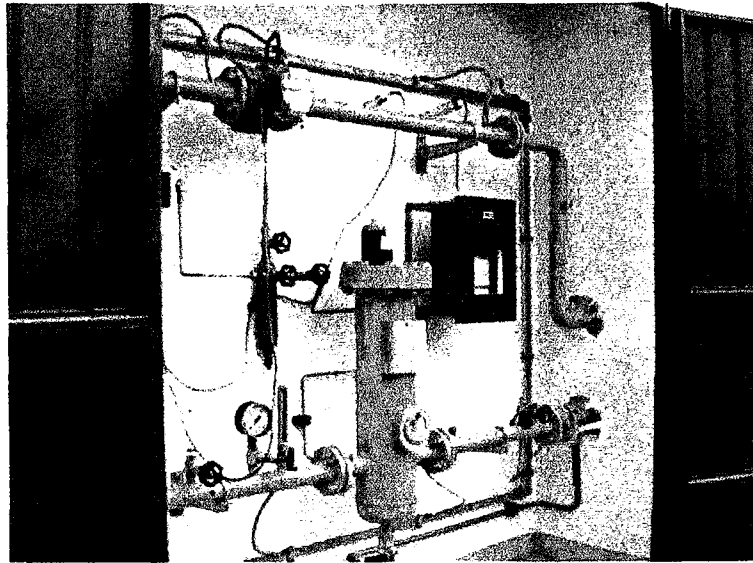
Şekil 5.11 Tek hortumlu dispenser örneği (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

Tüm istasyonlar araçları doldurmak amacı ile dağıtıcı sistemlere sahip olmak zorundadırlar. Bu belki basit bir hortum ve nozülünden oluşan bir sistem olabileceği gibi, bazen de programlanabilir çiftli hortum sistemi, göstergeli ölçüm aygıtı ve kartlı kilitli sisteminden oluşan komplike bir sistemde olabilir (Cherevatsky, 2002).



Şekil 5.12 Çift hortumlu dispenser (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

2 tip ölçüm aleti kullanılmaktadır. Kütle akımı ve ses dalgalarına duyarlı ağızlık vasıtası ile. Doğalgaz kullanımını hesaplayıp, fatura edebilmek için her ikisi de dağıtıcılardan içerisine yerleştirilir.



Şekil 5.13 İstasyon ölçüm aletleri (8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002)

Dağıtıcıların sıcaklık karşılıkları genellikle belirtmiştir. Bu basınç duyar vanası ve referans silindir kullanımı ile elektronik olarak hesaplanıp, kontrol edilebilir.

### **5.1.6 Yavaş ve hızlı dolun seçeneklerinin kombinasyonu**

Bu kombinasyon ile özellikle araç filosundaki tüm araçlara ihtiyaç duyulduğunda kullanılır ve istenen depolama kapasitesini azaltır ve yatırım maliyetinden de tasarruf sağlar. Bu kombinasyon özellikle NGV projesinin başlangıcında talebin artış ve gelişimi göz önüne alınarak tavsiye edilebilir. Dolun istasyonu her zaman geliştirilebilir ve yatırım riski minimize edilebilir. Bu kombinasyon ile farklı müşterilere farklı veya eş zamanlı serviste bulunulabilir (The Decision Makers Guide,2000).

### **5.1.7 Dolun istasyonların ekonomisi**

Servis istasyonunun dizaynına bağlı olmakla birlikte, yakıt depolama ve araçların doldurulması talepleri dolun istasyonunun yatırım maliyetini, yavaş dolun istasyonları için 3.500 Euro ile 10.000 Euro arasında birkaç araçlık servisten hızlı dolun istasyonu modülleri ve yerleşimi ile yüzlerce araca servis verebilecek kapasiteye çıkılabilir. Doğalgazın Fiyatını Etkileyen Maliyetler,mineral yağ vergisi,sermaye maliyeti, enerji maliyeti ve işletme maliyetidir. İşletme maliyeti, toplandığında ortaya çıkan maliyet petrol pompasının başabaş noktasına ulaşmak için gereken minimum fiyatı verecektir. Gelirler yakıt satış hacmi ve yakıt karından gelmektedir (Verbeek, 2000).

### **5.1.8 Dolun istasyonlarının yatırım/sermaye maliyetleri**

Dolun istasyonu maliyetleri, kompresörler, orta büyüklükte depolama sistemi,dispenser, bunların borulaması ve inşaat maliyetlerini içermektedir. Bu istasyondan verimliliğin eldesi için kompresörün günde 15 saatlik çalışmaya dayanıklı olarak seçilmesi gerekmektedir. Orta büyüklükte bir dolun ünitesi tüm araçların günde yaklaşık % 50 oranında dolması için yeterli olmalıdır. Aşağıdaki çizelgelerde bir CNG dolun istasyonu için ortalama maliyetler verilmiştir. Yatırım maliyetleri hesaplanırken yıllık % 7 faiz oranı baz alınmıştır. Teknik ekipmanlar için işletme ömrü 10 yıl ve binalar için 40 yıl olarak kabul edilmiştir. Bu kabullerle oluşturulan geri dönüşüm faktörü ile çarpılarak, sermaye maliyetlerine dönüşümü sağlanabilir. Kompresörün yatırım maliyetleri doğalgaz kurutucusu, gürültü ve havadan korumayı, kontrol sistemi,yedek parçalar, navlun, paketleme,montaj ve devreye alma maliyetlerini de içermektedir (The Decision Makers Guide,2000).

Çizelge 5.1 Kompresör ortalama yatırım maliyetleri (The Decision Makers Guide,2000).

KOMPRESÖR İSTASYONU ORTALAMA YATIRIM MALİYETİ				
Günlük Yeniden Dolum Hacmi*	Emme Hacmi Akışı(m <sup>3</sup> /h)	Emme Basıncı(bar)	Yatırım Maliyeti(Euro)	Kompresör İşletme Zamanı**
4	3	1,013	5.000	20
10	10	1,013	50.000	15
20	20	1,013	60.000	15
40	45	1,013	80.000	13,3
100	114	1,013	185.000	13,1
150	160	1,013	200.000	14,1
200	240	1,013	210.000	12,5
150	170	16	165.000	13,2
200	350	16	200.000	8,6

- 
- \* 1 otomobilin yeniden dolumu için (80 litre yakıt depolaması) 15 Nm<sup>3</sup> doğalgaza ihtiyaç vardır. 1 panelvan, 2 otobüs veya kamyonlar ise 10-15 otomobil olarak hesaba katılmaktadır.
  - \*\* Yeniden dolum için saat olarak günlük maksimum işletme zamanı.

Çizelge 5.2 Orta büyüklükteki depolama tankı maliyeti (The Decision Makers Guide, 2000).

ORTA BÜYÜKLÜKTE BİR DEPOLAMA TANKININ YATIRIM MALİYETİ		
Depolama Hacmi(lt.)	Ortalama Yatırım Maliyeti(Euro)	Kapasite(Araç sayısı)
640lt.(8x80)	8.000	4
800lt.(10x80)	9.000	10
960lt.(12x80)	10.000	20
2.000lt.(25x80)	15.000	40
2x3.200lt.(40x80)	2x70.000	100
8.400lt.(4x2.100)	120.000	150
+Depolama kontrol	5.000	-
+Acil güvenlik sistemi	5.000	-

Orta büyüklükte bir depolama tankı için tahmini maliyetler Çizelge.5 2’de verilmiştir. Günde 200 otomobilin yeniden dolumu için 960lt’lik depolama hacmi yeterli olmaktadır. Çünkü kompresörün emme hacmi akışı direk olarak yalnızca birkaç dakikada araçları doldurmak için yeterince büyüktür.

Dağıtıcı için yatırım maliyetleri tek hortumlu sistem için günde 40 araç için yeterli miktar- 25.000 Euro veya çift hortumlu sistem için 40.000 Euro (veri toplama sistemi ve protokol yazıcısı fiyata dahil olmak üzere) (The Decision Makers Guide,2000).

İnşaat maliyetleri çarpışma korumasını, dağıtıcının çatısının yapılmasını, elektrik ve gaz sisteminin bağlantı maliyetlerini de içermek şartıyla;

- 25.000 Euro (4 araç / gün)
- 50.000 Euro (10 araç / gün)
- 100.000 Euro (20 araç / gün den başlamak üzere) ortalama maliyetler ortaya çıkmaktadır.

Kompresörün yatırım maliyetinin %5'i dolun istasyonunun işletme bakım maliyetleri olarak tahmin edilmektedir. Enerji maliyetleri kompresörün elektrik motorunun çalışmasından kaynaklanmakta, bu maliyetlerde üreticinin performans verilerinden alınarak hesaplanmaktadır. Ekonomik analiz için enerji maliyeti, 1-16 bar basınç aralığında 2,5 Euro/Mwh. olarak kabul edilebilir.

Dolun istasyonunun maksimum faydalılığında kullanıldığı varsayımı ve kompresör boyutunun büyüdüğü düşünülürse, borcun paylaşımı ile orantılı olarak servis ve operasyon maliyetlerinin de azaldığı görülür. Maliyet 3-6 Euro/mwh aralığında olup, dolun istasyonunun boyutunun büyümesi ile birlikte bu maliyetin payı 0,7 Euro/mwh değerine dek indirilebilir. Daha küçük bir istasyonun yatırım maliyetinin yakıt maliyeti üzerinde daha kritik bir etkisi olmaktadır. Yatırım maliyetinin azalması, daha düşük yakıt fiyatı oluşumuna etki edecektir. Gaz arzı ve enerji maliyetleri dolun istasyonunu yüksek basınçlı bir işletmeye bağlamak ile azaltılmış olabilir. Örneğin; emme basıncının 16 bara yükseltilmesi yakıt fiyatını dolun istasyonu için 150 araç/gün kapasite seviyesinde 3,3'den 2,9 Euro/mwh düzeyine çekecektir (The Decision Makers Guide,2000).

### **5.1.9 Dolun istasyonu altyapısının finansmanı**

Altyapı yatırımı doğalgaz yatırımlarının artması ile birlikte ortaya çıkmıştır. Dolun istasyonu işletmesine geleneksel yağ endüstrisinin entegrasyonu daha küçük filolar ve özel müşterilere ulaşmak için gereklidir.

Filo işletmecileri doğalgazlı araçlarla ilgilenmektedirler ve dolun istasyonu yerleşim kriterleri hakkında kendi yerel gaz tedarikçilerinden bilgi almalıdırlar. Filonun gaz arzına bağlı olarak, gaz tedarikçileri dolun istasyonu yatırımı ile ilgilenebilirler. Gaz arzına bağımlı kurulan doğalgaz dolun istasyonlarının oldukça büyük avantajları bulunmaktadır. En önemlisi ısıtmada kullanılan doğalgaz gibi sezona bağımlı tüketimi olmamaktadır. Tipik olarak gaz şirketi ve filo operatörü minimum gaz arzı üzerinde anlaşmaya varırlar ve doğalgaz satış rakamlarına bağlı olarak fiks bir fiyat belirlenir.

Çizelge 5.3 Çekiş rakamlarına bağımlı fiyat uygulaması (The Decision Makers Guide,2000).

Günlük Yeniden Dolum (Araç)	Emme Hacmi Akış (m <sup>3</sup> /h)	Depolama Hacmi (lt.)	Doğalgaz Tüketimi %100 kapasitede (MWh)	Toplam Maliyet %100/%50 kapasitede	Enerji Maliyeti (Euro/MWh)	Gerekli Yakıt Fiyatı %100/%50 kapasitede (Euro)
4	3	640	153	6,1/12,2	5	8,1/14,2
10	10	800	382	5,3/10,5	5	7,3/12,6
20	20	960	764	3,7/7,4	5	5,7/9,4
40	45	2000	1530	2,1/4,3	5	4,2/6,3
100	114	6400	3820	1,6/3,2	5	3,6/5,2
150	160	8400	5730	1,2/2,5	5	3,3/4,5
200	240	960	7640	0,8/1,5	5	2,8/3,6
150	170	8400	5730	1,1/2,2	2,5	2,9/4,0
200	350	960	7640	0,7/1,3	2,5	2,5/3,1

ZEUS Projesi içerisinde, servis bakım ve bazı maliyetler karşılanmak şartı ile belediyeler sıkıştırılmış doğalgaz kullanmaktadırlar. Yerel enerji veya yakıt üreticileri belediyeye ait şirketler olduğu zaman bu özellikle çok doğrudur. Bunlara rağmen eğer belediyeye belli bir hacmi satın alacağını garanti ederse, çoğu yakıt tedarikçisi de altyapı izinlerinin maliyetinin kapsamına rıza gösterecektir. Örneğin; Atina'da CNG dolumu için belediye tarafından kompresörler satın alınmıştır. Fakat Atina'nın gaz tedarikçisi DEPA standart kabin, regülatör ve sayaç sağlamıştır. DEPA aynı zamanda kompresörün boru hattı işletmesine bağlanması için gereken tüm inşaat çalışmalarını kontrol etmiştir. Almanya'nın Bremen Şehrinde ise, Shell ve Esso tarafından 2 adet halka açık dolum ünitesi kurulmuştur. Üçüncü bir özel istasyon gaz tedarikçisi Enordia tarafından finanse edilmekte ve kendi araç filosu için kullanılmaktadır (The Decision Makers Guide,2000).

### **5.1.10 Dolum istasyonu için arazi kullanımının planlanması**

Herhangi bir altyapı düzenlemesi yapılmadan önce, olası bir yeni düzenleme amacı ile kullanım alanı kontrol edilmelidir. Yapılabilecek en ufak bir değişiklik arazi yerleşimini olumsuz etki altında bırakılabilir. Genelde bu altyapı izinleri ve çalışmaları akıllara petrol ve gaz istasyonlarını getirmekle beraber, çeşitli izinler göz önüne alınırsa zaman ve efor açısından oldukça fazla zaman alabilmektedir. Güvenlik altyapı planlanmasında önemli bir unsurdur. Özellikle tanklar ve diğer ekipmanların yeraltına yerleştirilmesi veya özel havalandırma sistemleri konuları üzerinde dikkatle durulmalıdır.

Arazi yerleşimi planlamasında altyapının optimal oturumunun saptanmasında kullanılan araçlarda tabiki olmalıdır. Örneğin; Coğrafi Bilgi Sistemi analizi en iyi servis için alınabilecek kesin araç sayısı veya belediyeye ait yüzlerce aracın yerleşiminin hesaplanmasını teyit edebilir (The Decision Makers Guide,2000).

## **5.2 Yeni Yüzyılın Dolum İstasyonları**

### **5.2.1 Güvenlik**

İşletmelerin ister çalışır durumunda isterse de durağan halde iken daima güvenliği garanti edilmiş olmalıdır. Uygun güvenlik standartları ve pratik kodlamalar özellikle yeni gelişen bu endüstrinin önemli ihtiyaçlarıdır. NGV istasyonunda LPG' li araçların doldurulması sebebiyle 2000 yılı boyunca Almanya'da 2 kaza olmuştur (Oester, 2000).

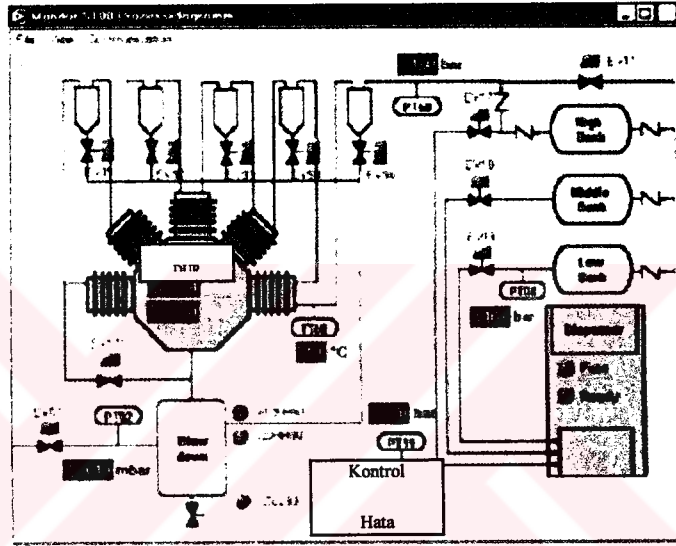
### **5.2.2 Dolum istasyonunun tasarlanması**

En uygun ve verimli bir istasyonu tasarlamak, standart ürünleri kullanarak uygundur. (Kompresör, dolum sistemi, dispenser) Özellikleri dolum hızı, gürültü azaltıcı, gaz kurutucusu, istasyon yönetimi ve ekipman gözlemlenmesi gibi etkenlerin tamamı doğru ürünlerin seçilmesi ile mümkündür. Sistem tüm modüllerden maksimum verimlilikte faydalanabilecek şekilde dikkatlice işletmeye alınmış olmalıdır. Birbirlerine yakın bölgelerde dizayn için sertifikalandırılması, önemli bir etkidir. Her bölgede deneyimli, işi bilen personel bulmak çok zordur. Tüm bunlara rağmen yine de dikkat işaretleri yangın söndürücüler gibi gerekli tüm işaret levhaları tüm standartlar göz önüne alınarak, çalışma ortamı ve şartlarını olumsuz etkilemeyecek şekilde uygun yerlere yerleştirilmiş olmalıdır.

Dolum İstasyonunda Ölçüm yapma;dolum istasyonları komple bir sistem içindeki standart

modüllerden oluşmalıdır. Bilinenler veya modüller gaz transfer istasyonundan araç dolum bağlantısına kadar elde edilebilir. Kompresörlerde çok yönlü kullanıma uygun cihazlardır. Tek kademeli kompresörlerden, 3,4 veya 5 kademeli kompresörlere dek giriş basıncına bağlı olarak ve seçilen silindir boyuları, akış oranı tamamı bu konuda etkindir.

İstasyon dizaynı ile maliyetleri çok büyük etkileşim içerisindedirler. Standart modüllerin dizaynı; standart boyutlu kompresör, depolama sistemleri, kontroller, gürültü azaltıcılar, dispenserlar, kurutuculardır (Oester, 2000).



Şekil 5.14 Bilgisayar kontrollü istasyon şeması (Oester, 2000).

Amaç için dizayn etme; çok fonksiyonlu modüller veya ekipmanların yüksek dereceli entegrasyonu ile üretim, dolum ve bakım maliyetleri etkin bir şekilde düşürülebilir.

İstenilen boşluk mesafelerinin azaltılması; Özellikle varolan dizel ve benzin istasyonuna NGV entegrasyonu veya insan ve araç popülasyonunun çok fazla olduğu yerlerde oldukça prim yapmaktadır (Oester, 2000).

Eğer düşük titreşim başarılabilirse, kurulum gereksinimleri de minimize edilebilir.

Boru hattından maksimum faydalanma, gazın sıkıştırılması için gereken enerji tüketiminin termodinamiksel verimlilikle minimize olmasını sağlayarak, kompresörden istenilen basınç ve kompresör dizaynını etkileyecektir. Bu sayede istenilen ve inanılmaz derecede yüksek maliyetler ortaya koyan elektrik maliyetleri de azalacaktır. Hatta bu sayede gaz motorlu kompresörlerde kullanılabilir. Tüm bunlara rağmen gaz motorlu kompresör kullanımı bakımının çok maliyetli olması sebebi ile daha çok dikkat gerektirmektedir. Özel bölgeler için

en düşük işletme masrafı ve başabaş noktası maliyeti istenildiğinde ekonomik değerlendirmeler sonucu kullanımına karar verilmektedir. En iyi fiyat/performans oranı, değerlendirme ve ilişkili tüm faktörlerin tartılması ile açıklanabilir.

Hacim üretme, sürekli ürün geliştirme ve geniş servis altyapısı oluşturma gibi etkenler, çok geniş bir pazar potansiyelini sağlamak için çok önemlidir. Bunlara rağmen istenilen pazar boyutuna ulaşabilmek yine de ürün talebine bağlıdır (Oester, 2000).

