



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2008, Volume: 3, Number: 2
Article Number: C0044

SOCIAL SCIENCES

ECONOMICAL SOCIOLOGY

Received: November 2007

Accepted: January 2008

© 2008 www.newwsa.com

Özgür Aslan

Burcu Özcan

Istanbul University

ozgaslan@istanbul.edu.tr

Istanbul-Turkiye

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE HİDROJEN ENERJİSİ

ÖZET

Enerji, sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmada oldukça önemli bir yere sahiptir. Özellikle fosil temelli yakıtların toplumların enerji ihtiyacını karşılamada kullanılması önemli ekonomik, çevresel ve sosyal sorunlara yol açmaktadır. Bu açıdan bakıldığında hidrojen enerjisi bu problemlerin çözümünde önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir enerji taşıyıcısı olan hidrojenin geleceğin enerji senaryolarında önemli bir yere sahip olacağı beklenmektedir. Bu bağlamda çalışmada, sürdürülebilir kalkınma enerji ilişkisi değerlendirilmeye ve hidrojen enerjisi ile hidrojen ekonomisi kavramları tanıtılmaya çalışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Hidrojen Enerjisi, Hidrojen Üretimi, Hidrojen Ekonomisi

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND HYDROGEN ENERGY

ABSTRACT

Energy has great importance in achieving sustainable development goal. Especially utilization of fossil-based fuels used to meet energy needs of societies lead to serious economical, ecological and societal problems. Nowadays, hydrogen energy is seem to be an alternative to the solutions of cited problems. Furthermore hydrogen is expected to have an important role in future of energy scenarios. In this context, in this paper it is tried to examine sustainable development and energy nexus and hydrogen energy and hydrogen economy concepts introduced.

Keywords: Sustainable Development, Hydrogen Energy, Hydrogen Production, Hydrogen Economy

1. GİRİŞ (INTRODUCION)

Tarihte ilk kez insan faaliyeti, gezegenin iklimini ve biyolojik karışımını değiştirebilecek düzeye ulaşmıştır. Üretim için kullanılan enerji, fosil yakıtların yanmasından elde edilmekte ve bu karbon emisyonuna yol açmaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra ortaya çıkan gaz emisyonu, etkinin boyutu üzerinde henüz bir bilimsel uzlaşma bulunmamasına karşın, yeryüzünün iklimini değiştirmiştir (Chichilnisky, 1997:467).

Sanayi devriminden günümüze, yenilikçi enerji teknolojileri, teknolojik ve ekonomik ilerleme açısından büyük önem taşımıştır. Fosil kaynaklardan elde edilen, kolayca ulaşılabilir elektrik ve termal enerji, toplumların bağımlı hale geldiği üretim, ulaştırma ve iletişim altyapısının gelişmesini kolaylaştırmıştır. Diğer yandan, bu ilerleme, aşırı derecede çevresel ve sosyal maliyetlere yol açmıştır. İklim değişikliği, yeraltı suyu kirliliği ve doğal ortam tahribatı, fosil temelli yakıt enerjisini kullanmasının çevresel sonuçları olarak görülmektedir (Wilhelm ve Fowler, 2006:278).

Karbonsuzlaştırmaya yönelik eğilim, birçok enerji tahmin edicisinin hidrojenin gelecekte yakıt tercihi olacağı iddiasını yansıtmaktadır. Bu tahminçiler, güç tesislerinin ve motorlu araçların hidrojenle çalışacağına inanmaktadırlar. Ortaya çıkan ekonomiler hidrojene dayalı olacak ve hidrojen ekonomileri olarak adlandırılacaktır (Fanchi, 2005:143).

2. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Çalışma, sürdürülebilir kalkınmanın ne anlama geldiği, taşıdığı önem, içermiş olduğu boyutlar üzerine odaklanmaktadır. Özellikle son dönemlerde artan çevresel sorunlar, sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu önemli hale getirmiştir. Çevresel açıdan sürdürülebilir bir kalkınmanın elde edilmesi ise, geleneksel fosil-temelli yakıtlar yerine, alternatif ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gündeme getirmiştir. Su (hidro), güneş, jeotermal ve güneş enerjisinden ibaret olan bu yeşil enerji kaynakları, çevreye zarar vermemekte, bu nedenle de günümüzde birçok ülke tarafından kullanımları doğrultusunda gerekli alt-yapılar oluşturulmaktadır. Çalışmada ise, bu kaynaklardan hidrojenin üzerinde durulmuş ve hidrojenin çevresel açıdan sürdürülebilirliğin elde edilmesi üzerindeki rolüne değinilmiştir. Çeşitli kaynaklardan rahatça temin edilen hidrojen, sera gazı salınımına yol açmamakta, borular aracılığı ile her yere oldukça güvenli ve rahatça dağıtılabilmektedir. Bu nedenle de önemli bir enerji taşıyıcısı olarak hizmet etmektedir.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA (SUSTAINABLE DEVELOPMENT)

