



# Not Defteri

V u r a l A l t ı n

## Doğal Gazın Taşınması



Doğal gaz boru hattı ağı; üretim alanlarından toplama, tüketim merkezlerine iletim ve kent içi dağıtım ayaklarından oluşmakta. Toplama hatlarının başlangıcı, kuyuları gaz işleme tesisine bağlayan 1-2 cm çapındaki ince borular. Çaplar tesis çıkışında, 15 cm'den başlayarak büyüyor ve iletim hatlarında 120 cm'ye ulaşıyor. İletim hattının döşenmesi için, önce hat üzerindeki engellerin temizlenip, bir ulaşım yolunun açılması lazım. Ardından boru parçaları getirilip, yol boyunca diziliyor. Parçalar imalat sırasında yalıtılmış. Hattın güvenlik açısından, toprağın en az 70 cm altına gömülmesi gerekmekte. Dolayısıyla, hat boyunca yaklaşık 2 m derinliğinde bir yarık açılıyor. Hattın dümdüz olması şart değil, yatay kavisler içerebilmekte. Boru parçalarını yukarıda kaynaklanıp, ek yerlerinin de yalıtılmasıyla elde edilen uzun kesimler, iki veya daha fazla sayıda kaldırma sistemi aracılığıyla, gerektiğinde esnetilerek yarığa indiriliyor. Yarıktaki yapılması gereken kaynak işleri için, yarığın o noktada çukurlaştırılması gerekmekte. Akarsu geçişleri için; suyun iki tarafından açılan eğik birer tünelin birleştirilmesiyle toprak altından, ya da suyun içinden, yani dibin üstünden geçiş olmak üzere iki çözüm var. Bu ikincisinde, borunun yüzmemesi içine etrafının betonlanması lazım. Montaj bitiminde basınçlı su testi yapılarak, sızıntı varsa bulunup gereği yapılıyor. Normal çalışma basıncı 15-100 atmosfer arasında. Böylelikle doğal gazın hacmi 1/100'üne kadar inerken, hacimsel enerji yoğunluğu 100 misli kadar artıyor oluyor. Doğal gazın uzun mesafelere iletilmesi bu sayede ekonomik...

Hat boyunca, gerektiğinde hattın bazın kısımlarının bakım onarım amacıyla devre dışı bırakılabilmesi için, 8 ila 40 km'de bir birer vana konuluyor. Boru çeperindeki sürtünme nedeniyle uğrılan basınç kayıplarını telafi için arada, 60-150 km'de bir, birer de pompalama istasyonu var. Pompalar santrifüjlü olup, motorla çalıştırılmakta. Motorlar elektrikli veya doğal gazla çalışan içten patlarlı türden olabiliyor. Ki bu ikinci durumda, hattan doğal gaz çekme gereği var. Hatta verilirken nemi alınmış olmakla beraber, borudan geçen gazın içerdiği nem oranı, yoğunmaların birikimi sonucunda zamanla artabiliyor. Dolayısıyla, metanhidrat oluşumunu engellemek için, bazı pompalama istasyonlarının yanında kurutma tesisi de kuruluyor.

Bunlar, daha etkin olan katı kurutuculu kuleler. Hattın uzunluğu boyunca bazı noktalarda ve hatta giren ya da çıkan kollarda ayrıca, gazın akışını etkilemeksizin debisini izleyen 'ölçüm istasyonları' var. Elektronik olarak alınan veriler bir kontrol merkezinde toplanıp, hattın herhangi bir kesimindeki gaz akışı her an için izlenebilmekte. Buna, 'denetim amaçlı kontrol ve veri toplama' ('Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA') sistemi deniyor. İletim hattından bir yerleşim merkezine dağıtım amacıyla çıkış alınırken, gaz basıncı düşürülüp, gerekirse son bir kez kurutuluyor. Bu aşamada içine, aksi halde renksiz ve kokusuz olduğundan, sızıntı durumlarının farkedilmesi için, 'merkaptan'lar olarak bilinen 'tiyol'lerin sarımsak kokulu olanlarından biri, çoğu zaman etanetiyo buharı katılıyor. Dağıtım hatlarında eskiden çelik borular kullanılırdı. Şimdi artık, güçlü plastik borular kullanılmakta. Boru çapları giderek küçülüp, 1-2 cm'ye inerek, bir iki atmosfer basınçla evimize ve hatta ocağımıza kadar geliyor.