Yatırım maliyetini azaltmak için dolum istasyonundaki en faydalı ve üzerinde çalışılması gereken konu akış oranıdır. İstasyon ihtiyaç duyulan akış oranını tedarik etmek amacı ile dizayn edilmiştir.

Kütle ölçümleme elemanı dağıtıcı için tek ana maliyet faktörüdür. Çok sayıda şirket alternatif kısımlar geliştirme prosesine sahiptir. Bununla birlikte henüz çok büyük bir başarı sağlanamamıştır. Çift hortumlu dağıtıcı kullanımı ile yapılabilecek potansiyel tasarruf %40'lara kadar ulaşmaktadır. Bununla birlikte Tartma ve Ölçme Sertifikasyonu kurulumu yerine ölçümü yapılamamaktadır (Middleton, 2000).

### **5.2.3 Dolum istasyonu konfor düzeyinin yükseltilmesi**

Dijital ve analog girişlerle modern mikro işlemci kontrolü, eş zamanlı çalışma, hatta uzaktan kumanda edilen ana işlemciler tüketiciler ve istasyon operatörleri için talep ettikleri konforun yükselmesini sağlamaktadır. Geleneksel yakıt istasyonlarına da bu istasyon entegre modülleri ile haberleşme ve kontrol sağlanmaktadır. Hatta bu konfor tüm istasyonun uzaktan kumanda edilmesine kadar uzanabilir (Oester, 2000).

PC, laptop veya modem ile modern elektronik modüller ile direk olarak haberleşmek, çok çeşitli gözlemlene ve kontrol programları mevcut olup servis programı olarak adlandırılırlar. Şematik olarak boru hattı ve enstrümantasyon diyagramı işletme boyunca ekranda görüntülenir. Normal işletme şartlarının dışına çıktığında ilgili nokta için ekranda alarm verir. Bakım sözleşmeleri daha küçük kapsamda uzaktan gözetleme sistemine dayalıdır.

Bu gelişimin sonucu istasyon maliyetine ekstra yük binmemekte, işletmenin konfor düzeyi artmaktadır.

Gözlemlene şartları veri toplama ve gözetlemeyi kapsamakla birlikte, ek olarak sistemin düzenli olarak kontrolünü sağlamaktadır. Sistem kompresör istasyonu ve dağıtıcılardan veri toplayıp gözetlemektedir. Örneğin; gaz veya yağın sıcaklıkları, basınçlar (kompresör veya

depolama tankının) titreşimler ve kütle akışı. Eğer bahsi geçen bu değerler ön ayar değerlerinin üzerine çıkar veya limitlerin aşağısına düşerse, ikaz alarm sinyali ile servis personeli uyarılır. Sistemin dengesini bozan kısmın onarımı yapıldıktan sonra tekrar ön ayar değerleri ayarlanır. Sistemi hataya zorlayan, kontrollerin periyodik olarak yapılması programsız ve maliyet getiren gereksiz servis işlerine engel olur. Sistemin kontrolünü sağlayan bu programın yeni versiyonları ile desteklenmesi mümkün olup, hatasız çalışmaya doğru yürüyen bir yoldur.

İnternet üzerinden de istasyon dünyanın her yerinden gözlemlenebilir ve servis personeli organize edilip, yedek parça siparişi verilebilir.

İstasyon bileşenleri, istasyon konfigürasyonu ve parametreleri, müşteri bilgileri ve işletme verileri gibi bilgiler merkezi bir veri bankasında depolanabilir. Merkezi veri bankasına intranet yolu ile rahatlıkla ulaşabilirler. Yangın koruma sistemine ancak yetkilendirilmiş kişilerce müdahale edilebilir (Oester, 2000).

### **5.2.3.1 Robot dolumu**

BMW, Mercedes Benz ve Aral'dan (Alman yağ şirketi) oluşan konsorsiyum otomatik ve emisjonsuz dolum için bir robot geliştirmiş ve bunu kamuoyuna tanıtmıştır. 1995 yılının Eylül ayında prezantasyon yapılmıştır. Araçtan ayrılmadan, yakıt miktarı, kredi kartı ve pin kodu bir terminale girilebilmekte ve sürücü koltuğundan kalkma ihtiyacı bile duymamaktadır. Start tuşuna basıldığında dolum robotu aktif hale gelmekte, yakıt kapağını açıp, yakıt deposunun haznesine doğru yakıt tipini doldurmaya başlamaktadır. Araca bir tanımlama aygıtı takılmıştır. ve araç istasyona girer girmez robota ön bilgileri vermektedir.

Robot dolumu NGV ve hidrojen içinde adapte edilmiştir. Bazı NGV bağlantı parçalarının gelişimi sürmektedir. Robot dolum ayrıca ağır ve bazı kullanıcılar tarafından yanlış yerleştirilmesi nedeni ile problem çıkarmaya devam etmektedir (Oester, 2000).

### **5.2.4 Dolum istasyonu performans gelişimi**

Modüler dizaynları ile dolum ihtiyacının artması sonucu gaz istasyonları genişletilerek daha verimli çalışabilmektedirler.

Araçların performansının artırılması için, yakıt silindirlerindeki basınç yükseltilir. Bu yöntemle daha az sayıda yakıt silindiri kullanılmakta ancak dönüşüm süresi artmaktadır. Araçtaki deponun basıncını arttırmak tabii ki kompresör ve depolama basıncının da artması

demektir. 345 bar'lık depolama tankı, kompresör sistemini basınçlandırma ile elde edilebilir.

### 5.2.5 Dağıtıcılar (Dispenser)

Silindirlerin tam dolduğundan emin olmak ve herhangi bir silindir kapasitesinin bilinmesi sonucu dolum yapılır. Ancak araç tankında dolum boyunca sıcaklık yükselmektedir. Silindirler bu sıcaklık artışını karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Bilgisayar programı özel silindir tiplerine göre müsaade edilen maksimum sıcaklık noktalarında sistemde soğutmanın sağlanması için ikaz verir, hatta gazı keser. Eğer çok sayıda aracın aynı anda dolumu gerekir ve depolama basıncı çok düşük seviyelere düşerse, dağıtıcı otomatik olarak kompresörden dolum konumuna geçer. Gazın sıcaklığı bu durumda depolanmış haldekinden daha yüksektir

Gazın sıcaklığının ölçümü önceden hesaplanmış dolum miktarına göre tespit edilir ve yüksek hızlı dolumda korunma sağlanmış olmalıdır (Oester, 2000).

Dolum prosesinin termodinamik hesabına dayalı düzenleme ile, silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık değerleri anında dağıtıcıya iletilmiş olmalıdır. Bu bilgilerle beraber toplam silindir kapasitesinin de bildirilmesi ile aracın toplam gaz ihtiyacının hesaplamasında kullanılır. Bu metot tam olarak dolum yapılmasını sağlar. Bununla birlikte araçtan dağıtıcıya transferi gereken gazın pazarın yeterince gelişmemiş, standardizasyon oluşmamış olması nedeni ile aksaklıklara yol açacağı göz önünden uzaklaştırılmamalıdır (Murata, 2000).

Alternatif olarak dolum prosesi boyunca gazı soğutma denenmiş ve potansiyelde olabileceği görülmüştür. Ancak bu ek düzenele ilgili çalışmalar henüz sonuçlandırılmamıştır.

Yüksek akış dağıtıcıları olabildiğince çabuk doldurulma ihtiyaçlarından dolayı yolcu otobüsleri için geliştirilmişlerdir. Dikkatle dizayn edilmişler, filtre sistemi, vanalar veya diğer ekipmanlardan geçişlerde basınç düşümü azaltılarak, yüksek akış oranı sağlanmıştır.

### 5.3 Programlı gelişim stratejilerini kullanarak CNG dolum maliyetini azaltma

Hollanda'nın NGV Avrupa olarak adlandırılan 7 ülke, 14 şehirden oluşan proje dahilindeki Haarlem , Velsen ve Amstelveen şehirlerinde de NGV'ler kullanımdadır.

“NUON” adlı enerji şirketi CNG arzını en az maliyetle yüksekte tutmak amacı ile Haarlem ve Velsen şehirlerine iki ayrı tip dolum istasyonu kurmuştur (Oester, 2000).

Haarlem'de inşa edilen orta büyüklükteki bu geleneksel yakıt istasyonu 120m<sup>3</sup>/h'lik kompresör kapasitesi ve 4000Lwc'lik depolama hacmine sahiptir. Proje boyunca CNG arzının

120.000m<sup>3</sup>/yıl olacağı ve daha sonrasında da bu kapasitenin 240.000m<sup>3</sup>/yıl mertebesine erişeceği tahmin edilmektedir. Ana araç tipi eski kamyon ve vanlar olarak belirlenmiştir.

Velsen şehrinde ise küçük tip bir yavaş dolun istasyonu kurulmuş olup, (9x2,5)m<sup>3</sup>/h kapasiteli kompresörlerden oluşan bu istasyonda 800Lwc'lik depolama yapılmakta ve ilk deneyim olarak 2 kamyon kullanılmaktaydı. NGV Avrupa Projesi kapsamında 4 adet daha kamyon eklenince, 40m<sup>3</sup>/h'lik kompresör ile (9x180)Lwc' lik dinamik depolama ünitesi kurulmuştur.

Küçük kompresörler ve statik depolama hızlı dolun sistemine paralel bağlanmıştır. Yüksek sıkıştırma maliyeti nedeni ile küçük kompresörler yalnızca acil durumlarda kullanılmaktadır.

Yüksek yatırım maliyetinden kaçınmak için bu 3 şehirdeki tüm hızlı dolun istasyonları tek kompresörlerle ekipmanlandırılmıştır. Kompresörlerin arızalanması veya depolama esnasında 40m<sup>3</sup>/h, (4x80)Lwc depolama kapasiteli seyyar bir kompresör ve 2 adet taşınabilir (16x50)Lwc'lik bir istasyon yedek olarak devreye alınmıştır. Mobil olarak kurulması kamyonun yakıtının yolda bitebileceği düşünülmesindedir. Haarlem şehrinde 40 kamyonun sonra tüm araçların doğalgaza geçmesine karar verilmiştir (Oester, 2000).

- Haarlem İstasyon 120m<sup>3</sup>/h'lik kompresörle, yılda 2000 çalışma saati ile 240.000m<sup>3</sup>/yıl'lık dağıtım yapabilir. Bu kapasite günde 80m<sup>3</sup> yakıt tüketen 12 kamyonun tekrar doldurulması için yeterlidir. 5 dakikalık yeniden dolun için, her 40 dakikada depolama ve yeniden şarj etme ihtiyacı vardır. Minimum depolama hacmi hesaplanırsa,

$$5 \text{ dakikalık yeniden dolun} = 120\text{m}^3 \times 5/60 = 10\text{m}^3 \quad (5.1)$$

$$\text{Taşma} = 80\text{m}^3 - 10\text{m}^3 = 70\text{m}^3 \quad (5.2)$$

$$\text{Depolama Hacmi} = V_1 = (V_1 + V_2) / 70 / 80 \quad (5.3)$$

$V_1 = 2,8\text{m}^3$  olarak hesaplanır.

Sonuç olarak yeniden depolama yeterince hızlı olmadığından, basınç kaybı oluşacak ve dolun zamanı artacak veya kamyonlar tam olarak doldurulamayacaktır.

2 kamyon olduğu sürece dolun zamanının uzaması kabul edilebilir, fakat kamyon sayısının artması ile orantı kurulursa en az 80 dakikalık bekleme süresi ortaya çıkacaktır. Bu da depolama kapasitesinin 12 kamyonluk maksimum kapasiteye ulaşmadan önce 2 katına çıkarılması ihtiyacını ortaya koymaktadır. ki bu yatırımlar da CNG fiyatlarını arttıracaktır.

Velsen bu istasyon yılda 2000 çalışma ile  $40\text{m}^3/\text{h}$ 'lik kapasiteli kompresörle  $80.000\text{m}^3/\text{yıl}$ 'lık kapasiteye sahip olabilmektedir. Dinamik depolama nedeni ile dolun zamanı Haarlem'dekinden çok daha iyidir. 4 kamyonu sıra ile herhangi bir basınç düşüşü veya yeniden dolun zamanı artışı olmadan doldurabilmektedir. Hidrolik yağı CNG'yi araç tankına doğru sürmek amacı ile bir pistonun arkasına pompalanmaktadır. Bu yöntemle CNG'nin basıncı son  $\text{m}^3$ 'e kadar aynı kalmaktadır. Haarlem'deki sistemden farkı CNG dağıtımının aynı zamana denk gelmesi durumunda hacim olarak daha çok depolamaya ihtiyaç duymasıdır.

#### 5.4 Statik ve dinamik depolama

Pazar boyutu ve ihtiyacını dikkatle hesaplamak en düşük gaz fiyatına ulaşmakla birlikte en yüksek geri dönüşü ve iş istihdamını sağlayacaktır.

Bu bölümde depolama tipinin seçilmesinin kısa ve uzun vadede CNG fiyatlarına etkisini uygulamalarla hesaplayacağız. İlk olarak dinamik ve statik depolamanın tercih edilmesinin nedenlerini finansal boyutu ile analiz edeceğiz.

Çizelge.5 4 Depolama sistemleri için özel maliyet bileşenleri (Oester,2000).

	Statik Depolama	Dinamik Depolama
DFL/Lt.	20	40
Temel Maliyetler*	-	85000

Litre başına dinamik depolama, statik depolamaya göre 2 kat daha pahalıdır, fakat verimliliği daha yüksektir. Statik depolama da dolun zamanı depolama ve kompresör boyutuyla kuvvetle bağlantılıdır. Kompresörün yardımı olmadan bir tank, doldurmak mümkün değildir. Eğer kompresör küçük ve araç tankı büyükse, bu problem daha da büyüyecektir.

4 değişik tip araç üzerinde, otomobil,panelvan, kamyon ve otobüs olmak üzere çeşitli tank hacimlerinde 4 farklı tipte dolun istasyonunda, statik ve dinamik depo alternatifleri ile bir deneme yapılmıştır.

\* \* Temel Maliyetler hidrolik kontrol sistemleri pompaları içindir.

Çizelge.5 5 Farklı tip araç tankı ve kompresör boyutu için statik ve dinamik depolama hacimleri(x1000lt.) (Oester,2000).

Kompresör	40	40	120	120	300	300	2000	2000
m <sup>3</sup> /h	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
Otomobil 30m <sup>3</sup>	1,2	0,15	0,3	0,15	0,03	0,025	0	0
Van 60m <sup>3</sup>	5,1	0,3	1,5	0,3	0,4	0,175	0	0
Kamyon 80m <sup>3</sup>	9,2	0,4	2,8	0,4	0,9	0,275	0	0
Otobüs 160m <sup>3</sup>	37	0,8	12	0,8	4,3	0,675	0	0

Daha geniş kompresörde, depolama için daha az ihtiyaç vardır. Bununla birlikte dinamik depolama hacimde daima daha küçüktür. Bu depolamanın ucuz olduğu anlamında değildir. Daha küçük boyutlu kompresörlerde ve büyük miktarda dağıtım ihtiyacı duyulduğunda, örneğin. 1 veya daha çok ağır iş makinası veya 3 ve daha çok araç sırada ise dinamik depolama daha karlı olmaktadır. Önemle bilinmelidir ki yeniden dolunun mesai saatleri dışına kaydırılması dinamik depolama seçeneğinde ön plana çıkmaktadır (Oester, 2000).

## 6. DÜNYADAKİ CNG STANDARTLARI, NGV'LERİN TRAFİK SİSTEMİNE ENTEGRASYONLARI VE TEŞVİK UYGULAMALARI

### 6.1 CNG Standartları

Her bir ülke için, farklı talep veya standartlar maliyetleri de arttıracaktır. Dünya çapındaki tüm standartlar harmonize edildiğinde, üreticilerin de nasıl bir ürün üretmeleri gerektiği ortaya çıkacaktır.

Eğer hiçbir standart bulunmazsa, 1980'lerde olduğu gibi her ülke kendi ürününü, kendi standartları ile gerçekleştirecektir. Bir araya getirme, örneği ISO standardı gibi işletmelerde tek tip konnektör imal edecektir. Araç üreticileri, ürettikleri her aracı tüm dünyaya göndermekte, dolmuş istasyonları imalatçıları ise dağıtıcı, kaplin veya yedek parçalar her araca uyarsa tüm bu bileşenlerin de maliyetleri düşecektir (Büthker, 2000).

ISO birçok ülkenin standardını bir standartta toplayan ilk kurum olmuştur. ISO gaz kompozisyonu, silindir, NGV bileşenleri ve araç dolmuşları ile ilgili konularda standart üretmektedir.

Birleşmiş Milletler bu konudaki düzenlemeleri kirlilik ve enerji uzmanları grubu tarafından yapmaktadır. Ulusal hükümet bu konuda GRPE'nin yardımcısıdır. Silindir standardı ISO tarafından yapılmaktadır.

Avrupa standardı CEN tarafından hazırlanmaktadır. CEN NGV dolmuş istasyonları için standart hazırlamıştır. Bu ön standart taslağı, Avrupa Birliği üyelerinin oylamasından geçmiştir. Birçok diğer standart farklı organizasyonlarca örneğin, NFPA, ANSI, CGA ve SAE oluşturulmuştur.

Doğal gazlı araçlar bir çok AB üyesi ülkede gelecekte sürdürülebilir çevre ve trafik politikalarındaki stratejide önemli bir rol oynar. Bu alanı geliştirmek için açık bir teknik çerçeve gerekmektedir. Buna erişmek için Avrupa Standartları ideal bir enstrümandır. İlgili taraflar arasında bu pazarı geliştirmek için artan bir ilgi vardır ve birden çok çözümden kaçınmak için ölçek ekonomilere, dolayısıyla Avrupa standartlarına olan ihtiyacın mutlak gerekli olduğunun tamamen farkındadırlar (Büthker, 2000).

CEN/TC'in önerdiği standardizasyon aktivitelerinin bazılarını yada tamamını doğrudan gerektiren yada bu aktivitelerin yapılış biçimlerini büyük ölçüde etkileyen politik, ekonomik, sosyal, teknik, hukuki ve uluslar arası faktörler şunlardır:

Doğal Gaz çok düşük emisyon oranları ile araçlar için temiz bir yakıttır. AB üyesi ülkelerin büyük kısmı bu teknolojiyi çevre politikalarında önemli bir konu olarak geliştirmektedir. Thermie ve Joule gibi AB programları dahilinde, doğal gazlı araç (NGV) teknolojisine yönelmek için projeler başlatılmıştır. 88/77/EEC nolu yönergede önerilen değişiklik bu alandaki kesin politika kararını da göstermektedir.

Dünyanın en büyük doğal gaz yeniden dolun istasyonu üreticileri Avrupa'da bulunmaktadır. Global pazara hizmet vermektedirler. Avrupa gaz sanayinin gazın kullanıldığı sektörleri genişletme konusu ile yakın ilgisi vardır. Konut sektöründe gelen mevzuat ve düzenlemeler aktivitelerin diğer pazarlara yayılması sonucunu da beraberinde getirecektir. Bu unsurlar CEN TC 326'nın oluşturulmasını doğrulamıştır (Büthker, 2000).

CEN TC 326 standartları bu alanda, özellikle araba kullanma ve emniyetli yeniden dolun prosedürlerinde emniyetli bir teknolojiye katkı sağlayacaktır. Tüketicinin NGV teknolojisini kabulü esas olarak emniyet konularına dayanmaktadır.

NGV girişimcilerinin amacı emniyetli bir NGV teknolojisi ve dolun altyapısı geliştirmektir. Önemli bir yapı taşı olarak teknik uyum gereklidir.

CNG dolun istasyonları, tam olarak bunun bazı kısımları, 89/392 (Makine Yönergesi) nolu konsey yönergesi ile ilgilidir. CEN TC 326'nın bir uyum sürecini destekleyebileceği bazı alanlarda ulusal mevzuat bulunmaktadır.