Sürdürülebilir kalkınma (SK) kavramının ilk ortaya çıkışı, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'na hazırlanan "Ortak Geleceğimiz" adlı rapora dayanmaktadır (Meadowcroft, 2000:370). Diğer adı Brundtland Raporu olan Raporda SK, "bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeksizin karşılamak" olarak tanımlanmıştır (WCED, 1987:43). SK kavramı, tüm dünyadaki politikacılar ve uzmanlar tarafından kullanılmasına karşın, hala yenidir ve tek bir yorumu bulunmamaktadır. SK kavramı gelişmeye devam etmekte, sürekli olarak revize/rafine edilmekte ve genişletilmektedir (Soubbotina, 2004:8).

Ekonomistler SK'yı, her bir izleyen nesile, aynı veya daha fazla sermaye stokunun (doğal, beşeri, insan yapımı) intikal etmesi olarak karakterize etmektedirler (Custance ve Hillier, 1998:282). Diğer yandan SK, "mali ve fiziksel varlıkların yanı sıra tüm varlıkların, doğal kaynaklar ve beşeri kaynakların, insanlığın uzun dönemli refah



ve iyiliği için yönetilmesi ve işletilmesini sağlayan bir kalkınma stratejisi" olarak görülebilir (Bozlağan, 2004:2). Dünya Bankasına göre ise SK, devam eden bir kalkınmadır ve bu kalkınma sadece ekonomik büyümeyle ilgili değildir. Önem taşıyan unsurlardan biri, hem şimdiki hem de gelecek nesiller arasındaki eşitliktir (Sarkar, 1997:98).

Başlangıçta SK, sadece çevreyi ve doğal kaynakları korumak ile insan neslinin kalkınmayla ilgili ihtiyaçlarına cevap vermek arasındaki çatışmayı kasetmek için kullanılmıştır. Buna karşın, daha sonraları SK'nın hem insanlar, hem de uluslar arasındaki fakirlik seviyesinin azaltılması ve sosyal eşitliğin daha fazla sağlanması gibi, belirli sosyal ve ekonomik değişimler olmaksızın mümkün olmayacağına farkına varılmıştır (Plessis, 1999:379).

Ekolojistlere göre, yaşam kalitesi çevre kalitesine dayalıdır. Bu nedenle, ekolojik bütünlüğü ve doğal çevrenin sindirme kapasitesini muhafaza etmek, ekonomik sistemin fonksiyonlarını icra etmesi açısından çok büyük önem taşımaktadır (Asafu-Adjaye, 2005:304). SK, karbondioksit gibi sera gazlarının salınımının azalmasını gerektirmektedir. Fosil yakıtların yanması, karbondioksit salınımının 3/4'lük kısmını açıklamaktadır. SK için sınırlandırılmış kirlenme, etkin kaynak yönetimi ve temiz teknolojiler gerekmektedir (Sarkar, 1997:100).

4. ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ARASINDAKİ İLİŞKİ (THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT)

