

## **CO<sub>2</sub> Kaynakları**

**ÇEVİRİ (translation into Turkish Language) :**

**JEOLOJİ MUH. Ender Ragıp ARSLAN**

**arsender@hotmail.com**

## Özet

CO<sub>2</sub> tutum ve depolama değerlendirmesi, CO<sub>2</sub> kaynaklarının ayrıntılı bir tarifini gerektirir. Tutum için belirli bir CO<sub>2</sub> kaynağının çekiciliği hacmine, konsantrasyon ve kısmi basıncına, entegre sistemine ve uygun bir hazneye olan yakınlığına bağlıdır. CO<sub>2</sub> emisyonları, esas olarak fosil yakıt kullanılan elektrik üretimi, endüstriyel, yerleşim ve taşıma sektörü gibi bir seri kaynaklardan meydana gelmektedir. Elektrik üretimi ve endüstriyel sektörlerde kaynakların çoğunluğu, CO<sub>2</sub> tutum teknolojisi eklenmesine uygun büyük emisyon hacimlerine sahiptir. Büyük sayıdaki küçük kaynak noktaları ve taşımacılıktaki hareketli kaynaklar, günümüzde tutum için elverişli olmayan diğer sektörleri tanımlar. Yine de üretimdeki teknolojik değişimler ve taşıma yakıtlarının özelliği, bu sektörde kullanılan enerjiden doğan karbondioksitin tutumuna imkan sağlayabilir.

7500 üzerinde büyük CO<sub>2</sub> emisyon kaynakları (0.1 Mt CO<sub>2</sub>/yıl) saptanmıştır. Bu kaynaklar coğrafi olarak dünya genelinde dağılmıştır ancak emisyonlardan dört grup gözlemlenebilir: Kuzey Amerika (Orta batı ve Amerika'nın doğu kıyısı), Kuzeybatı Avrupa, Güneydoğu Asya (doğu kıyısı) ve Güney Asya (Hindistan Yarımadası). Gelecek için tahminler (2050'ye kadar), elektrik ve endüstri sektörlerinde emisyon kaynakları sayısının baskın olarak Güney ve Güneydoğu Asya'da artacağı, buna karşılık Avrupa gibi bazı bölgelerde tutum ve depolama için uygun olan emisyon kaynakları sayısının da yavaş yavaş azalacağı yönündedir.

Emisyon kaynaklarının coğrafi dağılımı ile jeolojik depolamaya uygun elverişli durumların karşılaştırılması sonucu, kaynaklar ile bu durumlar arasında iyi bir ilişki olduğu görülebilir. Emisyon kaynaklarının büyük bir bölümü, jeolojik depolama için potansiyel bulunduran bölge üzerinde veya 300 km yakınında bulunmaktadır. Ancak bu gibi bölgelerin jeolojik depolama için uygunluğunun onaylanması açısından ayrıntılı bir çalışma yapılması gerekmektedir. Okyanusal depolama konusunda ise, bu yöndeki çalışmalar büyük kaynakların sadece küçük bir bölümünün muhtemel okyanusal depolama sahasına yakın olacağı belirtilmiştir.

Emisyon kaynaklarının çoğunluğu, tipik olarak %15'ten düşük CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına sahiptir. ancak küçük bir bölümü (%2'den az), CO<sub>2</sub> tutum için daha elverişli olan %95 oranını aşmaktadır. Yüksek içerikli kaynaklar, sadece dehidrasyon ve sıkıştırma işlemi gerektirdiğinden düşük içerikli kaynaklara göre daha az tutum masrafı imkanı sunar. Yüksek ve düşük içerikli CO<sub>2</sub> kaynaklarının gelecekteki oranı ekseriyetle

gelecekte santral boyutlarındaki gelişmelere bağlı olduğu kadar hidrojen, biyoyakıt üretimi, fosil yakıtların gazlaştırılması veya sıvılaştırılması oranına da bağlı olacaktır.