Her yeni teknolojide olduğu gibi, NGV standardizasyonundaki ilerleme büyük ölçüde pazarının durumu ile ilgilidir. Avrupa'daki NGV teknolojisi henüz başlangıç aşamasındadır. NGV sanayi, Avrupa'da doğal gazlı araçların sürdürülebilir gelişmesini sağlamak için farklı programlar yürütmüşlerdir.

CEN dahilinde üretilen tüm standartlar prensip olarak isteğe bağlı standartlardır. Standart her zaman bir tasarruf operasyonu için asgari şartları tanımlar. Bir yönerge yasal hükümet tarafından geliştirilen zorunlu bir düzenlemedir. Avrupa içerisinde, yönergeler Motorlu Araçlar Emisyon Grubu (MVEG) tarafından geliştirilir. CEN tarafından geliştirilen standartlar yönergedeki şartlar için teknik bir çözüm olarak ilave olunabilir. Bu şekilde CEN standardı zorunlu bir standart haline gelebilir (Büthker, 2000).

Birleşmiş Milletler Kirlenme ve Enerji Uzmanları Grubu (GRPE) vasıtasıyla zorunlu düzenlemeler geliştirir. Ulusal devlet kuruluşları GRPE'nin bir parçasıdır. MVEG'nin tüm üyeleri GRPE'nin de üyeleridir. Araç türünün onaylanması ve CNG sistemleri için kurulum

şartları GRPE'nin aktiviteleridir. ISO tarafından geliştirilen silindir standardı GRPE tarafından benimsenmiştir ve artık zorunlu bir düzenleme halini almıştır.

### 6.1.1 Standardizasyon prosesi

Farklı ülkeler veya bölgelerde yakın teknolojiler için varolan, birbirleri ile ilişkilendirilmiş standartlar "Ticarette teknik engeller" olarak adlandırılırlar.

Özellikle ihracata yönelik çalışan endüstriler de tüm dünyada ticaretin yapılması için standartlar üzerinde görüş birliğine varılmalıdır. Bu konu uluslar arası standardizasyonun gelişiminde merkez noktası olmuştur. NGV'lerinde tüm dünyada ortak bir başarıya ulaşması içinde bu yönde düzenlemelere ihtiyaç duyulmuştur. Farklı standart veya farklı imalat istekleri oldukça ürünlerin fiyatları da gün geçtikçe daha çok artacaktır (Büthker, 2000).

Standartlar birbirleri ile ilişkilendirilip, ortak noktalarda toplanıldıkça üreticilerde nasıl bir ürün imal edecekleri konusunda aydınlanmış ve daha çok görüş alışverişinde bulunmaya başlamışlardır.

Standartlar, kurallar, rehber veya karakteristiklerin açıklaması, materyaller, ürünler, prosesler ve servislerin amaçları doğrultusunda birleştirilmesi amacıyla hazırlanılmış, teknik spesifikasyonlar veya diğer üzerinde durulması gereken kuralları açıklayan anlaşmaların basılı halidir.

Örneğin; kredi kartı, telefon kartı ve smart kart gibi farklı cihazlarda, aynı amaçlarla kullanılan bu nesnelere ISO Uluslar arası Standardı ile tek bir boyut ve materyal özelliklerine sahip olmuşlardır. Optimal kalınlığı (0,76 mm) tüm dünyada aynıdır.

Sonuç olarak Uluslar arası Standartlar malların verimliliği ve servislerin kalitesini yükseltmektedir.

### 6.1.2 ISO'nun aktiviteleri

Standardizasyon için Uluslar arası Organizasyon (ISO) olan ISO dünya çapında 130 ülkenin ulusal standart federasyonu olarak her ülkeden katılımcıları ile çalışmaktadır. NGV endüstrisi için, CNG komponentleri ve gaz kompozisyonu standardı oluşturulmuştur.

ISO hükümetlerle ilişkisi olmayan 1947 yılında kurulmuş bir organizasyondur. ISO'nun misyonu standardizasyonun gelişimi sağlamak ve dünyadaki uluslar arası mal ve hizmet alışverişi ve ortak girişimleri, bilimsel, teknolojik ve ekonomik aktiviteleri kısaca ilişkili

aktivitelere destek sağlamaktır.

ISO Uluslar arası Standartlar olarak basılan, anlaşmaların sonuçlandırılması için çalışır. Uluslar arası standardizasyon, finansal servisler, bankacılık, gemi inşası, enerji üretimi, malların dağıtımı, paketlenme, tekstil, haberleşme ve bilgi prosesleri gibi pek çok teknoloji için kurulmuştur. Bugünün serbest pazar ekonomisi de genişleyen pazarları destekleyen önemli kurumlardandır (Büthker, 2000).

### 6.1.3 Avrupa birliği, CEN

Avrupa'da standardizasyon prosesi CEN tarafından organize edilmektedir. Doğalgazlı Araçlar için özel teknik komiteler teşekkül ettirilmiş ve aktif olarak çalışmaktadır. NGV'lerin güvenlik ihtiyaçları ve dolun istasyonları ve araç yakıt sistemleri için Avrupa standartları hazırlık halindedir. Hazırlıktaki standartlar farklı dolun teknolojilerini temel almaktadır. CEN TC326 NGV'ler için güçlü bir altyapı oluşturmak amacı ile hazırlanmıştır.

### 6.1.4 OIML

Dağıtılan gazın araca ölçülerek verilmesi için OIML çalışmaktadır. Uluslar arası Yasal Ölçüm Kuruluşu (OIML) 1955 senesinde yasal ölçüm prosedürlerinin global uyumunu sağlamak için kurulmuştur. O tarihten bu yana, OIML üyelerine dünya çapında yasal metroloji (ölçüm) uygulamaları için ölçüm aletlerinin üretim ve kullanımı ile ilgili olarak ulusal ve bölgesel şartların ayrıntıları için ölçüm (metroloji) kuralları sağlayan teknik bir yapı geliştirmiştir. OIML üyeliği teknik aktivitelere faal olarak katılan ülkeler olan üye ülkeleri ve OIML'ye gözlemci olarak katılan sorumlu üyeleri de içine alan devletler arası bir kuruluştur.

Yasal metroloji kamu otoriteleri tarafından yada bunlara atıf yapılarak belirlenen ve onlar adına yasal ve sözleşmeye dayalı bir biçimde ölçümlerin resmi kontroller, ticaret, sağlık, emniyet ve çevre ile ilgili uygun kalite ve güvenilirliğini belirtmek ve temin etmek amacıyla uygulanan yasal, idari ve teknik prosedürlerin bütünüdür (Büthker, 2000).

Standartlar programı CEN teknik kurulu tarafından idare edilmektedir. Teknik kurulda CEN ulusal üyeleri tarafından anlaşılması durumunda, kesin kapsamı, tamamlamak için hedef tarihleri olan Avrupa Standartlarının geliştirilmesi üç başlıca yoldan biri ile yürütülür:

OIML üyelere ölçüm enstrümanlarının değişik kategorilerinde ulusal mevzuatın belirlenmesi için üzerinde uluslararası mutabakat bulunan bir temel sağlayan model düzenlemeler, uluslararası tavsiyeler hazırlar. OIML yönergelerinin giderek artan ulusal uygulamaları göz

önünde bulundurulduğunda, giderek daha fazla sayıda üretici ürünlerinin metrolojik performans ve test açısından uluslar arası teknik özellikleri karşıladığından emin olmak için OIML uluslar arası tavsiyelerine başvurmaktadır ([www.iangv.org](http://www.iangv.org), 2002).<sup>3</sup>

Uluslararası tavsiyelerin başlıca unsurları şunlardır:

- Kapsam, uygulama ve terminoloji
- Meteorolojik şartlar
- Teknik şartlar
- Şartlara uygunluğu test etmek ve doğrulamak için yöntem ve ekipman
- Test raporu formatı

Ölçüm sistemleri için OIML sertifika sistemi 1991 senesinde OIML şartlarına uygun ölçme enstrümanlarının kullanımını teşvik etmek amacıyla kurulmuştur. Bir OIML sertifikası bir enstrüman modelinin ilgili OIML tavsiyelerinde belirtilen uygunluk testlerini geçtiğini tasdik eder. Test sonuçlarını karşılıklı olarak kabul eden üyelerin giderek artmasından dolayı, sertifikaların daha geniş kabul görmesi üreticiler tarafından tercih edilmelerini sağlamakta ve uluslar arası pazara erişim sağlayarak model onay süreçlerini kolaylaştırır.

Convention du Metre ve icra kuruluşu olan Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) ile yakın çalışan OIML teknik çalışmaların kuruluşlar arası koordinasyonuna katılarak yasal metrolojinin uluslararası arenada bilgi ve uzmanlık alışverişlerinde uyumlu hale getirilmesinin peşindedir. Metroloji alanında, standardizasyon alanında ve ilgili alanlarda faaliyetleri bulunan yüzün üzerinde uluslar arası ve bölgesel kuruluş ile irtibat halinde, OIML'nin çalışması yeni bir yüzyılın uluslar arası ihtiyaçlarına uygun güvenilir ölçüm uygulamalarını ve aletlerini geliştirmeyi amaçlayan global bir işbirliğinin markasını taşıyor ([www.iangv.org](http://www.iangv.org), 2002).<sup>3</sup>

Organisation Internationale de Metrologie Legale (OIML) ilk taslak komite standardı olan ve sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) ölçüm aygıtlarının ve dünya genelindeki yakıt dağıtım sistemlerinin doğruluğu, testi, ve sertifikasyonu ile ilgili düzenleme tavsiyeleri sağlayacak olan "Araçlar için Sıkıştırılmış Gaz Yakıtı Ölçüm Sistemleri standardı (Ocak 2000)" hazırlanmıştır.

### 6.1.5 ISO

Viyana Anlaşması' olarak resmileştirilen bu prosedür CEN' in Avrupa Standartlarının uygulanmasını ISO' ya devretmek için tam koşullara uygun olarak ve her duruma göre karar verebilmesine imkan tanır. Çalışma kamu araştırması ve resmi rey için spesifik ISO kurallarına ve CEN/ISO paralel prosedürlerine göre yapılır. Bu prosedür kapsamında ISO, CEN kurulunda yer alması için bir temsilci atayabilir, ve aynı şekilde CEN' de ISO kurulunda yer alması için bir temsilci atayabilir.

#### 6.1.5.1 Anket prosedürü (PQ)

Bu yol uygun bir 'referans' doküman varsa kullanılır (genellikle bir ISO konusudur ancak sadece ISO konusu değildir).

#### 6.1.5.2 Teknik komite (TC)

Bu, ilk iki durum mümkün olmadığında uygulanır. CEN Teknik Komiteleri (TC) delegasyonların çalışmadan etkilenen tüm menfaat gruplarını dikkate alan ulusal bir bakış açısı sunduklarından emin olmak zorunda olan CEN Ulusal Üyeleri tarafından toplantıya çağrılan ulusal uzmanlar delegasyonlarını toplar. Tanınan Avrupa/Uluslararası çıkarların gözlemcileri olarak katılıma izin verilir. Teknik Komiteler kapsamına giren her türlü ilgili çalışmayı (örneğin ISO'daki) ve CEN Ulusal Üyeleri ve ilgili diğer Avrupa/Uluslararası kuruluşlar tarafından sağlanan tüm bilgileri dikkate almalıdır ([www.iangv.org](http://www.iangv.org), 2002).<sup>3</sup>

#### 6.1.6 CEN gaz sektörü forumu

CEN Gaz Sektörü Forumu (SFG) gaz sanayine hizmet veren standardizasyonun gelişimini koordine eder ve gaz arzı ve gazla çalışan aygıtlar ile ilgili yeni faaliyet alanları belirler. Bu sektörde çalışmakta olan CEN Teknik Komiteleri Gaz Aygıtları Yönergesinin (GAD) şartlarını karşılamak için standartlar geliştirmektedir.

#### 6.1.7 ISO ve CEN arasındaki ilişkiler

ISO ve Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) arasında bir mutabakat vardır. ISO İcra Kurulu tarafından 16 ve 17 Mayıs 1991 tarihlerinde yapılan toplantıda onaylanmasının ardından CEN İdare Kurulu tarafından resmen 27 Haziran 1991 tarihinde Viyana'da onaylanan bu mutabakat 1989 senesinde 'ISO ve CEN Arasında Teknik Bilgi Alışverişi

Anlaşmasının' (Lizbon Anlaşması) yerini aldı.

Bu, benzer çalışmalar yürütüldüğünde işin birlikte yapılacağı anlamına geliyor. Bu, araç parçalarının standardizasyonu ile birlikte oldu. Her iki kuruluş CEN ve ISO araç parçalarına sertifikasyon verme çalışmaları başlattılar. Viyana anlaşmasının bir sonucu olarak, CEN çalışma grubu üyeleri ISO' nun çalışma grubuna katıldılar. ISO standardı yayımlanacağı zaman, dokümanlar paralel oylama ile CEN tarafından benimsenir.

Araç üretim sanayi uluslar arası düzeyde oldukça aynı hizaya getirilmiştir. Dünya çapındaki bu sanayi global bir pazara hizmet vermektedir. Dolayısıyla, araçlardaki gaz kurulum/tesisat sistemleri için standartlar geliştirmek amacıyla CEN TC326'nın ISO TC 22 SC 25 (Doğal Gaz Kullanan Karayolu Araçları' ile işbirliği başlatıldı. Bu durum iki çalışma yapılmasını engelliyor ve NGV alanında standartlar oluşturmak için etkili bir yolun temelidir.

#### **6.1.8 Uluslararası standartların geliştirme aşamaları**

Uluslar arası bir standart ISO' nun üye kuruluşları arasındaki bir mutabakatın sonucudur. Bu şekilde kullanılabilir yada farklı ülkelerin ulusal standartlarına dahil edilerek uygulanabilir. Uluslar arası Standartlar ISO teknik komiteleri (TC) ve alt komiteleri (SC) tarafından altı adımlı bir süreç içinde geliştirilir:

- Evre 1: Teklif evresi
- Evre 2: Hazırlık evresi
- Evre 3: Komite evresi
- Evre 4: Araştırma evresi
- Evre 5: Kabul evresi
- Evre 6: Yayımlama evresi

Bir standardizasyon projesinin başlangıcında belirli bir derecede olgunlaşmış bir dokümanın bulunması durumunda, örneğin başka bir kuruluş tarafından geliştirilmiş bir standart, bazı evreleri atlamak mümkündür. 'Hızlı-Yol prosedürü' olarak anılan yöntemde, doküman Uluslararası bir Standart Taslağı (DIS) olarak ISO' ya üye kuruluşlara (Evre 4) doğrudan onay için gönderilir, yada eğer doküman ISO Konseyi tarafından tanınan bir uluslar arası standardizasyon kuruluşu tarafından geliştirilmiş ise, önceki aşamalardan geçmeden nihai bir Uluslar arası Standart Taslağı (FDIS, Evre 5) olarak gönderilir.

Aşağıda altı evrenin her birinin özeti verilmiştir:

- **Evre 1: Teklif evresi**

Uluslar arası bir Standardın geliştirilmesi sürecinde birinci adım belirli bir Uluslar arası Standarda ihtiyaç bulunduğunun teyit (kabul) edilmesidir. İlgili TC/SC tarafından çalışma kaleminin çalışmanın programına dahil edilip edilmeyeceğini belirlemek için üyeler tarafından yeni bir çalışma kalemi teklifi (NP) oylamaya sunulur.

TC/SC' nin üyeleri oylarının çoğunluğu lehte oy kullanırsa ve en az beş projeye faal olarak katılma kararlarını beyan etmeleri durumunda teklif kabul edilir. Bu evrede, normal olarak çalışma kaleminden sorumlu bir proje lideri görevlendirilir ([www.ngvc.org](http://www.ngvc.org), 2002).<sup>4</sup>

- **Evre 2: Hazırlık evresi**

Genellikle, TC/SC tarafından bir çalışma taslağının hazırlanması için başkanının (grup yöneticisi) bir proje lideri olduğu uzmanlardan oluşan bir çalışma grubu oluşturulur.

Çalışma grubu ilgilenilen sorun için en iyi çözümü geliştirdiği konusunda tatmin olana kadar çalışma taslakları arka arkaya (üst üste) mütalaa edilebilir. Bu evrede, taslak çalışma grubunun ana komitesine fikir birliği oluşturma evresi için iletilir.

- **Evre 3: Komite evresi**

Birinci komite taslağı hazır hali gelir gelmez, ISO Merkez Sekreterliği tarafından kayıt edilir. Yorumlar, ve gerekirse, TC/SC üyelerinin oylaması için dağıtılır. Fikir birliği sağlanana kadar teknik içerik konusunda arka arkaya komite taslakları mütalaa edilir. Fikir birliği sağlandığında, Uluslar arası bir Standart taslağı olarak sunulmak üzere metne son şekli verilir.

- **Evre 4: Araştırma evresi**

Uluslar arası Standart taslağı (DIS) ISO Merkez Sekreterliği tarafından beş aylık bir zaman dilimi içinde oylama ve yorum için tüm ISO üye kuruluşlarına sirküle edilir.

TC/SC' nin P-üyelerinin üçte ikisinin lehte oy kullanmaları ve kullanılan toplam oy sayısının dörtte birinden fazla olumsuz oy kullanılmaması durumunda nihai Uluslararası Standart (FDIS) olarak sunulması için onaylanır. Kabul kriterleri karşılanmamışsa, metin ilgili TC/SC'ye daha ayrıntılı çalışma için iade edilir ve revize edilmiş bir doküman bir kere daha uluslar arası bir standart olarak oylama ve yorum için sirküle edilir.

- **Evre 5: Kabul evresi**

Nihai Uluslar arası Standart Taslağı (FDIS) iki ay süre içinde nihai Evet/Hayır oylaması için ISO Merkez Sekreterliği tarafından ISO'ya üye tüm kuruluşlara sirküle edilir. bu dönem esnasında teknik yorumların alınması durumunda, artık bu aşamada mütalaa edilmezler, ancak Uluslar arası Standardın ilerideki bir revizyonunda dikkate alınmak üzere kaydedilirler. Metin TC/SC' nin üyelerinin üçte ikisinin lehte oy kullanmaları ve kullanılan toplam oy sayısının dörtte birinden fazla olumsuz oy kullanılmaması durumunda uluslararası bir standart olarak onaylanır. Bu kabul kriterleri karşılanmamışsa, standart alınan negatif oyların desteğinde sunulan teknik gerekçelerin ışığında dikkate alınmak üzere ilgili TC/SC'ye geri gönderilir.

- **Evre 6: Yayımlama evresi**

Nihai bir Uluslar arası Standart kabul edildikten sonra, metnin son halinde gerekiyorsa ve gereken yerlerde sadece bir iki düzenleme değişikliği yapılır. Nihai metin uluslararası standardı yayımlayan ISO Merkez Sekreterliğine gönderir ([www.ngvc.org](http://www.ngvc.org), 2002).<sup>4</sup>

#### **6.1.9 Uluslararası standartların gözden geçirilmesi (kabul, revizyon, geri çekme)**

Tüm uluslar arası standartlar sorumlu TC/SC'ler tarafından en az beş yılda bir gözden geçirilir. uluslararası bir standardın kabul edilip edilmeyeceğine, revize edilip edilmeyeceğine yada geri çekilip çekilmeyeceğine TC/SC'nin üyelerinin çoğunluğu tarafından karar verilir.

#### **6.1.10 CNG için mevcut standart örnekleri**

Şehir borularından araç egzoz borusu emisyonlarına kadar doğal gaz standartlarında düzenlemeler yapılmalıdır. Bu alanda farklı standardizasyon kuruluşları faaliyet göstermektedir. Aşağıda farklı kuruluşların aktiviteleri ile ilgili genel bir görünüm sunulmuştur.

##### **6.1.10.1 Gaz arzı ile ilgili standart**

ISO 15403 Araçlar için kullanılmak amacıyla doğal gaz kalite hedefi.

Bu standarda gaz kompozisyonu hakkında teknik özellikleri bulunan teknik bir rapor eklenmiştir.