Doğal gaza talep, yıl boyunca değişken. Genelde kışın fazla, yazın daha az. Ayrıca, aynı mevsim içerisindeki talep düzeyinde, günlük ve hatta saatlik değişimler de var. Belli bir mevsimin en düşük tüketim hızına 'temel yük' ('baz yükü'), en büyüğüne de 'zirve yük' deniyor. Boru hattı ağını zirve yüklerle yanıt verebilecek boyutlarda tasarlanmanın maliyeti aşırı yüksek olduğundan, genel yaklaşım; yıllık ortalama tüketim hızını pompalama kapasitesiyle karşılayıp, zirve yüklerle aradaki farklar için gaz depolamak. Hal böyle olunca, bir de depolama gereksinimi doğuyor...

Doğal gazı depolamanın bir yöntemi, sıvı petrol gazı (LPG) eldesine benzer şekilde, kriyojenik genleşmeyle -160 °C'ye kadar soğutup sıvılaştırmak (LNG). Böylelikle, gaz halinde ikenki hacmini 600'de birine indirip, hacimsel enerji yoğunluğunu petrolünkinin yarısına kadar çıkarmak mümkün. Doğal gazın gemilerle nakli sırasında yapılan bu. Onca düşük sıcaklıktaki tanklar, kusursuz yalıtılmaları imkansız yakın olduğundan, dışarıdan az da olsa ısı almakta ve içerdeki gaz, yavaş yavaş buharlaşmaktadır. Buharlaşan gaz, tankta hapsedilmeye çalışılması halinde patlamaya yol açabilir. Dolayısıyla, basınç denetleyici vanalar aracılığıyla sızmasına izin verilir. Sızan gazlar toplanıp, geminin kendi enerji gereksinimi için kullanılmakta. Benzeri bir tesisi karada kurmak da mümkün. Ancak bunlar, düşük kapasiteli ve pahalı sistemler. Geniş kapasiteli depolar, yeraltında olanlar...

Doğal gaz yeraltında; eski doğal gaz yataklarında, yeraltı su havzalarında ve tuz birikintilerinde depolanabiliyor. Çekilebilir gazı tüketmiş olan eski gaz yataklarına yeni gaz pompalayıp depolamak, en ucuz yöntem. Çünkü, depo

önceden hazır ve gerekli donanım zaten üzerinde. Basılan gazın %50 kadarı, geri almayı sağlayan basınç farkının inşa edilip korunması için yeraltında tutulmak zorunda. 'Tampon gaz' denilen bu kısmı, ancak sahayı terkederken çekmek mümkün. Yeraltı su havzalarının ise önceden, depo olarak kullanılabilmesi açısından, petrol ve doğal gaz aramalarındakine benzer, ayrıntılı bir şekilde incelenmeleri gerekiyor. Uygun bulunmaları halinde açılan kuyulardan içeri gaz pompalandığında, yeraltı suyu alçalarak, depolama hacmi oluşturuyor. Bunun için güçlü pompalar gerekmekte. Böyle bir havza bazı yerlerinden sızdırabildiğinden, buralarda 'toplayıcı kuyular'ın açılıp, sızan gazın yakalanması lazım. Saha sıfırdan geliştirildiği için, en pahalı depolama yöntemi bu. Ayrıca, tampon gaz gereksinimi depolama kapasitesinin %80'ini bulabileceği gibi, tampon gazdan önce de, havzadaki boşlukları doldurmak için gaz pompalamak gerekmekte ve gazın bu kısmı geri alınmıyor. Son olarak, verilen gaz kuru olsa bile, su katmanıyla temas halinde bekletildiğinden, geri alımdan sonra tekrar kurutulması gereği var.

Yeraltı tuz birikintileri, yataklar ve kubbeler olmak üzere iki çeşit. Yataklar oldukça ince, en fazla 300 metre kalınlığında ve geniş alanlara yaygın. Kubbeler ise, daha alt katmanlardaki tuzun buharlaşan suyla birlikte yükselip birikmesiyle oluşuyor ve 1,5 km'ye varan çap, 9 km'yi bulan yüksekliklere sahipler. Genelde yerin 500-2.000 m altında bulunmakla beraber, bazen yüzeye ulaştıkları da oluyor. Tuz birikintisi ilk haliyle, çatlakları dışında gözeneksiz olup, geçirgen olmayan bir yapıya sahip. Dolayısıyla, içinde depo işlevini görececek olan bir 'tuz mağarası'nın oyulması lazım. Bunun için, üzerinde açılan bir kuyudan içeri su pompalanarak dolaşım devresi oluşturuluyor ve eriyen tuz suyla birlikte yukarı taşındıkça, birikintide oyuk oluşuyor. Oldukça pahalı bir işlem. Fakat depo sızdırmaz olduğundan, tampon gaz gereksinimi az; toplam kapasitenin %30'u kadar...