Fosil yakıt kaynaklarından sıvı ya da gazlı enerji taşıyıcıları (örneğin, etanol veya hidrojen) üretiminin veya bu enerji taşıyıcıları ya da biyokütleden elektrik üretiminin merkezileştirilmesi gibi teknolojik değişimler de CO<sub>2</sub> tutum ve depolaması için imkan sunabilir. Bu durumlarda elektrik üretimi ve endüstriyel emisyon kaynakları geniş oranda etkisiz kalacaktır fakat enerji tedarik sistemleri ve taşımacılıktan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları, tutum için uygun olacak ek kaynak noktalarının yerini alacaktır. Bu durumda CO<sub>2</sub>, hem jeolojik formasyonlarda hem de okyanuslarda depolanabilecektir. Veri eksikliği nedeniyle bu gibi ek kaynak noktalarının potansiyel sayılarının ya da coğrafi dağılımının güvenilir bir şekilde planlanması mümkün olmamaktadır(hesaplamalar 2050 için 0-1400 Gt CO<sub>2</sub> ya da 0-380 GtC aralığındadır).

## 2.1 CO<sub>2</sub> kaynakları

Bu bölümde karbondioksitin emisyon kaynakları, tutumu, sonrasında da depolamaya uygunluğunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca fosil yakıtlar için alternatif enerji taşıyıcılarına ve bu teknolojinin gelecekteki gelişiminin küresel CO<sub>2</sub> emisyon kaynaklarını ve bu emisyonların tutum ihtimallerini nasıl etkileyeceği konusuna değinilecektir.

Elektrik sektörü, endüstri sektörü ile birlikte şu anki CO<sub>2</sub> emisyonlarında yaklaşık %60 emisyon ile en önemli kaynağı oluşturmaktadır. Gelecek tahminleri, 2050'ye kadar bu sektörlerin payının küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarında %50'ye kadar düşeceğini belirtmektedir(IEA, 2002). Bu sektörlerdeki CO<sub>2</sub> kaynakları, kazan ya da ocaklarda fosil yakıtların yakılması ile üretilir ve tipik olarak büyük egzoz bacalarından salınmaktadırlar. Bu bacalar, büyük durağan (sabit) kaynaklar olarak tanımlanır. Taşıma sektöründeki gibi hareketli kaynaklardan ve yerleşim bölgelerinde kullanılan küçük ısıtma ocakları gibi küçük sabit kaynaklardan ayırt edilir. Büyük durağan kaynaklar, ilave CO<sub>2</sub> tutum tesisleri için potansiyel fırsatlar sunmaktadır. Bu kaynaklardan üretilenlerin hacimleri çoğunlukla büyüktür ve santraller daha sonraki aşamada depolama için yüksek saflıkta CO<sub>2</sub> kaynağı üreten bir tutum tesisi ile donatılabilir. Tabii ki elektrik üretimi ve endüstriyel bölgelerin tamamı tek bir kaynak noktasından emisyonlarını üretmez. Rafineri gibi büyük endüstriyel komplekslerde, tıkalı bulunan bir komplekste bir egzoz gazı toplama sistemi ile entegre edilmesi gerektiğinden ayrıca teknik bir zorluk gösterecek birçok egzoz bacaları olacaktır ki bu da kuşkusuz tutum maliyetine dahil edilir(Simmonds ve diğ., 2003).