### 6.1.10.2 Yakıt istasyonları

#### PR EN 13638 NGV Dolum İstasyonu Standart Taslağı

Halen son şekli verilerek standart olarak yayımlanamamıştır. Avrupa dışından uluslar arası yorumlar da dikkate alınmaktadır. Bu Avrupa standardının yayımlanmasından sonra, tüm diğer ülkeler bu standardı kullanabilecektir ([www.iangv.org](http://www.iangv.org), 2002).<sup>3</sup>

Bu standardın önemli kısımları şunlardır:

EN 292-1 Makine Güvenliği Temel ilkeler ve yaygın tasarım ilkeleri

EN 89/392/EEC Makine Yönergesi

EN 91/368/EEC Makine Yönergesinde Değişiklik

EN 89/336 EMC

97/23/EC PED Basıncılı ekipman yönergesi

EN 60079-10 Patlayıcı gazlı ortamlar için elektrikli aygıtlar

Bölüm 10: Tehlikeli alanların sınıflandırılması

### 6.1.10.3 Pompa ölçüm aygıtı (dispenser metering)

OIML 20/21 Mart 2000 tarihinde bir toplantı yapmış ve bu toplantıda birinci komite taslağı ayrıntıları ile görüşülmüştür. Toplantıya Uluslararası Doğal Gazlı Araçlar Birliği (IANGV) ve Avrupa Doğal Gazlı Araçlar Birliği (ENGVA) katılmışlardır. Öneriler doğrultusunda standart hazırlanmıştır.

Standart, hangi spesifik teknik aparatın CNG'yi ölçmek ve dağıtmak için kullanılması gerektiğini belirlememek için teknolojiden bağımsız (nötr) olmalıdır.

Standart CNG'nin yol ve arazi araçları ticari müşterileri için doğru biçimde ölçülebilmesi ve tavsiye ve şartlarında gerçekçi olmalıdır ancak müşteriler yada kullanıcılara satış amacıyla ekipman geliştirme ve test maliyetindeki gereksiz artışlarla sonuçlanan düzenlemeler getirmemelidir (Oester, 2000).

IANGV önceki bir belge üzerinde sunumlar yapmıştır. Bu sunumlar genellikle göstergeler ile ilgilidir. İlk taslak bu sunumları bir pompanın kg yada hangi birim gerekiyorsa o birimi gösteren bir ekranı olacak şekilde büyük oranda kabul etmiştir (Büthker, 2000).

Ancak ekipmanın test edilmesi ile ilgili taslağın büyük kısmı oldukça ayrıntılıdır ve taslak şu anki haliyle bu ekipmanı piyasaya çıkarmak için 72 farklı teste gerek duymaktadır. Test şartlarının görüşülmesi esnasında, OIML üyelerinin ölçüm cihazı ve pompa üreticilerinden ilave girdiye ihtiyaç duydukları açıklığa kavuşmuştur.

#### 6.1.10.4 Yakıt doldurma bağlantısı

ISO 14469-2 Karayolu araçları CNG (Sıkıştırılmış Doğal Gaz )Yakıt Doldurma konnektörleri (The Natural Gas Vehicles Equipment Guide, 2000).

NGV SİSTEM BİLEŞENLERİ İLE İLGİLİ ISO STANDARTLARI (Ağustos 2000'de güncellenmiştir)		
İsim	ISO Referansı	Güncelleme Durumu
CNG Yakıt Doldurma Konnektörleri	14469-2	DIS Onaylı/GüncellemeGerekliyor.

#### 6.1.10.5 Dolum istasyonu kullanma şartları

TC 326'nin 3 nolu CEN çalışma grubu dolum istasyonlarının kullanma şartları ile ilgili bir standart geliştirmiştir.

#### 6.1.10.6 Araçlar

Araçlar için farklı standartlar mevcuttur. Tüm CNG bileşenleri CNG sistemi için kullanılmasına rağmen aynı standartlar yazılmıştır. Temelde tüm standartlar 2 ana başlık altında toplanabilir.1-Genel İhtiyaçlar 2-Test Metotları.

Bu 2 standartta temel ihtiyaçlar verilmiştir. Tüm standartlarda da bu 2 standart temel gösterilmektedir. Bu standartlar GRPE düzenlemeleri alınarak ISO tarafından üretilmiştir. GRPE dökümanları içinden alınmış ve silindir standardı olarak basılmıştır.

Gaz kompozisyonu özel bir başlık altında irdelenmiştir. Özellikle partikül boyutu ve su içeriği önemli faktörlerdir. Bu özellikler ISO15403 nolu CNG'ler için doğal gaz kalitesi adlı standartta ele alınmıştır (Oester, 2000).

### 6.1.11 Arjantin standartları ve uygulama kodları

CNG dönüştürme işlemlerini ve pompa istasyonu inşaatını düzenleyen Standartlar Prensa Vehicular tarafından düzenlenmiştir.

Genellikle ücretsiz olarak dağıtılırlar. Toplam olarak “Normas para el uso de gas natural comprimido en automobiles” adı altında bir kitap içinde düzenlenen beş standart bulunmaktadır.

Bu standartlar şunlardır:

- **Norma GE No 1-115:** Düzenlemeler, tanımlar, teknik özellikler ve prosedürler. Teknik bilgiler kayıtlı tüm üretici ve ithalatçı kategorileri tarafından verilecektir.
- **Norma GE No 1-116:** Araçlarda komple sıkıştırılmış doğal gaz ekipmanı ve test prosedürlerinin tesisatı için standartlar ve minimum emniyet ve teknik spesifikasyonlar.
- **Norma GE No 1-117:** Komponentler için araç karbüratör sistemlerinde ve çalışma ekipmanlarındaki sıkıştırılmış doğal gaz ile birlikte çalışmak üzere tasarlanmış teknik standartlar.
- **Norma GE No 1-118:** Doğal gazın sıkıştırılma, depolama ve dağıtılması tesisatı için standartlar ve minimum emniyet ve teknik spesifikasyonlar (Güncelleme tarihi 1992).
- **Norma GE No 1-119:** Parklar ve garajlar. Sorunlar ve kazalar. Sıkıştırılmış Doğal Gaz için dolun prosedürleri.
- **Norma GE No 1-141:** CNG yakıt dolun istasyonları için sıkıştırma ekipmanı.
- **Norma GE No 1-1142:** Silindir yada tüp gruplarında toplu CNG nakliyesi için düzenlemeler.
- **Norma GE No 1-143:** Toplu CNG yükleme-tahliye tesisleri için projeler, inşaat, işletme ve bakım için geçerli ilgili standartlar.
- **Norma GE No 1-144:** CNG kaynaklı çelik tüplerinin periyodik kontrolü için teknik spesifikasyonlar.

## 6.2 Avrupa Doğalgazlı Araçlar Projesi (NGV Avrupa) ve NGV'lerin Trafik Sistemine Entegrasyonları

NGV Avrupa Projesi, tüm Avrupa'da şehir merkezleri ve çevrelerindeki 300 den fazla sayıda NGV hakkındaki görüşleri içermektedir. Proje konsorsiyumu 7'si Avrupa ülkesi (Belçika, Almanya, Fransa, İrlanda, İtalya, İsveç ve Hollanda ) olmak üzere 10 üyeden oluşan bir gruptur. 14 Avrupa şehri/belediyeler, 25'den fazla imalatçı ve gaz tedarikçisi direk olarak, pek çoğu da dolaylı olarak proje kapsamındadır (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

Taksiler, çöp kamyonları, servis araçları, dağıtım panelvanları ve otobüsler gibi, çok çeşitli tiplerde araç proje kapsamına alınmış ve yılda 4800 tonluk bir dizel tüketiminin doğalgaz eşdeğerine döndürüleceğini amaç edinmiş bir projedir. Bunun anlamı yıllık bazda 2,372 ton CO<sub>2</sub>, 162 ton NO<sub>x</sub>, 63,3 ton CO ve 37 ton partikül ve 7-10 dB'lik gürültünün azalmasıdır.

NGV Avrupa, karşılaştırmalı, koordine edilmiş bir programla toplanan verilerin ilişkilerini ve ortak paydalarını bulan bir projedir. Özellikle geniş bir araç portföyüne sahip olması çok iyi bir altyapı oluşturmuştur. Programın sonucu, doğalgazlı araçların ekonomik fayda ve çevresel fayda adı altında 2 başlık hedefe yaklaşmaktadır. Proje kamunun maksimum katılımını sağlayan ve iletişim için ayrı bir efor gerektiren ve en temel amacının farklı tip araçlardaki olabilecek en geniş pazar uygulamaları konusunda NGV'lerin ilerlemesini ve gelişmesini sağlamaktır. NGV, taşımacılık ve özellikle de şehirlerde merkeze yakın uygulamalarda temiz bir oluşum içermektedir. Politikacılar ve avrupa vatandaşları şehirlerdeki araç sayılarının artmasına, düşük emisyon oranı ile dikkat çeken NGV'leri hava kalitesinin etkilenmesini engellemek için teklif etmektedirler.

NGV Avrupa proje yönetimi Electrabel, MVV Innotec GmbH, ENGVA ve TNO'dan oluşmaktadır. MVV genel proje yönetimi ve NGV'lerin ekonomikliği konusunda çalışan grubu yönetmekte, ENGVA ve TNO ise projenin çevresel faydalılığı konusundaki yayınların dünyaya ulaştırılmasını sağlamaktadır.

Karşılaştırmalı NGV Avrupa Emisyon Testi Programı emisyondaki potansiyel düşümü elde edilen verilerden dizayn edilmiştir. Amacı farklı yakıtlarla fayda/maliyet analizi yapmak, emisyon verileri hakkında otoriteleri bilgilendirmektir. Karşılaştırmalı emisyon verileri yolcu araçları, taksiler, panelvanlar, kentiçi ulaşım otobüsleri, çöp toplama araçları gibi çok sayıda ve farklı araçlardan alınarak toplanmıştır.

Avrupa Doğalgaz Emisyon Testi Programı Projesi geleneksel yakıtlar benzin ve motorinle

NGV'leri karşılaştırarak sonuçları açıklamaktadır. Olabildiğince fazla araç tipi üzerinde ve mümkün olan en fazla kullanımla birlikte farklı pazarlarda kullanımını bu projeyi daha gerçekçi hale getirmektedir.

Aynı zamanda bu konsorsiyum, Avrupa Birliği tarafından organize edilen Hedefli Taşıma Projesi içinde de ortak girişim faaliyetinde bulunmaktadır.

Konsorsiyum üyeleri yılda 2 kez düzenli olarak toplanmaktadırlar. İlk konsorsiyum toplantısı 14.11.1997'de Electrabel,Brüksel' de yapılmıştır. Projenin ilk yılı boyunca, tüm organizasyon ve yönetim soruları ayrı ayrı gruplandırılmıştır. Proje iyi bir şekilde programlanmıştır. Ağır iş makinaları, otobüsler, taksilerden oluşan 150 araç ve yaklaşık 50 farklı tipte araç sipariş edilmiştir.

### **6.2.1 Belçika projesi,Electrabel**

Bu proje Mechelen, Ivago(Gent) ve Ixelles şehirlerini içermektedir. Electrabel, Belçika projesinin koordinasyonundan sorumludur ve Belçika projesi de tüm Avrupa doğalgaz projesinin koordinasyonundan sorumludur (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

### **6.2.2 Mechelen projesi**

Projede şehirde halen varolan 16 ağır iş makinasının doğalgaz dönüşümünün gerçekleştirilmesinin yanında, 16 yeni tek yakıtlı doğalgazlı panelvan servis aracı satın alınması amaçlanmıştır.

Çevrimi yapılan 16 ağır iş makinasından iyi sonuç almak özellikle diğer tek yakıtlı araçlara göre daha zor olmaktadır. Özellikle yeni 9 adet daha araç alınması ve toplam araç sayısının 25'e çıkarılmasına karar verilmiştir.

Tüm ekstra maliyetler, Avrupa Birliği Komisyonu ve Elektrabel tarafından oluşturulan fon tarafından karşılanmak üzere Mechelen şehrine istenen miktarda doğalgaz alınmıştır. Electrabel doğalgaz dolum istasyonu inşaatı ve işletmesini de üstlenmiştir. İstasyona yer seçilmesi esnasında özellikle işletimi süren ve çoğunlukla çöp kamyonlarından oluşan doğalgazlı araç filosunun isteği üzerine kolay ve güvenli ve şehrin ana girişinin yakınında bir nokta seçilmiştir.

İlk olarak hizmet kalitesinin yüksek tutulması amacı ile hızlı dolum istasyonu dizayn edilmiştir. Bu aynı zamanda CNG'nin depolanacağı bir depolama sisteminin bulunması

anlamına gelmektedir. Dolum boyunca, kompresör doğalgazı direk olarak akış oranı 1200m<sup>3</sup>/h olmak üzere depolama sisteminden almaktadır. Bu da bir kamyonun 80 litrelik yakıt silindirinin 7 dakika da doldurulması anlamına gelmektedir.

Şehirdeki bu hızlı dolum istasyonunda geleneksel sıvı yakıtlar olan benzin ve dizelle karşılaştırıldığında hiçbir problem yaşanmamıştır. İstasyonda 2 kademeli hidrolik kompresör kullanılmıştır. 250nm<sup>3</sup>/h kapasiteli bu kompresörün yükleme basıncı 210 bardır. Gaz 2 silindirden geçerek geometrik hacmi, 2 kademeli kompresörün pistonunun ileri ve geri hareketleri ile sıkıştırılarak düşürülür ve son basıncı 250 bar'a yükseltilir. Her bir silindirin sonrasında gaz, gaz/su ısı değiştiricisinde soğutulur. Piston, 55 KW kapasiteli elektrik motoru ile çalışan 2 yağ pompası ile aktif hale getirilir. Nominal hız 25 devir/dakika'dır.

Kompresör ve hidrolik pompalar, absorbe değeri 12Db(A) olan gürültüye karşı koruma izolasyonlu 2 ayrı konteynır içine kurulmaktadır. İstasyon bölgesinde yapılan ölçümler, arka planda 55Db(A)'lık bir gürültü seviyesi tespit etmişlerdir. Gaz içeriğinde oldukça az su içermektedir.

Depolama Sistemi 72 adet silindirden oluşmaktadır. Her bir tüpün su kapasitesi 50lt olup toplam 3600lt'dir. Bu 810nm<sup>3</sup> doğalgaz depolamaya yetecek kadar bir hacmi ifade etmektedir. Hızlı dolum konumunda sistem 600nm<sup>3</sup>/h gaz dağıtırken, her 6 dolunda her bir tüpün 100nm<sup>3</sup> gazı sisteme verdiği görülmektedir. Her bir dolum 4 dakikadan az bir zaman almaktadır.

İstasyonda tek hortumlu hızlı dolum dispenser'i kullanılmıştır ve ölçüm ünitesi sisteme kurulmamıştır.

Volvo marka 1 adet kamyon, 1 adet atık toplama kamyonu ve 10 adet Peugeot marka araç dizelden doğalgaza dönüştürülmüştür (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

### 6.2.3 Ivago (Gent) projesi

Özellikle bu proje kent içi atık toplama yönetimi ve temizlik sistemini desteklemek amacıyla gürültü kirliliği ile mücadeleyi amaç edinmiştir. Kentte bulunan 34 adet atık toplama aracının doğalgaza dönüşümü gerçekleştirilerek servise alınmışlardır. Yakıt tüketimleri ve bakım verileri sürekli gözlem altında tutulmaktadır.

Gent, Brükselin yaklaşık 60km güney batısında bir şehirdir. Bu şehire de proje kapsamında doğalgaz dolum istasyonu inşaa edilmiştir. Dolum istasyonu hızlı ve yavaş dolum istasyonu

kombinasyonudur. Akış oranı ve şehirdeki işletme ihtiyaçları hesaplanarak kurulmuştur. Maksimum dolum zamanı (Hızlı Dolum) bir aracın yeniden dolumu ile sınırlandırılmıştır. İstasyonun giriş borulaması 15 bar basınca göre dizayn edilmiştir.

Mechelen projesinde araç dönüşümleri ile ilgili devam eden problemler nedeni ile Ivago Yönetim Kurulu tarafından araçların doğalgaza dönüştürülmemesi kararı alınmıştır. Dönüşümleri yapılan 34 aracın üzerinden dönüşüm kitleri sökülerek dönüşüm iptal edilmiştir.

Dolum İstasyonunda gazı istenilen basınca yükseltmek için hidrolik kompresörler mevcuttur. Çift hortumlu 17 yavaş dolum ve tek hortumlu 1 adet hızlı dolum dispenseri bulunmaktadır. Yavaş dolum konumunda  $3900\text{nm}^3$  doğalgaz, 12 saat içinde sisteme yüklenmiş olmalıdır. Bu kapasite ortalama  $325\text{nm}^3/\text{h}$  lik akış oranı ve hem kompresör hem de depolama kapasitesini göstermektedir. Hızlı dolum konumunda 2 atık toplama aracının her biri  $10\text{nm}^3$  olarak hesap edilerek araç başına dolum süresi 6 dakika olarak tespit edilmiştir. Dolum alanında NGV hızlı dolum dispenseri ve dizel pompası tek bir çatı altına yerleştirilmiştir.

#### 6.2.4 Augsburg-Almanya

Augsburg kamu taşımacılığı otobüs filosunun yaklaşık 140 adedi doğalgaza çevrilmiş olan ilk Alman şehridir. Almanların NGV'lerle tanışmasında model şehir olmuştur.

İlk olarak 8 adet Man 232 CNG ve 9 adet Man NL 232 CNG otobüsleri ile dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Bu otobüsler düzenli olarak hatta çalışmaktadırlar. Man Salzgitter tarafından üretilmişlerdir. E2886 UH seri nolu katalitik dönüşüm, 12lt hacimli ve 170KW gücündeki motor kullanmaktadırlar (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

1996 yılından beri hatta çalışan tüm bu otobüsler halen 150.000-200.000 km aralığında olup, periyodik bakım haricinde doğalgazlı kullanımdan kaynaklanan bir arızaya sahip değildirler. Augsburg'a 13 adet Man NG 313 CNG otobüs daha alınmıştır. Özellikle kamu taşımacılığında doğalgazı kullanan şehirde ana dolum istasyonu da otobüs garajında bulunmaktadır. Bu dolum istasyonu aynı zamanda halka açık hizmet vermektedir. Gerçekte henüz Augsburg otobüs filosunun %20'si doğalgaza dönüştürülmüştür. Dolum istasyonu genişletilmiş olmalıdır. Bu genişleme 2. dolum ünitesi ve istasyonun gücünü yaklaşık %50 arttırabilmek için 2 ek hidrolik kompresörden oluşan bir paketi içermektedir.

Şehirde 1,2milyon litre dizele denk yaklaşık 1,1milyon  $\text{m}^3$  doğalgaz satılmıştır. Bu dönüşüm sayesinde yaklaşık 50 ton/yıl Nox, 20 ton/yıl CO, 3 ton/yıl SO<sub>2</sub> kirliliğinden kaçınılmıştır. Bu proje halen test konumunu sürdürmektedir. Sıkıştırma kapasitesinin yaklaşık %50 genişlemesi

sistemi 1600nm<sup>3</sup>/h lik kompresör kapasitesine ulaştırmıştır. Otobüs garajına ikinci doğalgaz dispenserini yerleştirilmiştir. Bu sayede dolum esnasında temizleme ve bakım hizmetlerini de alabilecek olan otobüslerin işletme performansları de dizel otobüslerle aynı seviyeye çıkacaktır.

Çizelge 6.1 Augsburg projesi emisyon düşümü değerleri görölmektedir. Emisyon oranları ECE R 49 standardı kapsamında 13 bölümden oluşan testlerle ölçölmüştür (The Thermie NGV avrupa projesi-Augsburg Almanya).