Eski gaz yataklarıyla yeraltı su havzaları, geniş kapasiteli depolar. Ancak, gazın geri çekim hızı görece düşük. Bu nedenle, daha çok temel yükteki mevsimlik artışları karşılamak için kullanılmaya uygunlar. Tuz yatakları ise, ince olduklarından, düşük kapasiteli. Fakat, gazın geri çekilebilme hızı yüksek. Bu nedenle daha çok, gün içindeki yük değişimlerini karşılamakta kullanılırlar.

Doğal gazın enerji yoğunluğu 39 MJ/m<sup>3</sup>, petrolünki 45 MJ/kg. Yani 1 m<sup>3</sup> doğal gazdaki enerji, 0,87 kg ya da yaklaşık 1 litre petrolde var. Dolayısıyla, petrolün hacimsel enerji yoğunluğu, doğal gazınkinin 1000 katı kadar. Petrolü uzun mesafelere taşımak, bu yüzden çok daha kolay. Doğal gazı ise, taşımadan önce yüksek basınçla sıkıştırıp, hacmini azaltmak gerekiyor. Taşıma borusu hatlarındaki 100

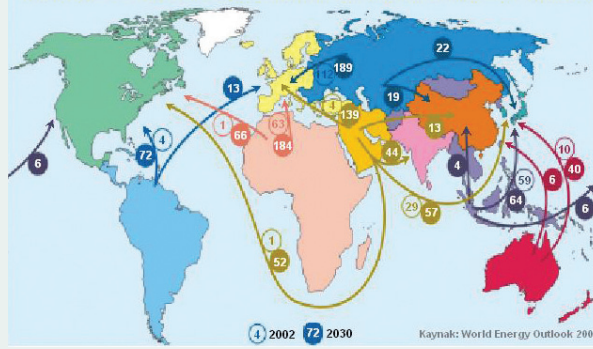
# Not Defteri

atm'lik basınç, 1 atm'deki gaz hacmini %1'ine indirmekte ( $PV=nkT$ ). Bu durumda dahi, birim hacim başına doğal gaz hala, petrolün 10'da biri kadar enerji yoğun. Dolayısıyla, doğal gazda enerji akışı yavaş olmak zorunda. Öte yandan, boru hatlarıyla petrol taşınırken sadece sürtünme kuvvetlerini yenecek kadar pompa gücü gerekiyor. Halbuki doğal gazda, sürtünme kayıplarına ek olarak, bir de gazı sıkıştırmak için pompa gücü lazım. Bu yüzden, küçük tüketicinin ödediği doğal gaz faturasının; %47'si dağıtım, %19'u uzun mesafe nakil ve depolama masraflarından oluşabiliyor. Doğal gaz buna karşın, özellikle güç üretiminde hala ekonomik. Çünkü bilindiği üzere, elektrik üreten termik santrallerde üretilen ısının 2/3 kadarı, elektrik için üretilen ısı olarak alınmak zorunda. Doğal gaza dayalı 'bileşik çevrim santralleri'nde ise; bir yandan elektrik üretilirken, diğer yandan bu artık ısı, örneğin civardaki fabrikaların süreç ısı gereksinimini karşılamak için kullanılabilir. Hal böyle olunca, santral verimi %60'ı bulmakta. Öte yandan bu santraller, 'toptan alıcı' olduklarından dağıtım masrafı ödemek zorunda kalmıyor ve sadece, yaklaşık %19'luk nakil ve depolama masrafını karşılamak zorundalar. Bu yüzden, toptan alıcılar için taşıma verimi %81 civarında. Bu oran %60'lık santral verimiyle çarpıldığında, toplam verim %48,6'yı buluyor. Halbuki diğer tip termik santrallerde, döngünün 2/3 oranındaki artık ısı, kullanılmadığından atılmak zorunda. Dolayısıyla, verim %34 kadar. Buna bir de elektriğin iletim kayıpları eklendiğinde, santralde tüketilen enerjinin ancak %27'si prizlerimize elektrik enerjisi olarak ulaşabiliyor. Hele, doğrudan ısı üretimi amacıyla kullanıldığında, doğal gazın net enerji verimi; elektriğin %27'sine karşılık %81'le; iki mislinden fazla. Isı üretiminde doğal gaz, petrol ve ürünleriyle de rahatlıkla yarışabiliyor. Çünkü, birim enerji başına maliyeti petrolden düşük. Örneğin, 160 litrelik 1 varil petrol, 1 atm basınçtaki 160 m<sup>3</sup> doğal gaza eşdeğer. Bu kadar doğal gaz; bin metreküpü, diyalim 280\$'dan 44,8\$ eder. Halbuki petrolün varili şu sıralar, 60-70\$ arasında seyrediyor. Doğal gaz yalnızca kömürden daha pahalı. Fakat buna karşılık, bu üç fosil yakıt arasında atmosfere en az kirlenici yayan.