Kömür günümüzde %38 elektrik üretimi (2000) ile elektrik sektöründe dominant yakıt durumundadır. Hidro-elektrik %17.5, doğal gaz %17.3, nükleer santral %16.8, petrol %9 ve yenilenebilir enerji %1.6 oranındadır. Kömürün 2020 yılında elektrik üretimi için yine dominant yakıt olarak kalacağı (yaklaşık %36) ve doğal gaz üretiminin de hidro-elektrik üretimini geçerek ikinci en büyük kaynak durumuna geleceği tahmin edilmektedir. Biyokütlenin elektrik sektöründe yakıt olarak kullanılması sınırlıdır. Endüstri sektöründe yakıt seçimi büyük oranda sektöre özgüdür. Arıtma ve kimya sektöründe petrol ve gaz öncü yakıtlardır. Çimento üretimi gibi tüm yakıtların kullanıldığı endüstrilerde Amerika, Çin ve Hindistan gibi bazı bölgelerde kömür(IEA GHG, 1999), Meksika gibi bazı ülkelerde petrol ve gaz(Sheinbaum ve Ozawa, 1998) egemen olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber Avrupa'da çimento yapımında şu anki eğilim, fosilsiz yakıtların kullanılması yönündedir: bunlar başlıca lastik, lağım çamuru ve kimyasal atık karışımlarından oluşmaktadır(IEA GHG, 1999). Küresel anlamda biyokütle, büyük imalat endüstrilerinde önemli bir yakıt kaynağı olmamaktadır. Ancak İskandinavya ve Brezilya gibi dünyanın bazı bölgelerinde biyokütle kullanımı önemli olmaktadır(Möllersten ve diğ., 2003).

CO<sub>2</sub> tutum ve depolama kullanımı ile endüstri ve elektrik sektöründen kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması için, bu emisyonların nerelerde meydana geldiğinin ve potansiyel depolama durumlarına göre coğrafi ilişkilerinin anlaşılması önemlidir(Gale, 2002). Eğer büyük durağan emisyon kaynakları ile muhtemel depolama bölgeleri arasında iyi bir coğrafi ilişki mevcut ise, bu durumda CO<sub>2</sub> tutum ve depolama uygulaması ile bu kaynaklardan sağlanan emisyonların önemli bir bölümünün azaltılması mümkündür. Aksine coğrafi olarak uyumsuzluk varsa, bu durumda da gerekli taşıma altyapısının boyutu ve uzunluğu önemli olacaktır ve bu da CO<sub>2</sub> tutum ve depolama maliyetini ve küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının derin indirgenmesini sağlamak için potansiyeli etkileyecektir. Bu durum, dünyanın CO<sub>2</sub> tutum ve depolama uygulaması için kaynak/depolama fırsatı ilişkisi sunan diğer bölgelerden daha fazla potansiyele sahip bölgeler olabilir. Bölgesel farklılıkların anlaşılması, CO<sub>2</sub> tutum ve depolamasının küresel emisyon indirgenmesinde nasıl bir etkiye sahip olacağını ve bölgesel anlamda önlem seçeneklerinin hangi görevinin en önemli olduğunun değerlendirilmesinde önemli bir faktör olacaktır.

Yerleşim yeri ve taşıma sektörü gibi diğer ekonomi sektörleri, küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarına %30 oranında katkı yapmakta ve kaynak noktası emisyonlarında büyük bir miktar oluşturmaktadır. Bununla birlikte bu sektörlerdeki tek kaynaklardan sağlanan emisyon hacimleri, elektrik ve endüstri sektörlerindeki kıyasla küçük olmakta ve daha geniş bir biçimde dağılarak, durağan kaynaktan ziyade hareketli kaynak durumunda olmaktadır. Henüz

bu küçük durağan kaynaklardan sağlanan emisyonların tutumu, günümüzde teknik olarak mümkün görülmemektedir. Çünkü halen çözülmesi gereken önemli teknik ve ekonomik sorunlar mevcuttur(IPCC, 2001). Ancak gelecekte fosil yakıtlarından üretilen hidrojen veya elektrik gibi düşük karbonlu enerji taşıyıcılarının kullanımı, yerleşim yeri ve taşıma sektörlerinden CO<sub>2</sub> tutulmasına olanak sağlayabilir.