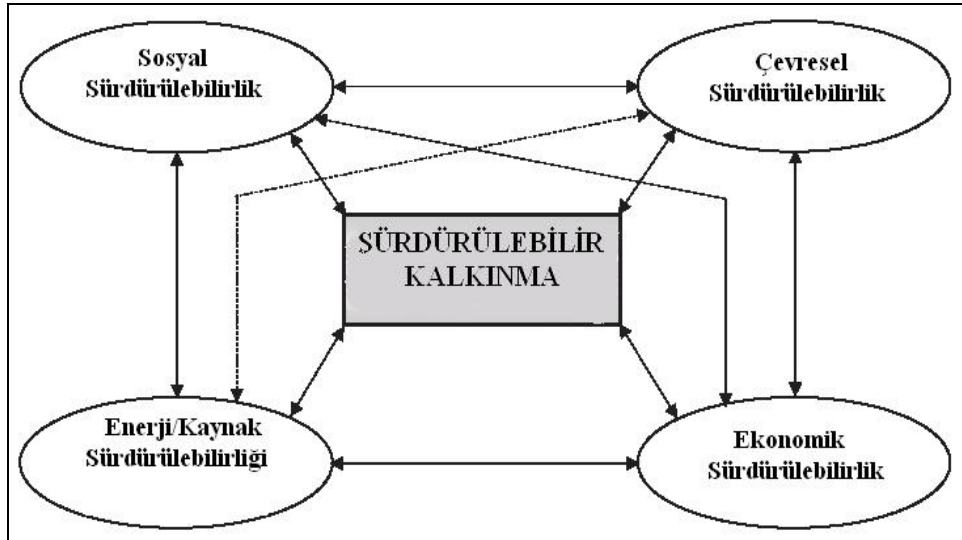
Enerji, SK açısından temel bir ikilem yaratmaktadır. Enerjinin sosyo-ekonomik amaçlara ulaşmada gerekliliğine karşın, fosil temelli enerji sistemleri özellikle atmosfer kirliliği ve iklim değişmesi gibi çevresel sorunlar ile yakından ilintilidir (Gururaja, 2003:53). Enerjinin üretimi, dönüşümü ve kullanımından kaynaklanan birçok çevresel sorun bulunmaktadır. Örneğin; enerjinin önemli rol oynadığı 11 tane çevresel kaygı tanımlanabilir: büyük çevresel kazalar, su kirliliği, toprak kullanımı ve mekan etkisi, deniz kirliliği, radyasyon ve radyoaktivite, katı atık atımı, zararlı hava kirleticileri, hava kalitesindeki düşme, asit tortuları, ozon tabakasındaki incelme ve küresel iklim değişikliği. Enerji politikası, 1970'li ve 1980'li yıllarda büyük ölçüde ekonomik faktörleri dikkate alırken, temiz yakıtlar ve enerji teknolojileri yanında enerji etkinliği yoluyla çevresel etki kontrolü konusu, son on yıl boyunca artan şekilde ilgi çekmiştir (Rosen ve Dinçer, 2001:5).

Yukarıda bahsi geçen iklim değişikliği, küresel çözümler gerektiren küresel bir sorundur. Bu sorunla ilgili olarak, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tartışılan konular farklılık göstermektedir. Sanayileşmiş ülkelerde üzerinde durulan temel konular, enerji etkinliği ve daha az kirletici özelliğe sahip enerji kaynaklarına geçiştir. Gelişmekte olan ülkelerde ise enerjiye, yoksulluğun azaltılmasını sağlayacak olan ekonomik büyümenin arttırılmasında ihtiyaç duyulmaktadır (Stigson, 1999:428).

Bir ülkenin ayakta kalabilmesi için gereken en önemli unsurlardan biri enerjidir. Fabrikaların çalışmasından evlerde ocakların yanmasına, ulaşımın sağlanabilmesinden iletişime, kısacası hayatın sürdürülebilmesi için gerekli herşey enerjiye bağlıdır. Enerji sorunu bir ülkenin fonksiyonlarını olumsuz biçimde etkileyebilir. Bir ülkenin milli güvenliği ve refahı enerji gücü ile ölçülebilir. Enerji olmadan bir ülkenin kendini savunabilmesi mümkün değildir. Ülkelerin savunma, savunma sanayi ve enerji kaynakları, kendi ulusal güçlerince keşif ve idare edilebildiği taktirde, o ülkenin güvence ve konforu o ülkenin gelecek nesilleri için daha sürdürülebilir ve umut verici olabilir (Alniak, 2006:155-156).