Nitekim, doğal gaz kullanımını son 20 yılda, dünya birincil enerji tüketimindeki payını hızla artırarak, yılda 2,8 trilyon metreküpe (Tmk) ulaştı. Bu eğilimin devam etmesi ve yıllık artış hızının; kömürde %1,9 ve petrolde %2,0 iken, doğal gazda %2,3 düzeyinde seyretmesi bekleniyor. Artışın yarıya yakını, doğal gaz santrallerinin, ilk yatırım maliyetlerinin görece düşüklüğü ve yapımlarının 1-2 yıl gibi kısa bir sürede tamamlanabilmesi nedenleriyle, elektrik üretimine yönlendirilmekte. Türkiye de bu eğilimin içinde olarak, 2005 yılı itibarıyla, 26,865 'milyar metreküp' (Gmk) doğal gaz tüketmiş.

Taşıma güçlüğü nedeniyle, doğal gaz daha çok üretildiği coğrafyalarda tüketiliyor. 2005 yılında dünyada tüketilen 2,8 Tmk doğal gazın %16 kadarı uluslararası el değiştirmiş. Bu ticaret hacminin yalnızca %4 kadarı sıvı doğal gaz (LNG) şeklinde. Dünya doğal gaz pazarı,

Dünya Doğal Gaz Ticaretinde Bölgesel Arası Ana Akışlar, 2002 ve 2030 (milyar metreküp)

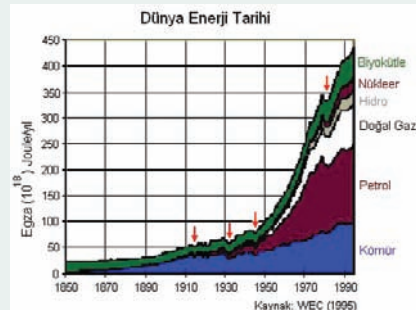


petrolde olduğu gibi bütünleşmiş değil. Bölgesel pazarlar halinde. Kuzey Amerika, Avrupa ve bir de, yeni gelişmekte olan Doğu Asya pazarı var. Yukarıdaki şekilde, dünya doğal gaz ticaretindeki bölgesel arası ana akışlar görülmekte.

Belli bir havzanın doğal kapasitesinden bahsedilirken, yeraltında bulunduğu tahmin edilen gazın tümüne 'kaynak' ve bunun, eldeki teknolojilerle çıkarılması mümkün görülen kısmına da 'rezerv' deniyor. Dünyanın bilinen doğal gaz kaynaklarının %38'i Rusya Federasyonu'nda. %25'i Orta Doğu'da. Bilinen rezervler 150 Tmk civarında. Bu rakama; 'derin'lerde ya da 'sıkıştırılmış' halde bulunan veya 'metanhidrat'larda barınan 'alınmadık gaz' rezervleri dahil değil. Ancak, bu rezervleri çıkarmak daha pahalı olduğu gibi, özellikle metanhidratlarda bağlı olan gazı çıkarma girişimlerinin çevre etkileri kuşku.

Bir havzadaki rezerv miktarının, o havzadan yılda çekilmekte olan gaz miktarına oranına, 'rezerv kullanım oranı' deniyor. Bu oran Kuzey Amerika için 9, Avrupa için 24. Avrupa doğal gaz piyasasına hakim olan Rusya Federasyonu için 80. Orta Doğu için 480 civarında. Dünya ortalaması ise 70. Yani, bilinen rezervler, şimdiki tüketim hızıyla 70 yıl yetecek kadar. Doğal gaz üretiminin 2020 yılından sonra Hubbert'in zirvesine ulaşması bekleniyor. Petrol için zirve şu sıralarda ulaşıldığı sanılmakta. Bu tarihler biraz gecikebilir. Fakat, biyoloji kökenli oluşum kuramının doğruluğu ve fosil yakıtların sınırlılığı varsayımıyla, er ya da geç kaçınılmaz...