## **2.2 CO<sub>2</sub> emisyon kaynaklarının nitelendirilmesi**

Bu bölümde sunulacak CO<sub>2</sub> emisyon kaynaklarının nitelendirilmesi hakkındaki bilgiler, farklı CO<sub>2</sub> içerikleri ve bahsedilen kaynaklardan sağlanan CO<sub>2</sub> hacimlerinin tutum ve depolama maliyetini ve depolama için teknik uygunluğu etkileyecek birer faktör olarak tekrar incelenmesinde gerekli sayılmaktadır.

### **2.2.1 Günümüz**

#### **2.2.1.1 Kaynak çeşitleri**

Bu bölümde bahsedilen emisyon kaynakları, fosil yakıt ve biyokütle kullanımı içeren tüm büyük durağan kaynakları (>0.1 Mt CO<sub>2</sub>/yıl) kapsamaktadır. Bu kaynaklar üç ana grupta mevcuttur: yakıt yakım faaliyetleri, endüstriyel işlemler ve doğal gaz işletmesi. Açıktır ki en büyük CO<sub>2</sub> emisyon kaynakları, fosil yakıtların yakılmasıyla karbon oksidasyonu sonucu oluşur. Bu emisyonlar, elektrik üretiminde, petrol rafinerilerinde ve büyük endüstriyel faaliyetlerde fosil yakıt yakımı ile ilişkilidir.

Bu raporda büyük durağan kaynaklar, 0.1 Mt CO<sub>2</sub>/yıl salınım yapan bu emisyon kaynakları olarak ele alınmıştır. İlk olarak bu kaynaklar ele alınmıştır çünkü 0.1 Mt CO<sub>2</sub>/yıl'dan daha az salınım yapan kaynaklar, tüm durağan kaynaklardan salınan emisyonların %1'inden az bir oranını temsil eder.

Yakımla ilişkili olmayan CO<sub>2</sub>, materyalleri kimyasal, fiziksel ya da biyolojik olarak dönüştüren bir takım endüstriyel üretim işlemlerinden salınmaktadır. Bu işlemler:

- Yakıtların petrokimyasal işletmelerde beslenme stoğu olarak kullanımı(Chauvel ve Lefebvre, 1989; Christensen ve Primdahl, 1994);
- Cevherlerden ticari metallerin üretiminde indirgen olarak karbonun kullanımı (IEA GHG, 1999, IPCC, 2001);
- Kireç veya çimento üretiminde dolomit ve kireçtaşının termal dekompozisyonu (IEA GHG, 1999, IPCC 2001);

- Biyokütlenin fermantasyonu (örneğin, şekerin alkole dönüşümü).

Kaynağın üçüncü bir türü de doğal gaz işleme tesisatlarında oluşmaktadır. CO<sub>2</sub>, doğal gazda yaygın bir kirliliktir ve gazın ısıtıcı özelliği arttırmak ya da boru hattının özelliklerini korumak için temizlenmelidir(Maddox ve Morgan, 1998).

### **2.2.2 Gelecek**

Gelecekteki antropojenik CO<sub>2</sub> emisyonları, demografik gelişim, sosyo-ekonomik gelişim ve teknolojik değişimler gibi farklı sürücülerin ürünleri olacaktır. Çünkü gelecekteki değişimleri belirsizdir. IPCC, 2100'e kadarki periyot için bir seri sera gazı emisyon senaryoları geliştirmiştir(IPCC, 2000). Senaryolar, emisyon indirgemesi amacıyla uygulanacak CO<sub>2</sub> tutum ve depolama dahil, yeni teknolojiler ile başarı sağlanabilecek emisyon indirgemesinin başlangıç noktasının saptanmasında bir zemin oluşturması bakımından önemlidirler.