Güvenli enerji kaynakları arzının, bir toplumun kalkınması için gerekli olduğu, fakat yeterli bir unsur olmadığı görüşü genellikle kabul görmektedir. Üstelik SK, sürdürülebilir enerji kaynaklarının arzını gerektirmektedir. Sürdürülebilir enerji hizmetlerine erişim, SK'nın gerekli unsurlarından biridir (Volpi, 2005:84). Bir toplumdaki SK'nın, uzun dönemde hazır ve sürdürülebilir olarak uygun maliyetlerde mevcut ve negatif sosyal etkilere yol açmaksızın, tüm görevler için kullanılabilir enerji kaynakları arzını gerektirmektedir. Fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğal gaz) gibi enerji kaynakları arzının genellikle sınırlı olduğu kabul görmekte; güneş ışığı, rüzgar ve su (hidro) gücü genellikle yenilenebilir olduğunun ve uzun bir zaman boyunca kullanılabilirliğinin altı çizilmektedir. Bunlara ek olarak, faydalı enerji formlarına çevrilebilir atıklar ve biyokütle yakıtlar da sürdürülebilir enerji kaynakları olarak görülmektedir. SK, enerji kaynaklarının olabildiğince etkin kullanımını da gerektirmektedir. Bu doğrultuda, toplum enerji kullanımıyla ilişkili negatif etkileri (çevresel bozulma gibi) minimize ederken, enerji kaynaklarının kullanımından elde edeceği faydaları maksimize edebilir (Dinçer ve Rosen, 1999:437). Enerji tüketimi ile sürdürülebilirlik arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır. Aşağıdaki şekilde SK, çevresel, ekonomik, sosyal ve enerji/kaynak sürdürülebilirliği olarak dört alt temelde gösterilmektedir (Midilli vd, 2006:3624).

Şekil 1. Sürdürülebilir kalkınmayı etkileyen faktörler ve birbirleri ile olan ilişkileri
(Figure 1. Factors which effect sustainable development and each other)



Kaynak: Midilli vd, 2006:3625.

SK'yı gerçekleştirebilmek için yeşil enerji, hem sanayi hem de yerel uygulamalardaki enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynayabilir. Bu nedenle, bir ülkedeki SK amacı doğrultusunda, yeşil enerji stratejileri ve teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanılmasına öncelik verilmesi gerekmektedir. Yeşil enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin yaygın biçimde kullanımı, hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerdeki enerji sektöründeki sürdürülebilirlik için büyük önem taşımakta ve öncelik verilmesi gereken temel konular arasında yer almaktadır (Midilli vd, 2006:3625).

1970'lerdeki petrol krizinden itibaren, alternatif enerji kaynakları ve vektörlerinin geliştirilmesi çabalarına önemli miktarda kaynak aktarılmıştır. Rekabet halindeki tüm alternatifler içinde, en



çok umut vaat eden alternatif olarak, hidrojen enerji sistemleri ortaya çıkmıştır. Hidrojen, enerjiyi etkin bir şekilde depolayacak, bir yerden başka bir yere taşıyacak ve ulaştırma uygulamaları için yerinde enerji kaynağı sağlayacaktır. Hidrojen ekonomisinin avantajları; enerji sistemi veriminin artması, şehrin hava kalitesinin iyileştirilmesi, enerjiyi güvenli ve verimli bir şekilde depolayarak aralıklı olarak yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve sera gazı salınımlarının azaltılması olarak sayılabilir (Wilhelm ve Fowler, 2006:278).

5. HİDROJEN VE HİDROJEN ENERJİSİ (HYDROGEN AND HYDROGEN ENERGY)

Hidrojen Yunanca su anlamına gelen "hydro" ve oluşturan anlamına gelen "genes" sözcüklerinden meydana gelmiştir. Periyodik tablodaki ilk element olan hidrojen, evrendeki en basit, en hafif ve en bol bulunan elementtir. Evrenin kütesinin %75'inden fazlasının hidrojenden oluştuğu tahmin edilmektedir. Yüksek kimyasal reaktivitesi nedeniyle, yeryüzünden nadir olarak serbest bulunmaktadır (Contreras vd., 1999:1042). Hidrojen gezegenimizin %60'ını kaplayan suyun temel bileşenidir. Hidrojen, hayvanlarda, insanlarda, bitkilerde, fosil yakıtlarda ve diğer kimyasal bileşiklerde farklı biçimlerde görülmektedir (Midilli vd, 2005:261). Hidrojenin yakıt olarak kullanımı fikri oldukça eskidir ve 1766 tarihinde Henry Cavendish tarafından hidrojenin ayrıştırılması işlemine ve 1839'da William Robert Grove tarafından yakıt hücrelerinin geliştirilmesine kadar gitmektedir (Penner, 2006:34).

Hidrojenin hem üretimi hem de kullanımı salınımsız olabilir. Hidrojen çeşitli hammaddelerden elde edilebilir (fosil kaynaklar, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji). Bu özellikler hidrojeni, birincil kaynak olarak yenilenebilir enerjiyi kullanan gelecek sürdürülebilir enerji sistemi için ideal bir aday haline getirmektedir (Conte vd, 2001:173). Hidrojen, yeni enerji vektöründe istenilen bütün özelliklere sahiptir ve bundan dolayı, birkaç on yıl içinde uluslararası enerji arenasında önemli bir rol oynayacağını belirtmek çok iddialı değildir (Contreras vd, 1999:1042).