Yıllar	1996	1998	2005
Otobüs Sayısı	17	30	93
<b>Emisyon Düşümü</b>			
Karbon Monoksit (CO)	9,5	18,2	58,2
Nitrik Oksit (Nox)	24,6	47,1	151,1
Hidrojen Karbonları(HC)	2,4	4,5	14,6
Partiküller(SO <sub>2</sub> )	1,3	2,4	7,8

Daha önce de bahsedildiği gibi temiz yanmalı ve 228KW gücünde 13 adet yeni doğalgazlı otobüs satın alınmıştır. Bu arada mevcut olan dolum istasyonu da modife edilmiştir. şu anda her 2 kompresörde otobüsleri direk olarak doğalgaz şebekesinden doldurmak için birbirlerine paralel olarak çalışmaktadırlar. Dolum istasyonu saatte 10 otobüs doldurmaktadır ve daha sonra da diğer istasyon devreye girmektedir. Bu sayede filodaki tüm otobüsler 6 veya 7 saatte doldurulabilmektedir. Fakat her 6 otobüsün ardından 60 dakika dinlenme periyoduna ihtiyaç duyulmaktadır. Dolum istasyonunun genişletilmesi planlanmaktadır.

Otobüslerin çatısına ek olarak 4 adet gaz tüpü yerleştirilmekte ve yaklaşık dolum başına 450km yol yapmaları sağlanmaktadır ( yedeklerle beraber toplam 12 silindir olmak üzere).

Bu pahalı teknoloji ile araç için gereken yakıt kapasitesini sağlayabilmek için otobüslerdeki boşluk hacminin azaltılması düşünölmektedir. şehirdeki dolum istasyonu 2 kademeli, su soğutmalı, pistonlu kompresör ve bir dolum ünitesinden oluşmaktadır ve toplam dolum kapasitesi 1080nm<sup>3</sup>/h' dir.2 paralel kompresörün paralel çalışması sistemi ile genişletilen dolum istasyonu kapasitesi 1600nm<sup>3</sup>/h'e çıkarılmıştır.

Yağ ve ateşleme bujileri değişimi 30.000km'dir. Ancak bu araçlarda her beş yılda bir

yapılması zorunlu olan yakıt silindirlerinin test edilmesi oldukça sorunlu olmaktadır.

Proje kapsamındaki ilk 17 otobüs sürekli olarak birliğe rapor edilmektedir. TUV Rheinland gözetiminde emisyon ölçümleri de yapılan bu araçların test sonuçları Alman Federal Çevre Bakanlığına düzenli olarak bildirilmektedir (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

### 6.2.5 Poitiers,Fransa

Poitiers şehrinin taşımacılığını yapan ve aynı zamanda proje yönetici organizatörü olan şirket olan TDP (The District of Poitiers) 1965 yılında kurulmuş olup, Fransa'nın en eski kurumlarından. Şehir hem tarihi yönü hem de nüfusunun yaklaşık %40'ının (30.000 kişi) 25 yaş altı olması yani öğrencileri ve okulları ile ön plana çıkmaktadır.

Şehirdeki toplam otobüs şebekesi uzunluğu 368km olup, 759 adet otobüs durağı bulunmaktadır. Doğalgazlı otobüsler şehir içi bölgelerde işletilmekte ve 2 adet hatta çalışmaktadırlar. Kısa olan(4,5km)ve ikincisi şehir merkezinden üniversiteye bağlantı kurmaktadır. (9,2km) (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

22 araç (17 RVI,5 Heuliez Otobüs) 1999 yılından beri çalışmaktadırlar. Filoya yeni katılan 5 adet otobüs ile yavaş dolun istasyonundaki park alanı tamamen dolmuştur.

Dolun İstasyonunun bakımında özel bir problem yaşanmamıştır. Ancak istasyonda gaz kurutucu ihtiyacı sürmekte ve kompresör yağ filtresine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ortalama gaz tüketimi ( $56\text{nm}^3/100\text{km}$ )(Aylık ortalama tüm filonun tüketimi 54,1 ile 58  $\text{nm}^3/\text{ay}$ )'dır. Dizel tüketimi, yolcu sayısı, trafik yoğunluğu, dış hava sıcaklığı gibi etkenlerden dolayı aylara göre değişkendir.

Yakıt maliyetleri karşılaştırıldığında doğalgazın dizelden daha ucuz olduğu görülmektedir. Bu maliyetler kompresörün bakım ve elektrik maliyetlerini de içermektedir. Aylık gaz tüketimi  $45.000\text{nm}^3$  olduğunda, ekonomik dengeye ulaşılmıştır. Bunun anlamı  $4700\text{km}/\text{ay}$  üzerinden 16 otobüsün doğalgaz kullanmasıdır. Bu dengeye, 1998-1999 yılları boyunca pazarda dizel yakıtın fiyatının vergilerinin artması sebebiyle de artması,yine aynı yıllarda NGV otobüsler için gaz fiyatlarının indirilmesi, sebepleriyle beklenilenden önce ulaşılmıştır. Bu indirimle doğalgazın fiyatı  $0,11\text{FRF}/\text{nm}^3$  seviyesine düşmüştür. ( $3300\text{FRF}/\text{nm}^3/\text{otobüs başına yıllık}=500\text{Euro}$ )

Bağlantı GDF'in 20 bar servis basıncındaki gaz işletmesine bağlıdır. Yavaş dolun 5' li gruplarla yapılmaktadır. Zamana bağlı kontrolü gece işletmesi için dizayn edilmiştir. Orta

hızlı dolum acil ihtiyaçlarda ve harici kullanımlarda kullanılmaktadır.

Hacimsel gaz ölçümü ile bazı problemler yaşanmıştır. Harici gaz ölçeri ile kompresör arasına titreşime karşı tank koymak gerekmektedir. Diğer bir fransız şebekesindeki hızlı dolum deneyimi göstermiştir ki bir otobüsü 3,3 dakikadan daha az bir sürede doldurmak mümkün değildir. Hızlı dolumun en büyük dezavantajı gaz sıcaklığının tank komple dolana kadar sınırlandırılmış olmasıdır. Otobüslerin dolum zamanı daha kısadır, gaz sıcaklığı dolum boyunca düşmez ve sonuçta dolumdan 4 ve 5 saat sonra düştüğünde gaz miktarı da gerçek tank kapasitesinin %15-20 altında olacaktır. Yavaş dolumda ilk dolumu tamamlamak için 2. kez kısa bir dolum yapılmaktadır.

Otobüs işleticileri ile otobüslerin bu boş alan problemlerini çözmek için pek çok teknik uyarlamalar yapılmıştır. Bu teknik sorun hem motor hem de gaz kalitesinin artırılması ile çözülememiştir.

Araçların normal işletme periyodunda otobüslerden biri sürekli tamamen bakım periyodunda bulunmakta, elektronik kontrol kartı değişimleri ve bazı testlerden sonra sorun kalmamaktadır. Üreticiler tarafından yapılan güvenlik ayarları haricinde kompresör istasyonu için bu periyot boyunca bakım ihtiyacı bulunmamaktadır. Otobüslerin bakımları işletmecileri tarafından sürekli kontrol altında yapılmakta, ancak yüksek basınç altında çalışan kısımların testine mekanik olarak izin verilmemekte, bu bakım özel hazırlanmış bakım prosedürlerince yetkililerce yapılabilmektedir (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

Gaz istasyonunun sorumluluğu gaz tedarikçisi GDF'in sorumluluğu altındadır. Bakım talepleri sözleşme hükümlerince olabildiğince hızlı bir şekilde tamamlanmış olmalıdır. Bu kontrol hükümlerince, Özellikle ilk gazlamanın ardından 3 ay boyunca istasyonun bakımı günlük periyotlarda yapılmakta, 3 ay sonunda haftalık bakım periyoduna geçilmektedir.

Bu bakım raporları, proje kapsamında ziyarette bulunulan tüm otobüs işletmeleri ve dolum istasyonları için ayrı ayrı sınıflandırılmış ve teknik sonuçlar toplanmıştır. CNG'li otobüslerin dizel otobüslerle yakıt tüketim, yağ tüketim gibi verileri karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir. Tüm bu veriler özel bir bilgisayar programında bir araya getirilerek dizel ve CNG'li otobüslerin kontrol bakım maliyetleri karşılaştırılmıştır.

GDF bu ilk raporlama çalışmasında tüketim miktarlarını aylık bazda raporlamıştır. Özellikle Ocak-Mayıs döneminde ortalama tüketim  $54 \text{ nm}^3/100 \text{ km}$  olarak bulunmuştur. Aylık bazı tüketimler 53 ila  $58 \text{ nm}^3/100 \text{ km}$  aralığında değişmektedir. Bu tüketim farklılıklarını kesin

sonuçlarla ifade etmek mümkün olmamakla birlikte genel tahminler ve sebepler aşağıda açıklanmıştır.

Özellikle yavaş dolun ünitesi istasyonlara adapte edilinceye kadar geçen ilk altı aylık sürede gaz tüketimi sistematik olarak ölçülmüştür. İlk üç ayın sonunda tüketim  $52-53 \text{ nm}^3/100\text{km}$  değerinde sabitlendiği görülmüştür. İlk üç aylık dönemdeki yüksek tüketim yeni gaz motorlarının adaptasyonuna bağlanmıştır.

Gazlı otobüsler ile dizel otobüslerin ölçümleri Ağustos 1998 boyunca revize edilmiştir. Ortalama olarak  $1,3\text{nm}^3/\text{h}$  gaza karşılık 1lt dizel yakıtı ihtiyaç duyulduğu görülmüş ve beklenen  $1,45\text{nm}^3/\text{h}$  değerinin altında oluşu gaz tüketiminin de yine 100km başına daha düşük olmasını sağlamıştır.

Şehirdeki 4 otobüs hattı üzerinde ölçümler sürdürülmüştür.

Çizelge 6.2 Şehirdeki 4 otobüs hattı üzerinde yapılan gaz tüketim ölçümleri sonuçları (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

Hatlar	Tüketim / 100km $\text{Nm}^3/\text{h}$			Tüketim / gün $\text{Nm}^3/\text{h}$		
	Ortalama	Maksimum	Minimum	Ortalama	Maksimum	Minimum
2A	55,6	61,1	51,7	111,8	124,1	75,2
2B	53,3	60,4	51,1	127,6	136,5	116,5
4	50,7	55,3	43,0	83,3	93,5	70,0
7	51,5	55,9	42,8	85,5	92,9	71,0
9	50,7	62,4	43,0	112,4	142,8	70,0
Toplam	52,1	62,4	42,8	105,7	142,8	70,0

Aynı metodoloji ile dizel tüketimi de ölçülebilmektedir. Kış ayları boyunca özellikle yukarıdaki kıstaslara da dikkat edilerek otobüslerin hem dizel, hem doğalgaz tüketimleri ölçülürken, her 2 yakıt için elde edilen tüketim değerleri karşılaştırıldığında özellikle kış ayları boyunca hava şartlarının da etkisiyle trafikte daha çok dur/kalk olması ve aynı dönemde yaz aylarına göre daha çok yolcu taşınması, daha çok yakıt tüketiminin gerekçeleri olarak

gözükten ana unsurlardır.

Aşağıda aynı hatlarda ölçülen dizel tüketimleri ve dizel/doğalgaz karşılaştırılması verilmiştir. Şehirde otobüs başına ortalama aylık 4424km yol yapıldığı görülmektedir.

Çizelge 6.3'te Şehirdeki 4 otobüs hattında çalışan dizel yakıtlı araçların tüketim değerleri verilmiştir (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

Hatlar	Tüketim / 100km lt.			Tüketim / gün lt.		
	Ortalama	Maksimum	Minimum	Ortalama	Maksimum	Minimum
2A	43,0	45,9	39,1	91,2	102,9	80,6
2B	42,8	47,8	37,3	94,0	100,2	85,4
4	40,3	44,7	35,6	69,1	77,3	60,6
7	39,0	42,8	33,5	69,5	100,8	56
9	39,4	47,7	32,9	93,1	124,4	68,8
Toplam	40,5	47,8	32,9	85,3	124,4	56,0

Çizelge 6.2 ve 6.3 aşağıda Çizelge 6.4' te karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 6.4 Gaz/Dizel tüketimlerinin oranlanması (5<sup>th</sup> Technical Interim Report, 2000).

Hatlar	NGV	Yakıt(Dizel)	Gaz/Dizel Oranı
2A	55,6	43,0	1,29
2B	56,2	42,8	1,31
4	50,7	40,3	1,26
7	51,5	39,0	1,32
9	50,7	39,4	1,29
Toplam	52,6	40,5	1,29

Sonuç olarak aylık bazda doğalgazlı otobüslerin 50.000nm<sup>3</sup>'lük tüketime karşılık yaklaşık 90.000km yol aldıkları ortaya çıkmıştır. Mayıs ayındaki tüketim miktarı diğer aylara göre % 6-7 daha yüksektir. Bu da özellikle şehirde mayıs ayında gazın kalorifik değerinin minimum seviyelerine indiğini göstermektedir.

Elektrik tüketimi ortalama olarak 0,125kwh/nm<sup>3</sup> gaz olarak ölçülmüştür. Gece boyunca dolmuş yapılan saatlerdeki elektrik tüketimi sıkıştırma maliyetinin oldukça altındadır.

### 6.3 CNG' lere Uygulanan Teşvik ve Sübvansiyonlar

Petrol ve petrol ürünlerinin fiyatlarının yanında genellikle tüm dünyada NGV'lerin rekabete devamlılığını sürdürebilmesi sağlanan teşviklerle mümkündür. Ek bir maliyet getirmekte ve genelde yatırımcısı tarafından yatırım maliyetinin 2-3 yıl içinde geri dönmesi beklentisi bulunmaktadır. CNG fiyatlarının petrol ve dizele göre (denk hacim hesabı ile) yaklaşık %30-%50 daha aşağıda olması şartıyla 2 ila 5 yılda geri dönüşümünü sağlandığı bilinmekle beraber çok çeşitli faktörlerin de önemli etkilerinin olduğu kabul edilmektedir. Dolmuşlar,taksiler,otobüsler ve çöp kamyonları gibi yüksek yakıt tüketimli araçlar için doğalgaz en iyi çözümdür. Fakat dolmuş istasyonu ağının genişlemesi kaçınılmaz bir gerektir.

Yakıt ve vergilendirme NGV'lerin ekonomikliğinde önemli kritik bileşenlerdir. Örneğin Avrupa'da petrol ve dizel fiyatlarının ortalama %51 ila %83'ü vergidir. Bu aralıklarda vergi düzenlemeleri ile fiyatların düşürülmesi önemli bir teşviktir. Belçika ve İrlanda'da araç yakıtı olarak kullanılan doğalgazdan vergi alınmamaktadır. Yine İtalya'da 1999 yılına kadar doğalgaza vergi uygulanmazken son yıllarda petrol ve dizele göre daha düşük oranda olmak üzere vergi uygulaması başlatılmıştır. Yakıtlar üzerinde vergi düşümünü İsveç,Almanya,İngiltere ve sınırlı miktarda Hollanda uygulayarak tüketim artışını özendirme çalışmaları başlatmışlardır. Arjantin ve Kore'de uygulanan vergi oranları NGV pazarının gelişiminde önemli bir etken olmuştur. NGV'lere teşvik uygulamasının bir diğer avantajı da özellikle ülke bazında emisyon değerlerinin düşürülmesi amacıyla teşvik uygulanması ve bu uygulamaların NGV pazarına destek vermesidir (Vettori, 2000).

NGV kullanıcılarını arttırmak için finansal olmayan teşvik edici çözümlere de başvurulmuştur. Örneğin; İsveç'in Göteborg şehrinde kamu parklarına elektrikli ve doğalgazlı araç kullanıcılarının park etmesi serbest bırakılmıştır. Paris'te özellikle kirliliğin alarm verdiği günlerde petrol ve dizelle çalışan özellikle eski model araçların kullanımı ve şehir içine girişi yasaklanmıştır. Fakat NGV,LPG ve elektrikle çalışan araçlara herhangi bir kısıtlama

getirilmemiştir. Amerika'da yine hava kirliliğinin arttığı günlerde kentsel alanlarda bir araçta en az 2 veya 3 kişi olmadan trafiğe çıkış izni verilmezken, temiz yakıtlı araç kullanıcılarının tek başına trafiğe çıkmalarına izin verilmektedir. Bu tip teşviklerde NGV'lerin ticaretleştirilmesini daha güçlü ve etkili hale getirmektedir. %5-%10 aralığında bile sübvansede edilmesi ve diğer destek programları NGV pazarını dünyada çok olumlu etkilemiştir. Petrol fiyatlarının yükselişi veya insan sağlığı ve emisyon verilerine olumlu etkisi pazarlarının gelişimini destekleyen diğer faktörlerdir.

Bazı OEM satıcıları NGV'lerin benzin ve dizel motorlu araçlar kadar kolaylıkla kiralanabileceğini belirtmektedirler. NGV'lerin işletilmesine izin verildiği sürece kiralama için de özel bir problemde gözükmemektedir. Bazı kısa süreli kiralama şirketleri NGV'leri tekliflerinin içinde müşterilerine sunmaktadır. Çoğu kiralama şirketleri grup halinde çok sayıda araç kiralaması yapan ticari müşterilerine henüz NGV'leri teklif etmemişlerdir. Bununla birlikte doğalgaz dönüşüm sistemi bulunan bir araçtan bu kit çıkarıldıktan sonra araç yeniden petrol kullanabilir hale geri dönebilmektedir. Hatta bu kit sistemi başka bir araca tekrar takılabilmektedir. Müşteriler açısından özellikle merak edilen bu konu doğalgazlı araçların kiralanması açısından sorun olarak gözükmemektedir. Dolum istasyonlarının alt yapısı genişledikçe hiç kuşkusuz kiralama şirketleri de NGV seçeneklerini ön plana çıkaracaklardır.

Dolum istasyonu işletmesi genişlemeden kullanılmış bir doğalgazlı araca müşteri bulmak oldukça zordur. Özellikle bir ticari araç filosu içerisindeki bir aracın kullanım ömrü 3-5 yıldır ve genellikle yüksek kilometre, ufak parça arızaları veya yenileme amacı ile servis dışı kalırlar. Bu tip araçların kullanıcıları genellikle standart bakım onarımlarına aynı zamanlarda getirilmektedirler. Doğalgazlı araçların 2.el piyasasının arttırılması için yapıcı çözüm önerileri sunulabilir. Yerel yönetimler kullanılmış NGV satın alacaklara kolaylıklar sağlayabilirler. Özellikle temiz kullanılmış araçların ilk doğalgaz dönüşüm maliyetleri enerji şirketlerince üstlenilerek, petrolle çalışan araçlarla ilk maliyetleri karşılaştırıldığında eşit seviyelerde, diğer taraftan ucuz yakıt kullanılmasıyla avantajlı olduğu ön plana çıkarılabilir.

Doğalgazlı araç filosuna sahip şirketler araçlarını çalışanlarına satabilirler Bu araçlar hem hızlı, hem de yavaş dolum yöntemleri ile tekrar dolum yapılabilir.

NGV dernekleri doğalgazlı araçların tanıtımı için kendi internet siteleri aracılığı ile insanlara ayrıntılı bilgiler sunarak araçların kullanımını arttırabilirler (Vettori, 2000).

Farklı ülkelerde NGV'lerle ilgilenen doğalgaz endüstrisi yakıt tedarikçileri, ulusal veya yerel hükümetler, ekipman tedarikçileri ve çevresel organizasyonlar olmak temelde 4 söz sahibi

grup vardır ve temiz yakıtlar konusuna ortaklaşa katılımları ticarileştirme süresini kısaltabilir. Temiz yakıtlar için ekstra ücret ödenmesi gerektiği herkes tarafından bilinmektedir. Ancak kimse pazar sahiplerine düşen payın fazlasını ödemek istememektedir. Tüketiciler kısa vadedeki fiyat politikalarını ve NGV teknolojilerini bilmek istemektedirler. Bu noktada özellikle yakıt tedarikçileri ve hükümetlerin destekleri çok önemlidir.

Sonuç olarak gerek uygulanan gerekse de uygulanması gereken teşviklerle NGV'ler tüm dünyada kısa zamanda gerçek değerine kavuşacak ve belki de kentte yaşayan insanların da ortalama ömürlerinin de artmasında etken olacaklardır.