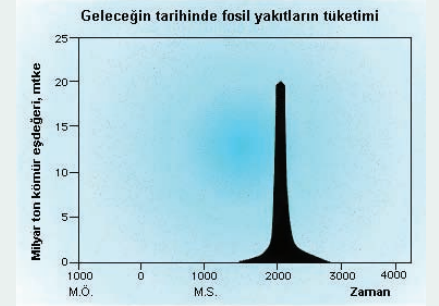
Aşağıdaki şekilde Dünya'nın geçmişteki enerji tüketim grafiği görülüyor. Enerji tüketimi 20. Yüzyıl'da üstel bir artış izlemiştir. Bu üstel artışın aksaması olduğu kırmızı oklarla işaretli bölgelere bakıp, 20. Yüzyıl'ın tarihini hatırlamak mümkün. Sırasıyla; 1914 sonrasında I. Dünya Savaşı, 1930 sonrasında Büyük Kriz'in derinleşmiş hali, 1939 sonrasında II. Dünya Savaşı, 1979'da 'Petrol Şoku'nun yol açtığı eko-



nomik durğunluk dönemleri var. Grafiğin altındaki, herhangi bir yıla kadarki alan, o yıla kadar tüketilmiş olan toplam enerji miktarını veriyor. Asıl çarpıcı durum burada: II. Dünya Savaşı'ndan bu yana dünyamız, daha önceki tüm zamanlarda tüketmiş olduğu enerjinin yaklaşık 10 misli kadarını tüketmiş. Bundan sonrası?...

Dünya ekonomisi 20.

Yüzyıl'da, görece ucuz fosil yakıtlara sırt vererek büyüdü. Coğrafyalar arasında dengeli bir şekilde olmamakla beraber, ortalama refah ve tüketim, keza üstel olarak arttı. İnsanlık adeta, ağır çözeltilisinden bir damlaya rastlayıp etrafında toplanarak ziyafet sarhoşluğuna kapılmış bir bakteri kolonisi gibiydi. Temel sağlık hizmetlerinin yaygınlaşmasıyla nüfus, belki de tarihte daha önce hiç olmadığı kadar hızla çoğalıp 10 milyarı aştı. Bu 'başarılı' performansın ardındaki en önemli etkenlerden birisi, enerji kaynaklarının bolluğu ve ekonomilerin, kısa dönemli iniş çıkışların dışında büyümeye devam edeceği beklentisiydi. Bu psikoloji



sayesinde, başta parası rezerv olarak kullanılan ülkelerde olmak üzere, devletler ülkeler aşırı enflasyona yol açmaksızın karşılıksız para basabildi. Bankalar, mevduat hacimlerinin ötesinde krediler açarak beklentileri finanse edebildi. Verimli bir döngü yaşandı ve Dünya, Hubbert Zirvesi'ne doğru hızla tırmadı. Fosil yakıtlara alternatiflerin geliştirilememesi halinde, yaşamakta olduğumuz 'ziyafet'in tahmine dayalı seyri üstteki grafikte görülüyor. Zirve sonrasında, aşağıya iniş sırasında, şimdi hakim olan psikolojik beklentilerin tersine dönmesi kaçınılmaz. Enerji yetmezliğinden dolayı ekonomilerin giderek küçüleceği, küçülmesi beklenen bir geleceğe doğru para arzının ve kredilerin daralacağı; bunun da korkulan olumsuzlukları şiddetlendirerek, zirveye tırmanış sırasında yaşanan verimli döngüyü tersine, bir 'kısıp döngü'ye çevireceği endişeleri var. 'Kendi kendini gerçekleştiren kehanet'ler.

Kaldı ki, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan sera gazı salımlarının iklim değişikliğine yol açtığı endişesi nedeniyle, bu yakıtların kalan rezervlerinin tüketim hızını frenleme yönünde çabalar var. Kyoto Protokolü doğrultusundaki bu çabalar, giderek yoğunlaşıyor. Neydi onlar, sera gazları?...