Hidrojen ekonomileri hidrojenin üretilmesi, depolanması, taşınması ve kullanılması için ileri teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır (Fanchi, 2005:144). Büyük ölçekli hidrojen üretimi için en mantıklı kaynak sudur. Sudan hidrojen üretim teknolojileri elektrolizi, termolizi, termokimyasal döngüleri, fotolizi içermektedir. Bunların içerisinde yer alan ve temel olarak basit bir sürece dayanan elektroliz oldukça gelişmiş bir teknolojiye sahip, etkin ve hareketli parça içermeyen bir yöntemdir. Elektroliz sürecinin tipik verimi, %72 ile %82 arasındadır. Diğer yandan, piroliz/gazlaştırma süreçleri yoluyla biyokütleden de hidrojen elde edilmektedir (Sherif vd., 2005a:63-65).

Hidrojen, özellikle bataryalar gibi elektrokimyasal araçlarla karşılaştırıldığında, depolama amaçları için ideal sayılabilecek bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojende, depolama sırasında ortaya çıkan enerji bozulması düşük düzeylerde gerçekleşmektedir. Derin-devirli bataryalar gibi enerji depolama araçları, zaman ilerledikçe enerji sızdırma eğilimindedir. Eğer enerji birkaç günden uzun bir süre saklanacaksa, depolanan enerjinin bir kısmı, batarya içindeki sızıntı nedeniyle kaybedilebilir. Buna karşın hidrojen, enerjiyi neredeyse sıfır sızıntıyla uzun bir süre boyunca depolayabilir (Waegel vd, 2006:290).

Hidrojenin, günlük ve sezonluk enerji kaynak mevcudiyeti ve talebi arasındaki farklılıkların üstesinden gelebilmek için depolanmasına gerek duyulmaktadır. Depolama boyutuna ve uygulamaya bağlı olarak, farklı hidrojen depolama sistemleri bulunmaktadır



(Sherif vd, 2005b:649). Hidrojen günümüzde basınçlı tanklarda gaz olarak, izole edilmiş tanklarda sıvı hidrojen olarak, hidrokarbonlarda, karbon nanotüplerde, cam mikrokürelerde ve metal hidrürlerde depolanabilmektedir (Conte vd, 2001:176-180).

Hidrojen, doğal gaz veya hava gazına benzer şekilde borular aracılığıyla her yere güvenli ve kolay bir biçimde taşınabilir. Buna karşın, hidrojenin en hafif gaz olması dolayısıyla, diğer ağır gazlardan farklı olarak, özellikle yüksek basınçta kolaylıkla dağılır ve kaçaklara sebep olabilir. Bundan dolayı, hidrojen nakil eden boru hatlarının ve bağlantı unsurlarının sızdırmazlığının hava ve buhar hatlarına göre çok daha fazla olması gerekmektedir (Ayvaz, 1998:8).

6. HİDROJEN EKONOMİSİ (HYDROGEN ECONOMY)

Hidrojen ekonomisi terimi, 1970 yılında tüm ulaşım türleri için hidrojeni yakıt olarak öngören, General Motor'un mühendisleri tarafından kullanılmıştır. Hızla gelişen yakıt hücreleri teknolojisi doğal gaz, metanol, etanol ve hidrojen gibi diğer alternatif enerji kaynaklarına kapı aralamaktadır. Buna karşın, hidrojenin atık ürün olarak su üretmesi hidrojeni avantajlı duruma getirmektedir (Ramirez-Salgado ve Estrada-Martinez, 2004:255).

Hidrojen enerjisi ve hidrojen ekonomisine ilişkin ilk uluslararası konferans 1974 yılında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, aynı yıl Uluslararası Hidrojen Enerjisi Derneği (IAHE) faaliyete geçmiştir (Bockris vd, 2001:18-19). IAHE'nin ilk faaliyetlerinden biri Hidrojen Enerjisi topluluğu için bir platform sunacak olan Dünya Hidrojen Enerjisi Konferansları'nı (WHEC) düzenlemek olmuştur (Momirlan ve Veziroğlu, 2002:162-163). 16. WHEC Fransa Lyon'da 2006 yılında yapılmıştır. 1970 yılından önce neredeyse bilinmeyen "hidrojen enerjisi" "hidrojen ekonomisi" ve "hidrojen enerji sistemi" kelimeleri yapılan çalışmaların sonucu olarak günümüzde iyi bilinmekte ve geniş bir kitle tarafından kabul edilmektedir (Momirlan ve Veziroğlu, 2002:163).