NGV' ler konusunda dünyada söz sahibi durumundaki ülkeler arasında yapılan değerlendirilme aşağıda ülkeler bazında verilmiştir.

### 6.3.1 Belçika



Şekil 6.1 Belçika'daki teşvikler (Seisler, 8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).

Araç yakıtı olarak doğalgazda tüketim vergisi veya katma değer vergisi uygulaması yoktur. Araçlara doğalgazın satışını yalnızca kamu şirketleri yapmaktadır. Yakıt vergileri konusu gelecekte otoritelerce yeniden ele alınacak ve karara bağlanacaktır.

### 6.3.2 Almanya

1996 yılında araç yakıtı olarak kullanılan doğalgazın vergisinde 47,6DM/Mwh 'dan 18,7DM/Mwh seviyelerine kadar yapılan indirim 2009 yılının sonunda sona erecektir. Vergi

teşviği su yolu ve havayolu taşımacılığında uzatılacaktır. Petrol bugünlerde ülkede yaklaşık litresinde 1,25 DM vergi ile birlikte 1,70DM/lt, dizel yakıtı yaklaşık 1,10 DM vergi dahil 1,25DM/lt.' dir. Doğalgaz'da 0,20DM/kg vergi dahil fiyat 0,90DM/kg (yaklaşık 1,2 m<sup>3</sup>) mertebesindedir. (Vettori, 2000)

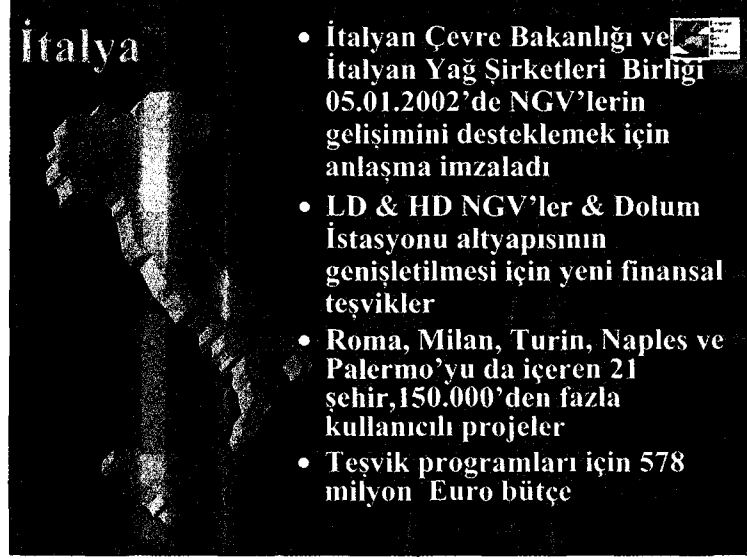


Şekil 6.2 Almanya'daki teşvikler (Seisler, 8<sup>th</sup> conference proceedings, 2002).

### 6.3.3 İrlanda

Araç yakıtı olarak doğalgaz da tüketim vergisi bulunmamaktadır. Fakat gaz şirketleri dışında tüketicisi yoktur. İrlanda gaz şirketi özellikle şehiriçi bölgelerde ulaşımda cazibesini sürdürmesi için NGV'lerden sıfır vergi alınması kararını sürdürmektedir.

### 6.3.4 İtalya



Şekil 6.3 İngiltere'deki teşvikler (Seisler, 8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).

1999 yılından itibaren İtalyan Meclisi araç yakıtı olan doğalgaza vergi uygulaması başlatmıştır. Yeni yapıya göre;1999 yılında 21 ITL/m<sup>3</sup>, 2000 yılında 34,16 ITL/m<sup>3</sup>, 2001 yılında 47,34 ITL/m<sup>3</sup>, 2002 yılında 60,51 ITL/m<sup>3</sup> vergi uygulanmıştır. Ayrıca 2003 yılında 73,66 ITL/m<sup>3</sup>, 2004 yılında 86,83 ITL/m<sup>3</sup> ve 2005 yılında 100 ITL/m<sup>3</sup> vergi uygulanması program dahilindedir(Cacudi, 1999).

### 6.3.5 İsveç

1995 yılında doğalgaz ülkede normal vergi dilimlerinin dışına çıkarılmıştır. İsveç hükümeti 1.Ocak.2000 tarihinden itibaren yeniden belirlediği tarife ile doğalgaza 1033SEK/1000m<sup>3</sup> vergi uygulamaktadır.

### 6.3.6 İngiltere

Doğalgazda Avrupa'da uygulanan minimum verginin yaklaşık 4 katı olan 33,14 pence/kg olarak vergi uygulanmaktaydı. 28.Kasım.1995'de vergi oranı %15 indirilerek 28,17 pence/kg rakamına düşürülmüştür. Son olarakta 10.Mart.1999'da dizel ve benzinin vergi oranları %14 ve %9 oranlarında arttırılırken, doğalgazda %29 oranında düşürülmüştür.

### 6.3.7 Japonya

Araç yakıtı olarak doğalgaza vergi uygulamasının olmadığı ülkede hem hükümetin hem de

yerel doğalgaz endüstrisinin güçlü desteği ile CNG konusunda hızlı bir gelişim gösterilmiştir. CNG konusundaki araştırma ve geliştirme faaliyetlerine bugüne dek 25.000.000 USD'lik harcama yapıldığı ifade edilmektedir. Bu desteğin önemli bir kısmı da ülkedeki yerel yönetimlerin tanıtım faaliyetleri, standart oluşturulması, dolun istasyonu inşası ve motor teknolojileri geliştirme çalışmaları ile hem kamu kesimi hem de özel sektörden gelmiştir. Japon doğalgaz endüstrisinin verilerine göre bugün ülkede 4400 NGV ve 62 dolun istasyonu bulunmaktadır (Sato, 2000).

### 6.3.8 Çin

Araç yakıtı olarak doğalgaza vergi uygulamasının olmadığı ülkede yaklaşık 6000 adet NGV ve 70 adet dolun istasyonu bulunmaktadır. Uygulamalar özellikle kamu taşımacılığında ve taksiler üzerinde artış göstermektedir. Araç dönüşümleri Amerika, Japonya ve Avrupa'da üretilen kitlelerle yapılmaktadır. Hükümet teknoloji transferi ile sektörel imalat yapılarak ihraç edilmesi için teşviklerini sürdürmektedir.

### 6.3.9 Mısır

BP Amoco gibi güçlü bir proje ortağı ile işe başlayan ülke ilk CNG dolun istasyonu alt yapısının geliştirilmesi ve potansiyel yeni müşterilere konunun tanıtılması amacıyla çalışmalarını sürdürmüş ve 4 yıl içinde sıfırdan 20.000 araç ve 35 dolun istasyonunu işletmeye almıştır (Chapel, 2000, 2002).

Araç dönüşümlerinde müşteri finansmanı kısmının da desteklenmesi amacı ile "Gas Card" uygulamasına geçilmiştir. Tüm müşteriler araç dönüşüm maliyetlerini gelirleri karşılığı kişiye özel kredilendirme sistemi içerisinde ödeyeceklerdir. Dönüşüm maliyetinin aylara bölünmesi ve kullandıkları yakıt miktarına göre ödemelerinden indirim hakkı kazanacak olan kart sahiplerinin kampanyaya büyük katkılarının olacağı düşünülmüştür.

Mısır için diğer önemli bir konuda EEAA'nın 63 milyon USD'lik sponsorluğunda çalışmalara başlanılan Kahire Hava Gelişim Projesidir. (CAIP). Proje kapsamında %100 CNG kullanımlı 50 adet otobüs Kahire Ulaşım Yönetimi ve Kahire Kamu Otobüs İşletmeciliğine verilmiştir (Chapel, 2000, 2002).

Petrol ve Çevre Bakanlığı konuya olan desteğini sürdürürken CNG dolun istasyonları ve araç dönüşümlerinin güvenlik ve performans derecesini arttırmak amacı ile araçlarda kullanılan doğalgaz ile ilgili spesifikasyonları içeren bir kararname yayınlamıştır. Bu konuda çalışmak

isteyen girişimciler Bakanlıktan izin almak zorundadırlar. Başvuru neticesi yeterli görülen şirketlere de bu konudaki yatırımlarına destek amacıyla 5 yıl vergi alınmaması için hükümetten izin alınmıştır. Mısır Hükümeti, Petrol ve Çevre Bakanlığı ve endüstri liderlerinin güçlü desteği ile konuda lider konumlu ülkelerden teknoloji transfer ederek dönüşüm kitleri imalatına da başlanılan ülkede hedefin bu konuda dünya liderliği olduğu ifade edilmektedir.

Sonuç olarak önlerine hedef koyan NGV'lerin fayda/maliyet analizini yaparak trafik sistemlerine entegre etmeyi amaç edinen ülkelerin bu konuda kısa zamanda hedefledikleri noktalara geldikleri görülmektedir. NGV'lerden aldıkları vergileri çevre kirliliği ile savaşta harcayan ülkelerin de tekrar bu konu üzerinde değerlendirme yapmaları gerekmektedir.



## 7. TÜRKİYE'DE DOĞALGAZ KULLANIMI ve İGDAŞ

Türkiye'de 1970'li yıllarda ilk rezervlerin tespiti ile, doğalgaz öncelikli olarak sanayide kullanılmaya başlanılmıştır. 1970'de Kumrular bölgesinde bulunan doğalgaz 1976'da Pınarhisar Çimento fabrikasında, 1975'de Çamurlu sahasında bulunan doğalgaz ise 1982'de Mardin Çimento Fabrikasında kullanıma girmiştir. Ancak rezervlerin sınırlı olması tüketimin de gelişmesini önlemiştir (İGDAŞ yılığı, 2000).

Kentleşme ve sanayileşmenin beraberinde getirdiğı çevresel olumsuzluklar 1980'lerden sonra Türkiye' yi de etkisi altına almış, enerji sektöründeki alternatif kaynak arayışları yoğunlaşmıştır. Türkiye doğalgaz ithalatı çalışmalarına ilk 16 Eylül 1984 tarihinde 84/8806 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile başlamış; 1 Ekim 1986'da başlayan 850 km'lik SSCB Türkiye Doğalgaz Boru Hattı'nın Nisan 1988'de tamamlanmasıyla ülkemizde doğalgaz kullanımına geçilmiştir.

Kentlerde doğalgazlı yaşama geçiş 1988 yılında Ankara'da EGO ile başlamış olup, 1992 yılında İstanbul'da İGDAŞ ve Bursa'da BOTAŞ doğalgaz hizmetlerini vermeye başlamışlardır.

Türkiye, enerji uzmanları tarafından dünyanın en hızlı gelişen on pazarından biri olarak gösterilmektedir. Ekonomik büyüme ve sınırlı doğal kaynaklar ülkemizin enerji üretimi için hammadde ithali gereksinimini arttırmıştır. Türkiye, stratejik konumu gereğı Orta Doğu ve Hazar Denizi doğalgaz üretim alanları ile Avrupa tüketim pazarı arasında bir köprüdür. Ayrıca ülkemizin kendisi de oldukça büyük bir Pazar durumuna gelmiştir.

Şu an itibariyle Türkiye'de İstanbul, Ankara, Bursa, Eskişehir ve İzmit'te kullanılabilen doğalgaz önümüzdeki yıllarda inşası tamamlanan ve ihale sürecinde bulunan yatırım projeleriyle 55 ilde kullanıma girecektir.

Doğalgaz'ın ithali ve şehirlere kadar dağıtımı hali hazırda BOTAŞ tarafından yürütülmektedir. Stratejik açıdan önemli bir kaynak durumuna gelen doğalgaz üzerindeki tek ülke bağımlılığını azaltmak için son dönemde İran, Nijerya, Cezayir, Mısır ve Türkmenistan ile doğalgaz anlaşmaları yapma yoluna gidilmiştir (İGDAŞ yılığı, 2000).

### 7.1 İgdaş'ın Kuruluşu

1984 yılında Bakanlar Kurulu kararı alınması ve 1988 yılında SSCB-Türkiye Boru Hattının bitirilmesi sonucu doğalgazın sanayi ve şehir şebekelerinde kullanılması hazırlıklarına;

İstanbul Büyükşehir Belediyesi de hızlı bir şekilde doğalgaz kullanımına geçilmesi için gerekli girişimlerde bulunmuştur. Çalışmaların ilk adımı olarak 25 Aralık 1986 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin bazı iştiraklerinin katılımıyla İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (İGDAŞ) kurulmuştur. Bu arada İETT bünyesinde başlatılan fizibilite çalışmaları neticesinde Mayıs 1987'de yapılan ihaleyi Fransız SAE-Alarko Konsorsiyumu kazanmış; 1989 yılında başlanılan yatırımın ilk bölümü 1993 yılı Mayıs'ında tamamlanmıştır. İstanbul'da doğalgaz altyapı yatırımları işletmeciliği ve satışını üstlenen İGDAŞ, 1994 yılında göreve gelen yeni yönetimle birlikte büyük bir yatırım hamlesi başlatmış, böylelikle şehir hayatını çekilmez kılan hava kirliliğini azaltmak için doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması çalışmalarına hız verilmiştir. Doğalgaz sektörü ile ilgili faaliyetler ileri teknoloji ve yüksek eğitim gerektirdiğinden, İGDAŞ kısa sürede kurumsallaşmasını tamamlayarak, gerekli bilgi ve teknik donanım altyapısını geliştirerek uluslar arası standartları yakalayan dünyanın sayılı gaz şirketlerinden biri haline gelmiştir.

İGDAŞ, İstanbul'da hava kirliliğinin önlenmesi için başlatılan mücadelelerde özellikle 1994 yılından itibaren önemli bir misyon yüklenmiştir. Havayı kirletmeden enerji tüketiminin en etkili yolu olan doğalgazın hızlı bir şekilde yaygınlaşması için bir yandan yatırımlarını sürdüren İGDAŞ, abone kampanyalarıyla da bunu desteklemiştir. Yoğun bir tanıtım ve teşvik çalışması yürüten İGDAŞ, Nisan 1994'te 180.000 olan abone sayısını 1994 sonunda 300.000'e, 120.000 olan kullanıcı sayısını ise 215.000'e çıkarmayı başarmıştır. Gerçekleştirilen yatırımlar sonucu doğalgaz hatları şehrin dört bir yanına yayılmış, 2002 yılında 01.Temmuz-23.Ağustos.2002 tarihleri arasında düzenlediği abone kampanyası ile abone sayısını 1.855.000'ine, kullanıcı sayısını ise 1.580.000'e ulaştırmayı başarmıştır.

İGDAŞ bugün 400 adet Bölge İstasyonu, 700km çelik hattı, 4100km PE hattı ve 216.300 servis kutusu ile dev bir altyapıya sahip bir kuruluş haline gelmesine rağmen Türkiye'nin içinde bulunduğu kriz ortamında yeni yatırımlar için çalışmalarını sürdürmekte ve yaz kış gaz satışlarının dengelenmesi için doğalgazın farklı sektörlerde kullanımını arttırıcı faaliyetlerine de aralıksız devam etmektedir. Soğutmada doğalgazın kullanımı ile ilgili çalışmalarına CNG konusunda devam etmekte ve pazarın genişlemesi için yaptığı çalışmalara devletten de destek beklemektedir (İGDAŞ yılığı, 2000).

## 7.2 Türkiye’de Doğalgazın Araç Yakıtı Olarak (CNG formunda) Kullanılması ile İlgili Yasal Mevzuatın Tarihçesi.

### 7.2.1 Yönetmelikler

- Doğalgazın Türkiye’de özellikle CNG formunda araç yakıtı olarak tanınması 15.Mayıs.1997 tarih 22990 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Karayolları Kenarında Yapılacak ve Açılacak Tesisler Hakkındaki Yönetmeliğin”1.maddesinde yapılan ve **06.01.1998 tarih 23222 sayılı** resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelikle“sıvılaştırılmış petrol gazları tanımı altına LPG nin yanına CNG’ nin de eklenmesi ile CNG dolun ve ikmal istasyonları da yönetmelik kapsamına alınmıştır. Bu yönetmelik “Karayollarının her 2 tarafında sınır çizgisine elli metre mesafe içinde olup geçiş yolları ile karayoluna bağlantı yapmaksızın 1(a) bendinde sayılan yapı ve tesislerin yapılması, açılması, işletilmesi veya tadil edilmesinde karayolu trafik güvenliğinin sağlanması amacına yönelik olarak aranacak usül esas ve şartları kapsamaktadır.”
- “Madde 1- 3/2/1993 tarihli ve 21485 mükerrer sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmeliğin değişik 119uncu maddesine 29/6/1995 tarihli ve 22328 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Yönetmelikle eklenen (E) bendinin değişik (a/13) numaralı alt bendi” **26.11.1998 tarih 23535 sayılı** resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikle” aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

"13- Yakıt Sistemi Tadilatı: Araçlarda alternatifli yakıt Likit Petrol Gazı (LPG) ve Sıkıştırılmış Doğal Gaz (**Compressed Natural Gas-CNG**) kullanılabilmesi için, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonunun 1958 Cenevre Andlaşması çerçevesinde yayınlanan, LPG dönüşümlerinde TSE-ECE-R 67 regülasyonunda, **CNG** dönüşümlerinde ise ECE-R 269 ve ECE-R 279 regülasyonlarında belirtilen emniyet ve teknik esaslar dikkate alınarak, araç üreticisi firmalar veya yetkili kılacakları kuruluşlar tarafından yapılan tadilata ait projeler Bakanlıkça onaylanır.”

“İmalat Yeterlilik Belgesi: Araçlarda LPG ve **CNG** dönüşüm montaj işlemleri yapan firmalar, Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmeliğin 117 nci maddesi hükümlerine göre Bakanlıktan İmalat Yeterlilik Belgesi alacaklardır”.

“Seri İmalat ve Montaj: Üretici firmalar; araçların yanma sistemlerinde alternatif yakıt olarak Likit Petrol Gazı (LPG) kullanılmak üzere TSE-ECE-R 67 regülasyonunu, araçların

yanma sistemlerinde Sıkıştırılmış Doğalgaz (**CNG**) kullanılmak üzere de ECE-R 269 regülasyonunu dikkate alarak, Bakanlıkça belirlenen teknik esaslara göre İmalat Yeterlilik Belgesi alacaklardır.” ([www.rega.com.tr](http://www.rega.com.tr), 2002).<sup>5</sup>

“Seri Tadilat: LPG'ye dönüştürülen araçlarda kullanılan aksam ve parçalar, TSE-ECE-R 67 regülasyonunda, **CNG**'ye dönüştürülen araçlarda kullanılan aksam ve parçalar ise sertifikalı veya ECE-R 269 ve ECE-R 279 regülasyonlarında belirtilen teknik esaslara uygun olacaktır. Yakıt sistemi tadilatları Bakanlıktan Yetki Belgesi almış makine mühendisleri tarafından hazırlanan projeye uygun olarak yapılacaktır. Yakıt sisteminde kullanılacak yerli ve ithal malzemeler, "TSE", "E" işaretli veya sertifikalı olacaktır. Aksam ve parçaların prototip araç üzerine monte edilmesinden sonra dönüşüm işlemi yapan firmalardan Üniversiteler veya Türk Standartları Enstitüsü tarafından verilen "Yakıt Sistemi Uygunluk Raporu" istenecektir. Belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde yapılan tadilatlara ait proje ve teknik belgeler Bakanlıkça onaylanacaktır.” ([www.rega.com.tr](http://www.rega.com.tr), 2002).<sup>5</sup>

“Münferit Tadilat: Araçların LPG dönüşümlerinde TSE-ECE-R 67 regülasyonu, **CNG** dönüşümlerinde ise ECE-R 269 ve ECE-R 279 regülasyonları dikkate alınarak. Bakanlıkça belirlenen teknik esaslara göre yapıldığının ve uygunluğunun Seri Tadilatla belirtilen kuruluşlardan alınacak "Yakıt Sistemi Uygunluk Raporu" ile belgelenecektir. Yakıt sistemi tadilatları Yetki Belgesi almış makine mühendislerince hazırlanan yakıt sistemi tadilatlarına ait proje ve teknik belgeler Bakanlıkça onaylanacaktır.”