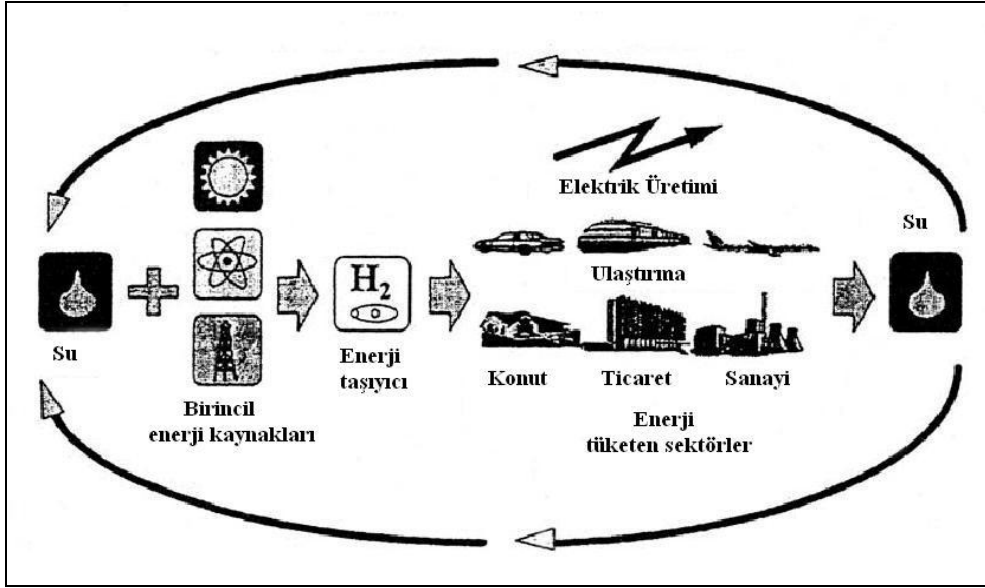
Hidrojen ekonomisi terimi, enerjimizin büyük bölümünün sera gazları salınımına yol açmayan kaynaklardan (yeşil kaynaklardan) üretilen hidrojen tarafından sağlandığı bir zamanı betimlemektedir (Romm, 2004:19). Hidrojen ekonomisi, yalnızca yakıt karışımında bir değişiklik önerisi değildir. Geleneksel veya alternatif enerji kaynaklarından, farklı son kullanımlara enerji taşımak için hidrojeni kullanan bir takım teknolojinin geliştirilmesini ve yayılmasını gerektirmektedir. Hidrojen bir enerji taşıyıcısıdır, bir enerji kaynağı değildir ve diğer kaynaklardan gelen enerjinin depolanmasına ve iletilmesine yarayan bir araç görevi görmektedir (Waegel vd, 2006:288).

Hidrojen ekonomisinin beklenen ekonomik, sosyal ve çevresel avantajları, bazı faydalar tartışılmasına karşın, iyi tanımlanmıştır. Hidrojenin genel olarak, minimum sızıntı ve atık ile tüketildiğinde, temiz ve bol bir enerji taşıyıcısı olduğu düşünülebilir (Waegel vd, 2006:289). 21. yy, enerji-ekonomi-ekoloji uyumu açısından hidrojen çağı olacaktır.

Hidrojen enerji sistemi;

- Sera etkisi, kirlilik ve asit yağmurları problemlerini çözecek,
- Temiz ve devamlı bir enerji sistemini yerleştirecek,
- İstihdam sağlayacak,
- Petrol ithalatını azaltacak,
- Yeni bir enerji teknolojisi için ihracat potansiyeli oluşturacak,
- Ticaret açığını azaltacak ve
- Çevreyi koruyarak ekonomiye destek olacaktır (Şahin, 2006:123).

Şekil 2. Sürdürülebilir kalkınma için hidrojen enerjisi
(Figure 2. Hydrogen energy for sustainable development)



Kaynak: Momirlan ve Veziroğlu, 2002:163.

Hidrojen ekonomisine geçişin birkaç safhayı içerecek uzun bir dönem sonunda gerçekleşeceği beklenmektedir. Bu dönemler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Midilli vd, 2005:263).

- Kısa dönemde, hidrojen öncelikli olarak hem merkezi hemde dağıtılmış uygulamalarda, doğal gazın "ileri buhar biçimlendirmesi" ile üretilecektir. Bu süreç, atmosfere salınan karbondioksit miktarını azaltmada olanak sunmaktadır. Çünkü buhar biçimlendirmesinin yan ürünü olan yüksek saflıkta karbondioksit toplanabilir ve kullanılabilir veya tükenmiş doğal gaz alanları ile kömür yataklarında depolanabilir (Midilli vd, 2005:263).
- Orta dönemde hidrojen kullanan yakıt hücreleri elektriğin yerinde üretimini sağlarken, elektrik hizmet sanayi için fırsatlar sunacaktır. Elektriğe ilaveten, yakıt hücreleri sıcak su, alan ısıtması ve sanayi süreçler için termal enerji üretecektir. Bu safha boyunca hidrojen, artan bir şekilde kömürden ve biyokütlenin pirolizi veya gazlaştırılmasından elde edilecektir (Midilli vd, 2005:265-266).
- Uzun dönemde güçlenmiş hidrojen piyasaları ve büyüyen hidrojen altyapısı, yenilenebilir hidrojen sistemleri için fırsatlar yaratacaktır. Örneğin rüzgar türbinleri veya fotovoltaik enerji teknolojileri, yakıt hücreleri için hidrojen üretimini sağlayan elektrolizi besleyecektir. Yakıt hücreleri hidrojeni, yüksek talep zamanlarında elektrik sağlamak veya aralıklı enerji kaynaklarını tamamlamak için kullanacaktır. Ayrıca, bu dönemde hidrojeni su ve güneş ışığından üreten ve hidrojeni yüksek enerji yoğunluğunda depolayan ileri teknolojilerin ortaya çıkışı ve gelişiminin görülmesi olasıdır. Hidrojeni üreten depolayan ve kullanan ileri teknolojilerin piyasa penetrasyonu, hidrojen ekonomisinin inşasına işaret edecektir (Midilli vd, 2005:266).

7. SONUÇ (CONCLUSION)

Son yıllarda yaşanan çevresel sorunlarla birlikte, sürdürülebilir kalkınma, üzerinde oldukça fazla durulan bir konu haline gelmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, sadece ekonomik boyutu olan



bir konu değildir; çevresel ve sosyal boyuta da sahiptir. Bazen ise bu boyutlara, dördüncü bir boyut olarak enerji boyutu da eklenmektedir. Enerji ve çevre boyutu ise, birbirlerini tamamlamaktadırlar. Çünkü, çevresel açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması için, fosil yakıtların yerine, alternatif enerji kaynaklarının, başka bir ifadeyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu yeni kaynaklar, hem tükenmemekte, hem de çevre kirliliğine neden olmamaktadırlar. Fosil yakıtlar sera gazlarının salınımına yol açmakta ve sera gazı etkisine yol açarak, küresel ısınma, ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları gibi bir dizi çevresel problemlere yol açmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş, jeotermal, su, nükleer güç) ise, yeşil enerji kaynakları olup, çevresel açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması yolunda oldukça önemli adımları temsil etmektedirler. Hidrojen enerjisi ve hidrojen ekonomisi ise, bu doğrultuda oldukça büyük önem arz etmektedirler. Hidrojenin birçok hammaddeden (fosil yakıtlardan, yenilenebilir enerji kaynaklarından, nükleer güçten vs.) kolayca elde edilmesi onu önemli bir enerji taşıyıcısı haline getirmektedir. Aynı zamanda hidrojenin, sera gazları salınımına yol açmaması ve taşınmasının ise, borular, tankerler aracılığı ile oldukça kolay ve güvenilir bir şekilde yapılması nedeniyle, yeşil ya da yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir ekonominin kurulmasında oldukça büyük bir önem arz ettiği ifade edilebilir.