“Tescil İşlemleri: LPG ve **CNG** yakıt sistemli araçların trafiğe kayıt ve tescil işlemleri Karayolları Trafik Kanununun 32 nci maddesine ve bu Yönetmelik esaslarına göre yapılacaktır.”

“Yükümlülük: Araçlarda yakıt sistemi dönüşümü ile ilgili her türlü teknik ve mali sorumluluk; araç projelerini hazırlayan makine mühendisine. "Yakıt Sistemi Uygunluk Raporu" veren kuruluşa ve dönüşüm montajı yapan firmaya aittir.”

“Emniyet İle İlgili Hükümler: Araçlara dönüşüm montajları: projesine uygun, eğitilmiş uzman kişilerce yapılacaktır. Dönüşümü yapılan araçların LPG'li ve **CNG**'li oldukları ruhsatlarına işletilecektir. Araç dönüşümü yapan kuruluşlar, dönüşüm işlemlerini yaptıkları işyerlerine ait Türk Standartları Enstitüsü'nden Hizmet Yeterlilik Belgesi alacaklar ve bu belgeyi İmalat Yeterlilik Belgesi almak için yapacakları müracaat sırasında Bakanlığa vereceklerdir. Bakanlıktan kendi kuruluşları adına İmalat Yeterlilik Belgesi alan firmalar, belgelerini diğer firmaların araç dönüşüm işlemlerinde kullandıkları takdirde, bu kuruluşların belgeleri iptal edilecektir.” ([www.rega.com.tr](http://www.rega.com.tr), 2002).<sup>5</sup>

“Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonu'ndan veya Makine Mühendisleri Odası'ndan temin edilen, oval biçimde, LPG yakıtı kullanan araçlarda üzerinde LPG yazısı, **CNG** yakıtı kullanan araçlarda ise üzerinde **CNG** yazısı bulunan yansıtıcı (reflektif) etiketler, araçların ön ve arka camlarının sağ üst köşelerine yapıştırılacaktır.” (www.rega.com.tr, 2002).<sup>5</sup>

“Alternatif sistemle çalışan araca ait Türk Standartları Enstitüsü'nden veya Makine Mühendisleri Odası'ndan temin edilen gaz sızdırmazlık raporu, muayene istasyonlarında yapılan periyodik araç muayenesi sırasında araç sahibinden istenecektir. Yakıt dönüşümü yapılacak araçlarda eski, kullanılmış, standart dışı malzemeler kullanılmayacaktır.”

“Araçlarda kullanılan LPG ve **CNG** tankının üzerinde, LPG ve **CNG** dönüşümü yapan firmanın adı, adresi ve dönüşüm tarihi ile birlikte LPG ve **CNG** tankı imalatçısının adı, adresi ve imal yılını belirten bir etiket sökülemeyecek şekilde (kaynaklı veya perçinli) bulunacaktır. Araçlarda bulunan LPG ve **CNG** tankı her 10 yılda bir değiştirilecektir.”

“İmalat Yeterlilik Belgesine haiz firmaların dönüşüm yaptıkları araçların trafik tescil işlemleri, aracın trafiğe kayıtlı olduğu ilde yapılabilir. LPG ve **CNG** yakıtı kullanan araçlar kapalı garajlarda park edilemez.” (www.rega.com.tr, 2002).<sup>5</sup>

- **17.08.2000 tarih 24143 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikle, ” “**CNG** dönüşümlerinde ECE-R 269 ve ECE-R 279 regülasyonları“ ifadesi “CNG dönüşümlerinde ilgili regülasyonları “ olarak değiştirilmiştir.**

## 7.2.2 Tebliğler

- **03.12.2001 tarih 24602 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren tebliğin amacı “1/4/1999 tarihli ve 23653 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan “Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı Yönetmeliği'nin uygulama usul ve esaslarını belirlemektir”**

“Madde 13- Tadilat ile ilgili olarak yetkilendirilmiş Sanayi ve Ticaret Bakanlığı İl Müdürlüklerine müracaat edilir. LPG ve **CNG** dönüşüm işlemleri için Sanayi ve Ticaret Bakanlığına müracaat edilir.” (www.rega.com.tr, 2002).<sup>5</sup>

## 7.2.3 Bakanlar kurulu kararı

- **30.07.2002 tarih 24831 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 2002/4482 sayılı “Özel Tüketim Vergisi Tutarlarının Belirlenmesine Dair ” Bakanlar Kurulu Kararına istinaden doğalgazın motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılan tipine**

389.550TL/Nm<sup>3</sup> Özel Tüketim Vergisi uygulaması getirilmiştir.

CNG' lerle ilgili halen uygulama da olan yasal mevzuat yukarıda bahsi geçen Yönetmelikler, Tebliğler ve Bakanlar Kurulu Kararı ile sınırlıdır.

### 7.3 Türkiye'de Araçlarda Doğalgaz Kullanımına (CNG) Ait Uygulamalar



Şekil 7.1 Türkiye'deki son durum (Seisler, 8<sup>th</sup> ENGVA conference proceedings ,2002).

Doğalgazlı Araçlar (NGV) kullanımını henüz Türkiye'de yaygın bir kullanıma sahip olmamakla birlikte uygulamaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Avrupa ve dünyadaki örneklerinde olduğu gibi teşviklere ihtiyaç duymaktadır. Türkiye'deki mevcut uygulamalar aşağıdaki bölümde anlatılmıştır.

#### 7.3.1 İETT hasanpaşa otobüs garajı CNG dolum tesisi

İETT Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılan fizibilite çalışmaları sonucu kurulan İETT Hasanpaşa otobüs garajı CNG dolum tesisinde 100Kw motor gücünde, 3 kademeli, yağlı, 520 m<sup>3</sup>/h debili 2 adet paralel bağlı Sulzer Burckhardt marka kompresörlü ve yüksek, orta ve düşük basınç depolama silindirleri ve hızlı ve yavaş dolum dispenser'larından oluşan bir dolum istasyonu kurulmuştur. İstasyona ait 600Kw gücünde bir trafo mevcuttur. İstasyon doğalgazı İGDAŞ hattından almaktadır. İstasyon girişinde basınç düşürme regülatörü bulunmaktadır (Doğalgaz ve toplu taşımacılık-Seç Yakıt Ltd.Şti, 1996).

Aşağıda Çizelge 7.1'de istasyonun 1., 2. ve 3. kademelerindeki basınç ve sıcaklık durumları görülmektedir.

Çizelge 7.1 Hasanaşa istasyonu kompresör kademeleri basınç ve sıcaklık değerleri  
(Doğalgaz ve toplu taşımacılık-Seç Yakıt Ltd.Şti, 1996).

	Giriş Basıncı Bar	Giriş Sıcaklığı °C	Çıkış Basıncı Bar	Çıkış Sıcaklığı °C	Silindir Boyutları (mm)
1.Kademe	7,9	20	28	108	2x90x100
2.Kademe	2,7	53	86	139	2x50x100
3.Kademe	84	53	250	139	2x28x100

İstasyon 100 adet çift yakıtlı(dual-fuel) otobüse yavaş dolun hizmeti vermeye devam etmektedir. İETT'den alınan verilere göre araçlara günde toplam 12.000m<sup>3</sup>doğalgaz ikmalı gerekmektedir. 2 adet 520m<sup>3</sup>/h'lik kompresör kapasitesi, 475m<sup>3</sup> depo hacmi, 20 adet çiftli yavaş dolun pompası ve 1 adet hızlı dolun pompası ile istasyon bu hizmeti verebilecek kapasitede dizayn edilmiştir. Servis gereksinimlerinin artması halinde ek ünitelerle, istasyonda kapasite arttırımına kolaylıkla gidilebilecektir.

Otobüslerde 1lt motorin sarfiyatının eşdeğeri yaklaşık 1m<sup>3</sup> doğalgazdır. 100lt motorin kullanan bir otobüs motorin ve doğalgaz yakacak şekilde dönüştürüldüğünde 40 lt motorin, 60 m<sup>3</sup> doğalgaz yakacaktır. Çift yakıtlı sistemli otobüsler darbeler ve yüksek sıcaklıkta oluşabilecek aşırı basınç yüklenmelerine karşı tam güvenlik sağlayan emniyet ekipmanları ile donatılmıştır. Dolu halde 200 bar'lık basınç altında bulunan doğalgaz tüpleri, 450 barlık basınca dayanıklı olarak üretilmiştir. Kapasiteleri 80-90 litre, ağırlığı 80-90 kg., çap;360 mm, boy 1100mm'dir. Tüplerin dış etki ile yüksek basınca maruz kalması gibi bir durumda otomatik gaz kesme ve tahliye düzenleri devreye girerek her türlü çatlama, yarıma ve patlama tehlikesine karşı tam bir emniyet sağlamaktadır (Doğalgaz ve toplu taşımacılık-Seç Yakıt Ltd.Şti, 1996).

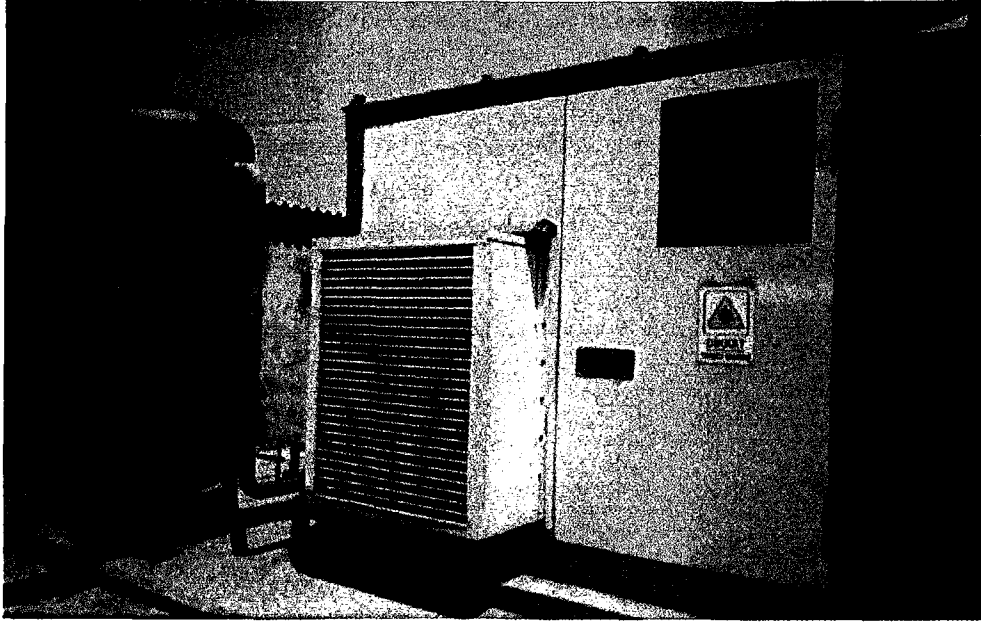
### 7.3.2 KAPET/ Maltepe doğalgaz dolun istasyonu

Kayalar İnşaat Ticaret ve Sanayii A.Ş.' ne ait KAPET/Maltepe CNG Dolun İstasyonunun inşaat çalışmaları 1998 yılının başında tamamlanmıştır. Şirket hem CNG dolun istasyonunda hem de tesisin arka bölümünde inşa ettiği toplu konutlarda doğalgaz kullanmak için İstanbul ilinde doğalgaz dağıtım işinden sorumlu İGDAŞ'a başvurmuştur.

KAPET/Maltepe CNG Dolum İstasyonu araçlara gaz satmak amacı ile Türkiye’de kurulan ilk istasyondur.İGDAŞ tarafından Türk Standartları Enstitüsünden konu hakkında standart talep edilmiştir. TSE’nin bu konuda mevcut bir standardının ve çalışmasının olmadığı cevabı alınmıştır. Sonuçta CNG sisteminin genel yapısı hakkında avrupa ve dünyadaki mevcut uygulamalar ve konu ile ilgili uluslararası standart ve şartnamelerin doğrultusunda değerlendirilme yapılmıştır.

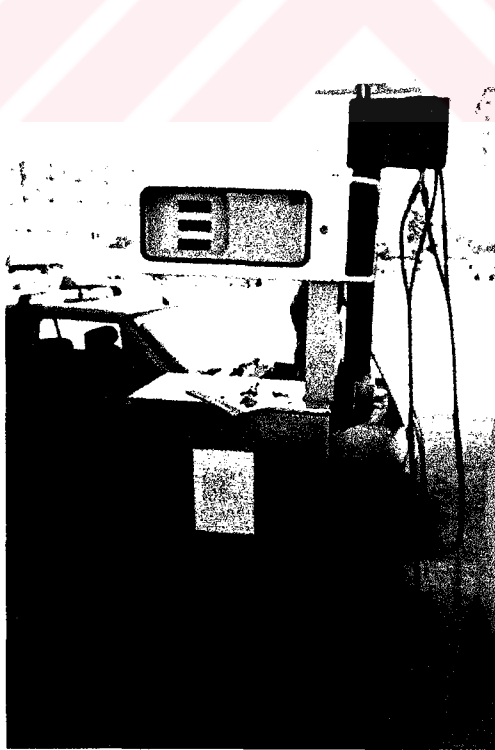
Dolum İstasyonunda, 30.05.1998 tarih 23357 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yayım tarihinden itibaren 3 ay sonra yürürlüğe girecek olan TS 11939 “Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) İkmal İstasyonu-Karayolu Taşıtları İçin-Emniyet Kuralları” mecburi standardında bahsi geçen LPG istasyonları için geçerli emniyet sistemlerinin uygulanmasına, istasyon sahibi Kayalar İnşaat Ticaret ve Sanayii A.Ş.’nin yangın önleme ve müdahale sistemleri ile ilgili İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı İtfaiye Müdürlüğünden uygunluk belgesi almasına, dolum istasyonunun giriş flanşından gazın araçlara basıldığı dağıtıcının ucuna kadar gaz kullanıcı cihaz olarak belgelenmesine ve ayrıca araçlara takılacak ekipmanlar için de İGDAŞ’tan “Mamül Uygunluk Belgesi” alınmasına karar verilmiştir.

İstasyonun Hat kesme vanası ,Basınç Düşürme İstasyonu, ölçüm istasyonu giriş borulaması, kompresör istasyonu, kompresör istasyonu ve dağıtıcılar arası borulama ve dağıtıcılar üzerinde ilgili şartname ve standartlar kapsamında yapılan değerlendirme sonucunda projenin onaylanmasına karar verilmiştir. Bu onay İGDAŞ’ın Kapet Tesisi önündeki take-off vanasından itibaren firmanın gazı kullandığı dağıtıcıların ucuna kadar ki hattın ve hat üzerinde kullanılan cihazların gazlı ortamda kullanıma uygunluğunu ve kullanılan malzemelerin kullanım şartlarına mekanik uygunluğunu kapsamaktadır. Gaz kaçağı ve yangına müdahale ve çevre emniyeti bu proje onayının kapsamı dışındadır. Doğalgaz İGDAŞ’tan çelik hat basıncında alınacaktır, firmanın hat kesme vanasından sonra firmanın basınç düşürme ve ölçüm istasyonuna girecek ve 6 bar basınçta basınç düşürme ve ölçüm istasyonundan çıkacaktır. Daha sonra basınç yükseltme istasyonu Cubogas S70 tip kompresör istasyonuna girecek ve bu istasyondan 200 bar basınçta çıkıp dağıtıcılara ulaşacaktır.



Şekil 7.2 KAPET/Maltepe CNG Dolum İstasyonu Kompresörü.

KAPET/Maltepe CNG Dolum İstasyonunda İtalyan Nuovo Pignone firmasının CUBOGAS S70 tipi ( $750\text{m}^3/\text{h}$  kapasiteli) hızlı dolum kompresör istasyonu kullanılmıştır. İstasyona ait kompresör ünitesi Şekil 7.2’de görülmektedir.



Şekil 7.3 KAPET/Maltepe CNG dolum istasyonuna ait çift hortumlu dağıtıcı(dispenser).

KAPET/Maltepe CNG Dolum İstasyonu 4 yıldır faaliyetine sorunsuz bir şekilde devam etmektedir. Çift Hortumlu, tek bir dağıtıcı (dispenser) ile tamamen KAPET/Maltepe CNG dolum istasyonuna ait dönüşüm atölyesinde doğalgaz dönüşümü yapılan yaklaşık 200 araca doğalgaz kullanma imkanı sağlayan istasyon yetkililerinden alınan bilgiye göre ayda ortalama 130.000m<sup>3</sup> CNG satışı yapılmaktadır. İstasyona ait dispenser Şekil 7.3' de görülmektedir.



Şekil 7.4 KAPET/Maltepe CNG dolumu.

Ö.T.V'den önce İGDAŞ doğalgazı istasyona konutlara uyguladığı fiyat tarifesinden satmaktaydı. İstasyona gidildiği tarihte doğalgaz fiyatı evsel kullanımda KDV dahil 338.500TL/m<sup>3</sup> olup, istasyonda 1m<sup>3</sup> doğalgaz 500.000 TL'sına satılmaktaydı. Otodoğalgaz (CNG) maliyetleri üzerine 01.08.2002 tarihinden itibaren D.İ.E artış oranlarına bağlı olarak aylık bazda değişen oranlarda özel tüketim vergisi uygulanmaktadır. Ö.T.V. uygulamasının ardından Kapet'te otodoğalgazın satış fiyatı KDV dahil 1.200.000TL/m<sup>3</sup> olmuştur. Şekil 7.4 te



Şekil 7.5 KAPET/Maltepe CNG dönüşüm atölyesinde dönüşümü yapılan bir aracın yakıt silindiri.

CNG dolumu görülmektedir.

### 7.3.3 Petrogaz enerji sistemleri a.ş./ yenibosna

Petrogaz Enerji Sistemleri A.Ş./Yenibosna'da CNG dolum istasyonu kurmuş ve araçlara doğalgaz satışı yapabilmek için İGDAŞ'a başvurmuştur. İstasyonda İdro Meccanica marka DDE.20.17 tip ikiz kompresör kullanılmıştır. 864m<sup>3</sup>/h lik kapasite üzerinden doğalgaz satış sözleşmesi yapılmıştır. İGDAŞ CNG Dolum İstasyonları teknik şartnamesine göre istasyonda tespit edilen eksiklikler tamamlandıktan sonra 05.10.2002 tarihinde istasyonda gazlama işlemi gerçekleştirilmiştir. İstasyon'da CNG Ö.T.V ve K.D.V dahil 1.000.000TL/m<sup>3</sup> den satılmaktadır.

### 7.4 Türkiye'deki CNG Standart ve Şartnameleri

Avrupa ve dünyadaki önemli CNG Standartlarından 6.Bölümde bahsedilmiştir. Bu standartlar haricinde bu konuda Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan bir standart hali hazırda mevcut değildir. Türkiye'de CNG ile LPG standart eksikliğinden dolayı birlikte değerlendirilmektedir. TSE 2001 yılında "Taşıtlarda Kullanılan Sıkıştırılmış Doğalgaz (CNG) konusunda standart tasarısı hazırlamış, ancak bu taslak haldeki standart bugüne kadar yürürlüğe sokulamamıştır.

Bu konuda İGDAŞ tarafından CNG Metering Stations ve Otodogalgaz Dolum İstasyonu (NGV) adı altında 2 adet teknik şartname bulunmaktadır.

Avrupa Birliğine ait taslak standart olarak hazırlanılan PR-EN-13638 "NGV Filling Stations" standardı taslağı henüz yürürlüğe girmemiştir. Son düzenlemelerle yürürlüğe girmesi halinde tüm Avrupa Birliği üyelerinin uyması zorunlu hale gelecektir. Bu nedenle İGDAŞ tarafından bu standart taslağı türkçe' ye tercüme ettirilerek uygulamaya konulmuştur. İstanbul ilinde İGDAŞ' ın BOTAS' la olan anlaşmasına istinaden İGDAŞ' tan gaz alması gereken tüm dolum istasyonu işletmecileri bu şartnamelerde geçen şartları sağlamak zorundadırlar.