KAYNAKLAR (BIBLIOGRAPHY)

- Alniak, O.M., (2006). Milli Güvenliğin Bir Unsuru Olarak Enerji Politikalarının Analizi, In: Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu, Tasam Yayınları, Yayın No:24, pp:155-160.
- Asafu-Adjaye, J., (2005). Environmental Economics For Non-Economists, World Scientific, Second Edition, Singapore.
- Ayvaz, Z., (1998). Hidrojen Enerjisine Giriş, Kaynak Yayınları, İzmir.
- Bockris, O'M.J., Veziroğlu, T.N. ve Smith, D.L., (2001). Geleceğin Enerjisi Güneş ve Hidrojen, Çev. Ömer Faruk Noyan, Kaynak Yayınları, İstanbul.
- Bozlaşan, R., (2004). Sürdürülebilir Gelişme Kavramı Üzerine Yapılan Tartışmalara Bir Bakış, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:18, pp:1-19.
- Conte, M., Iacobazzi, A., Ronchetti, M., and Vellone, R., (2001). Hydrogen economy for a sustainable development: state-of-the-art and technological perspectives, Journal of Power Sources, Volume:100/1-2, pp:171-187.
- Contreras, A., Carpioa, J., Moleroa, M., and Veziroglu, T.N., (1999). Solar hydrogen an energy system for sustainable development in Spain, International Journal of Hydrogen Energy, Volume:24, pp:1041-1052.
- Custance, J. and Hillier, H., (1998). Statistical issues in developing indicators of sustainable development, Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society), Volume:161, pp:281-290.
- Chichilnisky, G., (1997). What is sustainable development?, Land Economics, Volume:73, pp:467-491.
- Dincer, İ. ve Rosen, M.A., (1999). Energy, environment and sustainable development, Applied Energy, Volume:64, ss:427-440.
- Fanchi, R.J., (2005). Energy in The 21st Century, World Scientific Publishing Company.



- Gururaja, J., (2003). Energy for sustainable development: Review of national and international energy policies, Natural Resources Forum, Volume:27, pp:53-67.
- Meadowcroft, J., (2000). Sustainable Development: a New(ish) Idea for a New Century?, Political Studies, Volume:48/2, pp:370-387.
- Midilli, A., Ay, M., Dincer, I., and Rosen, M.A., (2005). On hydrogen and hydrogen energy strategies: I: current status and needs, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume:9, pp:255-271.
- Midilli, A., Dincer, İ., and Ay, M., (2006). Green energy strategies for sustainable development, Energy Policy, Vol.:34, pp:3623-3633.
- Momirlan, M. and Veziroglu, T.N., (2002). Current status of hydrogen energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume:6/1-2, pp:141-179.
- Penner, S.S., (2006). Steps toward the hydrogen economy, Energy, Volume:31, ss:33-43.
- Plessis, C.D., (1999). Sustainable development demands dialogue between developed and developing worlds, Building Research & Information, Volume:27, pp:378-389.
- Ramírez-Salgado, J. and Estrada-Martínez, A., (2004). Roadmap towards a sustainable hydrogen economy in Mexico, Journal of Power Sources, Volume:129, pp:255-263.
- Romm, J.J., (2004). The Hype About Hydrogen: Fact and Fiction in The Race To Save The Climate, Island Press.
- Rosen, Marc A. and Dinçer, İ., (2001). Exergy as the confluence of energy, environment and sustainable development, Exergy, an International Journal, Volume:1, pp:3-13.
- Sarkar, A.U., (1997). Sustainable Development and Technology, The Environmentalist, Volume:17, pp:97-102.
- Sherif, A., Barbir, F., and Veziroglu, T.N., (2005a). Towards a Hydrogen Economy, The Electricity Journal, Volume:18, pp:62-76.
- Sherif, S.A., Barbir, F., and Veziroglu, T.N., (2005b). Wind energy and the hydrogen economy—review of the technology, Solar Energy, Volume:78, Issue:5, pp:647-660.
- Soubbotina, T.P., (2004). Beyond Economic Growth: An Introduction To Sustainable Development, The World Bank, Second Edition, Washington, D.C..
- Stigson, B., (1999). Sustainable development for industry and society, Building Research & Information, Volume:27, pp:424-430.
- Şahin, S., (2006). Nükleer Hidrojen Üretimi, In: III. Ulusal Hidrojen Enerjisi Kongresi Bildiri Kitabı, pp:123-128.
- Volpi, G., (2005). Renewable Energy For Developig Countries: Challenges and Opportunities, In:Laubert, Volkmar (eds), Switching to Renewable Power, Earthscan Publication.
- Waegel, A., Byrne, J., Tobin, D., and Haney, B., (2006). Hydrogen Highways: Lessons on the Energy Technology-Policy Interface, Bulletin of Science, Technology & Society, Volume:26, No:4, pp:288-298.
- WCED, (1987). Our Common Future, Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Wilhelm, E. and Fowler, M., (2006). A Technical and Economic Review of Solar Hydrogen Production Technologies, Bulletin of Science, Technology & Society, Volume:26, pp:278-287.