### 7.5 Türkiye'deki CNG Fiyatları

Bölüm 7'de bahsedildiği gibi, 01.08.2002 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere araçlarda yakıt olarak kullanılan doğalgaza aylık bazda Devlet İstatistik Enstitüsü artış oranlarına bağlı olarak Özel Tüketim Vergisi uygulaması başlatılmıştır. İGDAŞ CNG'yi dolum istasyonu işletmecilerine Ekim 2002 döneminde 793.753TL/m<sup>3</sup> (K.D.V Hariç,Ö.T.V Dahil) Kasım 2002

döneminde ise yapılan son indirimle 761.310TL/m<sup>3</sup> (KDV Hariç, Ö.T.V Dahil) birim fiyatlarla yapmaktadır. Bu günlerde İstanbul'da CNG pompa satış fiyatı 1.000.000TL/m<sup>3</sup> ile 1.200.000TL/m<sup>3</sup> fiyatlarından yapılmaktadır. Firmaların uygulayacağı kar oranları da eklenecek olursa CNG'nin özellikle kanunen birlikte değerlendirildiği LPG'ye göre de fiyat avantajı kalmamıştır.



## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğalgazın araçlarda kullanılan ana formunun dolum istasyonlarında 250-300 bar, araçlarda ise 200-250 bar basınç aralığında kullanılan sıkıştırılmış şekli CNG olduğu bilinmektedir. “Sıkıştırılmış Doğalgaz” yani CNG Türkiye de de yavaş yavaş SDG ismi altında kısaltılarak kullanımına başlanılmıştır.

Türkiye’de henüz tanınma aşamasında olan CNG’lerin dünyada farklı ülkeler bazında da ortak bir gelişmişlik düzeyi mevcut değildir. İtalyanlar 70 yıldır bu konu ile ilgilenmişler ve teknolojik açıdan son derece ileri gitmişlerdir. Avrupa’nın merkezindeki bir ülkeden komşusu Fransa’ya konunun geçişi siyasi nedenlerden dolayı yıllar sürmüş ve ancak 1994 yılında kurulan Fransa Doğalgazlı Araçlar birliği vasıtası ile konu ülkede tanınmaya başlamıştır (bkz, Bölüm 3.2).

Tüm dünyada enerji konularında yapılan yatırımların siyasi birliktelik içerisinde ve uzun vadeli olarak değerlendirilmesi zorunludur. Doğalgazlı Araçlar konusuna Arjantin bugüne kadar 1.700.000.000.-USD yatırım yapmıştır ve ülke şu anda 70 yıllık teknoloji yatırımına rağmen 350.000 NGV’ ye sahip olan İtalyanları halen kullanımda olan 630.000 araç sayısı ile rahatça geçmeyi başarmıştır. Sıvı yakıtların vergi oranlarının yükseltilmesi ve CNG’ye uygulanan teşviklerle ülke ekonomisi 3 haneli enflasyon rakamlarından tek haneli rakamlara inerken bu konu çok önemli rol oynamıştır. Ancak basiretsiz hükümetler ve bir önceki hükümetin uygulamalarının baltalanması özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelere büyük zarar vermektedir. Arjantin’deki bu siyasi çekişmeler NGV’lere yapılan yatırımlar durmasına, çalışan yüzbinlerce kişinin bir anda işsiz kalmasına ve sonuçta dev bir sektörün çökme tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına sebep olmuştur. Ülke yine borç batağına sokulurken hükümet bugünlerde yapılan hataları telafi etmeye çalışmaktadır. Ülke menfaatine yapılan yatırımların her şartta desteklenmesi zorunludur. Global kriz yaşayan ve domino taşları gibi çöken ülke ekonomileri tüm dünyanın ortak sorunudur ve tekrarlanmaması için gerekli tedbirler alınmalıdır (bkz, Bölüm 3.3).

Bugün Avrupa Doğalgazlı Araçlar Birliği (ENGVA) bu konuda destek verdiği Ar-Ge çalışmaları her yıl düzenlediği konferansları ve üyelik çalışmaları ile konunun diğer avrupa ülkelerinde de ortak bir seviyeye ulaştırılmasında önemli bir etkidir. Araçlarda Doğalgaz kullanımı konusunda eski yada yeni bu konuda çalışan tüm ülkelerin hemen bir standart oluşturma çabası içine girmeleri birlik faaliyetlerine çok önem veren Avrupa ülkelerinin bu konuda acilen ortak bir standart uygulamasına geçmeleri ihtiyacının bir göstergesidir. 1997

yılından beri taslak standart olarak yayımda olan ancak halen görüş toplama aşamasını geçemeyen PR EN 13638 “NGV Dolum İstasyonları” standart taslağı bu konudaki sonuçsuzluğun en güzel örneğidir. Hızla gelişen, desteklenen araçlarda doğalgaz kullanımının geleceği için bu konuda önce Avrupa sonra dünya üzerinde ortak bir noktada birleşmelidir. Aksi takdirde ulusal standartlar uluslararası kabul görmediğinden yapılan yatırımların heba olmasına ve gelecekte potansiyel vadeden NGV’lerin önünün tıkanmasına yol açacaktır (bkz, Bölüm 6).

Gelişmekte olan ülkeler içinde bulunan ülkemizde de Arjantin örneğindeki gibi farklı alanlarda yapılan uygulamalarda benzer sonuçlar doğurmaktadır. Örneğin İran Doğalgazı bu konunun en güzel örneğidir. Hükümet değişikliği sonucu uygulama da olan ve cezai müeyyideleri olan bir proje tamamen anlaşmayı yapan eski hükümeti başarısız göstermek amacıyla durma noktasına getirilmiş ve anlaşmaya göre 2000 yılı başında doğalgaz kullanmaya başlamamız gereken hat 2001 yılı sonunda devreye alınabilmiştir. Gecikmelerden kaynaklanan ceza yine bize kullandığımız enerjiden, yediğimiz, içtiğimiz, giydiğimiz her şeye yansıtılmıştır (bkz, Bölüm 2.2). Aynı doğalgazın boru hattından alınıp, kompresörlerden geçirilerek araç yakıtı olarak kullanılmasında da aynı sıkıntıların çekilmemesi için CNG şimdiden ülkenin menfaatleri haricinde keyfi siyasi uygulamalarla değiştirilemeyecek şekilde düzenlenmeli, yasal mevzuat ve uygulamalarda aynı amaca yönelik birliktelik oluşturulmalıdır (bkz, Bölüm 7.2)

Ülkemizde geleneksel yakıtlar benzin ve dizel karşı diğer bir alternatif araç yakıtı olarak kullanılan LPG sektöründeki yanlış uygulamalardan ders alınmalıdır. LPG uygulamaları ülkemizde 10.yılına doğru giderken TMMOB tarafından 09.07.2002 tarih 24810 sayılı resmi gazete de yayımlanarak yürürlüğe giren “Araçların LPG ’ye Dönüşümü İçin Mühendis Yetkilendirilme Yönetmeliğinin” uygulamaya konulmasında geç kalınmıştır. Bu zaman içinde LPG dönüşümü yapılan araçlarda yapılan denetimler bu yönetmelik kapsamında belirtildiği gibi “uzman kişilerce” yapılmış mıdır? CNG konusunda da ilk uygulamalar ve ticarileştirilmesi yaklaşık 8 yıldır devam etmekle birlikte emekleme aşamasına yeni geldiği düşünülürse “Araçların CNG ’ye Dönüşümü İçin Mühendis Yetkilendirme ve Belgelendirme Yönetmeliği” çıkarılacaksa hemen çıkarılmalıdır. Yeni çağda, çağdaş teknoloji ile bütünleşen bir Türkiye saha uygulamaları ile elde edilen tecrübelerden kurtulmalıdır. Önce projeler yapılmalı, onaylanmalı, finansman kaynakları tespit edilmeli ve imalata geçilmelidir. Aksi takdirde uygulamalardaki bilgi eksikliği hataya, hatalarda çözümü olmayacak ve bedeli maddi, manevi büyük hasarlarla ödenecek facialara sebep olacaktır (bkz, Bölüm 7.2).

1994 yılında KAPET/Maltepe CNG Dolum İstasyonuna gaz verilirken İGDAŞ tarafından TSE'den bu konudaki standart talep edilmiştir. Ancak o tarihte bu konuda mevcut bir standart olmadığı cevabı ne yazık ki aradan geçen 8 yılda halen güncelliğini korumaktadır. Bugün halen yaklaşık 200 araca gaz satan özel bir istasyonun bir devlet kurumunun standart oluşturma konusundaki acizliğinden dolayı halen İGDAŞ Şartname ve Prosedürleri eşliğinde işletmesi devam etmektedir. İGDAŞ bu konunun üzerinde ciddiyetle durmasına rağmen yine devletten ve ilgili kurumlarından destek görememektedir. TSE, Makine Mühendisleri Odası ve İGDAŞ yetkilileri acilen bir araya gelmeli ve bu konuda İGDAŞ'ın tercümesini yaptırarak uygulamaya aldığı ve onayı halinde tüm avrupa birliği üyelerinin uymakta zorunlu olduğu PR EN 13638 standardı taslağının TSE tarafından zorunlu standart olarak yayımlanması gerekmektedir (bkz, Bölüm 7.2).

**06.01.1998 tarih 23222 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Karayolları Kenarında Yapılacak ve Açılacak Tesisler Hakkındaki Yönetmeliğin yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelikle”**sınıvlaştırılmış petrol gazları tanımı altına LPG nin yanına CNG' nin de eklenmesi ile CNG dolum ve ikmal istasyonları da yönetmelik kapsamına alınmıştır. Yönetmelikte 2 akaryakıt istasyonu arasındaki mesafeden bahsedilmektedir. Bu ifade fiziki olarak gidiş-gelişli bölünmemiş yollarda mevcut istasyonun hemen karşısına istasyon kurulabilmesini sağlamakta bu da tartışmalara sebep olmaktadır.

Yönetmelik Teklifi; Belediye sınırları dışında gidiş geliş fiziki olarak bariyerlerle bölünmemiş karayolu kenarında her iki istikamette iki akaryakıt satış istasyonu arasındaki en az mesafe 10 km; gidiş geliş fiziki olarak bariyerlerle bölünmüş karayolu kenarında her iki akaryakıt satış istasyonu arasındaki mesafe en az 50 km; ve Belediye ve Mücavir alan sınırları içindeki karayolları kenarında gidiş geliş fiziki olarak bariyerlerle bölünmemiş karayollarında her iki istikamette, gidiş geliş bariyerlerle fizki olarak bölünmüş karayolları kenarında ise aynı istikamette olan akaryakıt istasyonları arasındaki mesafenin en az 2 km olması şartı ilgili tüm kamu kurum ve kuruluşları tarafından aranacaktır (Cengiz, 2002). Yönetmeliğin bu şekilde değiştirilmesi tartışmalara son verecektir (bkz, Bölüm 7.2).

Doğalgazlı Araçların Dolum İstasyonlarına yatırım yapacak firmaların yatırımı yapacakları şehirlerdeki gaz dağıtımından sorumlu şirketlere proje aşamasında başvurmaları zorunludur. Görüş alınmadan yapılacak istasyonlar uygulamada istenilen şartları sağlayana kadar, işletmeye alınamayacaklar ve yüksek maliyetleri ile IMF kredileri ile ayakta durabilen ekonomimize büyük zarar vermeye devam edeceklerdir (bkz, Bölüm 7.3).

**30.07.2002 tarih 24831 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 2002/4482 sayılı “Özel Tüketim Vergisi Tutarlarının Belirlenmesine Dair ” Bakanlar Kurulu Kararına istinaden doğalgazın motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılan tipine 389.550TL/Nm<sup>3</sup> Özel Tüketim Vergisi uygulaması getirilmiştir.**

İstanbul'daki ilk ve Ö.T.V uygulamasından önce faaliyette olan tek CNG satış istasyonu olan KAPET/Maltepe istasyonunda ÖTV uygulamasından önce en son doğalgazın m<sup>3</sup>'ü 500.000 TL'den satılmaktaydı. Bu uygulamanın ardından firmaların uygulayacağı kar oranı da hesaba katılacak olursa uygulanan bu vergi Türkiye'de emekleme dönemindeki doğalgazlı araçların yürümesini engelleyecektir. Alternatif enerji kaynaklarına ihtiyacı olan bu ülkenin geleceğinin günü kurtarmak adına alınan kararlarla baltalanması çok yazıktır. 03.Kasım.2002 tarihinde yapılacak seçimden sonra göreve gelecek hükümetin bu gibi yanlış uygulamaları değiştirmesi, enerji maliyetlerini düşürmesi açısından oldukça önemlidir Sanayinin gelişmesi ve reel sektörün krizden çıkabilmesi enerji maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir.(bkz, Bölüm 7.5).

**KAYNAKLAR**

- Abdul Majid, Z., Piou, M.P.K.I. and Yaacob, Z., (2000), "Natural Gas Motorcycle-Emission", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 413-415.
- Allen, J., Durell, E., Heath, J. and Law, D., (2000), "Installation and Development of a Direct Injection System for a Bi-Fuel Gasoline and CNG Engine", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 312-316.
- Arcis, A., (2000), "The Development of NGV in France", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 327-330.
- Blazek, J., Fiedlerova, Z., Maxo, D., Pospisil, M., Sebor and G., Simacek, P., (2002), "Efficiency of Catalytic Converters for Lowering Emissions from CNG Bus Engine", 8<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 29-30 May 2002, Nice/France.
- B.Ü. İ.B.Ş.B., İ.T.Ü., İ.Ü., İstanbul Valiliği, Marmara Üniversitesi, Mimarşinan Üniversitesi ve Y.T.Ü., (2002), "İstanbul 1. Kentiçi Ulaşım Şurası Raporu.", 14-15-16 Mart 2002, İstanbul/Türkiye.
- Buthker, E., (2000), "World Wide NGV Standarts and Regulations", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 75-98.
- Cacudi, G., (1999), "Tax Policies and Impact on NGV Markets", 5<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 18-20 May 1999, Amsterdam/Netherlands, Sayfa: 7-20.
- Cacudi, G., Cola, L., Gaudio, R. and Volpi, E., (2000), "The NGV's Industry and Distribution-The Italian System.", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 331-340.
- Chapel, F.R., (2000), "Egypt's Clean Fuels Initiative", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 175-178.
- Chapel, F.R., (2002), "Among the Pyramids : Strategy to Build the Egypt Market.", 8<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 29-30 May 2002, Nice/France.
- Cherevatsky, S., (2002), "Composite Pressure Vessel with a Thin Metal (Foil) Sealing in Layer.", 8<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 29-30 May 2002, Nice/France.
- Cola, L., Kakihara, K., Taira, T., Webster, C and Yamashita, H., (2000), "Trial of Type 1 and Type 1 Cylinder for Japanese NGV.", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 125-136.
- Daisho, Y., Kihara, R., Kusaka, J., Saito, T and Shimonagata, T., (2000), "Combustion and Exhaust Emissions Characteristics of a Diesel Engine.", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 23-32.
- Dunne, M., (1999), "The Environmental Impact of Alternative Fuels.", 5<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 18-20 May 1999, Amsterdam/The Netherlands, Sayfa: 41-50.
- Ehiyama, T., Shioji, M and Ikegami, M., (2000), "Approches to High Thermal Efficiency in High Compression Ratio Natural Gas Engines.", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 13-22.
- Electrabel, European Natural Gas Vehicles Association, MVV Innotec GmbH and TNO, (2000), "NGV for European Cities and their Integration with Urban Traffic Management-

- NGV Europe-5<sup>th</sup> Technical Interim Report (01.09.1999-29.02.2000).”, March 2000, Brussels/Belgium, Sayfa: 1-80.
- European Natural Gas Vehicles, MVV Innotec GmbH, The City of Stockholm and The European Office of the City of Cologne, (2000), “The Decision Makers Guide to Natural Gas Vehicles.”, March 2000, Amsterdam/The Netherlands, Sayfa: 8-32.
- European Natural Gas Vehicles Association and MVV Innotec GmbH, (2000), “The Natural Gas Vehicles Equipment Guide.”, March 2000, Amsterdam/The Netherlands, Sayfa: 5-25.
- Fracchia, J., (2000), “An Overview on the Argentine NGV Experience.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 179-186.
- Gambone, L., Lautman, L., Rutz, R and Taira, T., (2000) “The Development of a Large Diameter NGV Type 3 Cylinder from Aluminum Plate”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 117-124.
- Ginestal, M., (2002), “Creating the Market for Urban Transport-The Madrid Transit Experience.”, 8<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 29-30 May 2002, Nice/France.
- Hildebrand, R., Wienhold, P and Wozniak, J., (2000), “Advanced Natural Gas Vehicle Development.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 3-12.
- İGDAŞ 2000 yılı faaliyet raporu, (2001) İstanbul/Türkiye, Sayfa: 5-10.
- İSTAÇ 2002 yılı faaliyet raporu, (2002) İstanbul/Türkiye, Sayfa: 5-30.
- Maita, S., Oguchi, M., (2000), “Development of a High Efficiency Natural Gas Engine.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 33-42.
- Middleton, A., (2000), “From State of the Art Technology to OEM Acceptance a Success of Global Dimensions.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 187-194.
- Murata, H., (2000), “Example of Introducing Compressed Natural Gas Vehicle.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 219-224.
- Oester, U., (2000), “Refuelling Stations for the New Century.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 273-282.
- Petrol ve Doğalgaz Gazetesi, (2002) İstanbul/Türkiye.
- Sato, T., (2000), “The course of NGV Proliferation in Japan and Prospects for the Next Century.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 43-52.
- Seç Yakıt Enerji Makine İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti, (1996) “Doğalgaz ve Toplu Taşımacılık”, İstanbul/Türkiye.
- Seisler, J., (2000), “International NGV Markets.”, 6<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 12-14 April 2000, Barcelona/Spain, Sayfa: 25-36.
- Soruta, M., (2000), “Gas Engine Driven Vehicle Refuelling Appliance.”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 283-288.
- Verbeek, H., (2000), “Reducing CNG Fuelling Cost Using Progressive Growth Strategy a Dutch Case Study”, NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 289-296.

Vettori, P., (2000), "Government Incentives.", 6<sup>th</sup> Annual European NGV Conference, 12-14 April 2000, Barcelona/Spain, Sayfa: 53-70.

Weide, J., (2000), "Auto/Oil 2 Program Understanding the Cost-Benefits of NGV's.", NGV 2000 Conference, 17-19 October 2000, Yokohama/Japan, Sayfa: 63-74.

Cengiz, M., (2002), "Akıl, Yürek, Fazilet.", Enerji Petrol ve Gaz Dergisi, 15 Ağustos.2002, İstanbul/Türkiye.

### **İnternet Kaynaklar**

1. Energy Information Administration, (2002), Energy Topics, <http://www.eia.doe.gov>
2. European Natural Gas Vehicles Association, (2001), NGV Services and Equipments Guides, <http://www.engva.org>
3. International Association Natural Gas Vehicles, (2002), NGV Standards, <http://www.iangv.org>
4. Natural Gas Vehicles Cooperation, (2002), Tools and Resources, <http://www.ngvc.org>
5. Resmi Gazete, (2002), CNG, <http://www.rega.com.tr>

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	08.11.1971	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1985-1988	Yeşilköy Lisesi
Lisans	1989-1993	Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.
Yüksek Lisans	1999-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı.

**Çalıştığı kurumlar**

1993-1996	Karabay Aksigorta Acentalığı Sigorta Acentası
1996-1997	3.Jandarma Sınır Taburu Başkale/VAN Asteğmen
1997-Devam ediyor	İGDAŞ. Satınalma Müdürlüğü Teknik Şef

**TE YULBİLGEÇİM KURULU  
KORDINASYON MERKEZİ**