## **2.3 Kaynakların coğrafi dağılımı**

### **2.3.1 Günümüz**

CO<sub>2</sub> emisyon kaynaklarının ve muhtemel depolama haznelerinin coğrafi dağılımının tasviri, CO<sub>2</sub> önlemenin küresel maliyetini, özellikle bu bileşenlerin CO<sub>2</sub> nakliyesi ile birlikte anlaşılmasında bize yardımcı olur. Emisyon kaynakları hakkında coğrafi bilgi, bir miktar veri takımı ile edinilebilir. Önceden de bahsedildiği gibi, CO<sub>2</sub> emisyonlarının %60'ından fazlası elektrik ve endüstri sektöründen kaynaklanmaktadır. Coğrafi olarak bu elektrik ve endüstri emisyonları, %90 oranından fazlasını bulunduran dört bölge üzerinde egemendir. Bu bölgeler: Asya (%30), Kuzey Amerika (%24), geçiş ekonomileri (%13) ve Batı OECD<sup>1</sup> (%12). Diğer tüm bölgelerin her biri, elektrik ve endüstri sektörlerinden kaynaklanan küresel emisyonların %6'sından düşük bir oranı karşılar.

Şekil 2.1, dünya genelinde bilinen durağan CO<sub>2</sub> kaynaklarının konumlarını göstermektedir(IEA GHG, 2002a). Kuzey Amerika durağan kaynak sayısının en yüksek olduğu bölge konumunda(%37), ardından Asya (%34) ve OECD Avrupa<sup>2</sup> (%14) gelmektedir.

<sup>1</sup>Not: Batı OECD(Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü), sözü edilen ülkeleri kapsamaktadır: Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, İngiltere.

<sup>2</sup>OECD Avrupa, yukarıdaki Batı OECD ülkeleri ile birlikte Çekoslovakya, Macaristan, Polonya, Slovakya ülkelerini de kapsar.



**Şekil 2.1**

Şekil 2.1, orta ve doğu Amerika, kuzeybatı ve orta Avrupa (Avusturya, Çekoslovakya, Almanya, Macaristan, Hollanda ve İngiltere) ile Asya (doğu Çin, Japonya ile ayrıca Hindistan Yarımadası'nda küçük bir küme), üç büyük durağan kaynakların konumlandığı bölgeleri göstermektedir.

2000 yılı için toplam durağan emisyonların bir bölümü olarak durağan CO<sub>2</sub> emisyonlarının dağılımı, durağan kaynaklardan meydana gelen en büyük CO<sub>2</sub> salınımlarının olduğu bölgeleri göstermektedir: Asya %41 (5.6 Gt CO<sub>2</sub>/yıl), Kuzey Amerika %20 (2.6 Gt CO<sub>2</sub>/yıl) ve OECD Avrupa %13 (1.75 Gt CO<sub>2</sub>/yıl). Diğer tüm bölgeler, 2000 yılında durağan kaynaklardan sağlanan toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının %10'dan az bir bölümünü salmaktadır.

## **2.4 Kaynaklar ile depolama koşulları arasındaki coğrafi ilişki**

### **2.4.1 Küresel depolama imkanları**

Büyük hacimlerde CO<sub>2</sub> depolama içeren CO<sub>2</sub> emisyonları için depolama imkanlarının küresel değerlendirmeleri, jeolojik depolama ya da okyanusal depolama seçenekleri üzerinde ele alınmıştır ki burada CO<sub>2</sub>:

- Jeolojik hazne içerisinde süperkritik ya da sıvı benzeri bir fazda olacağı 800 m'den yüksek derinliklerdeki jeolojik formasyonlar içerisine enjekte edilip kapatılır, ya da
- Hızlı bir şekilde dağılması amaçlanarak derin okyanus suyuna enjekte edilir ya da CO<sub>2</sub> gölü oluşturması amacıyla daha yüksek derinliklerde okyanus zeminine bırakılır.

Hem jeolojik depolama hem okyanusal depolama senaryolarının yüksek seviyedeki küresel değerlendirmeleri sonucu CO<sub>2</sub> depolaması için önemli bir kapasitenin mevcut bulunduğu hesaplanmıştır(hesaplamalar yüzlerden on binlerce Gton CO<sub>2</sub> arasında değişmektedir).

#### ***2.4.2 Kaynak/depolama bölgelerinin küresel coğrafya haritası***

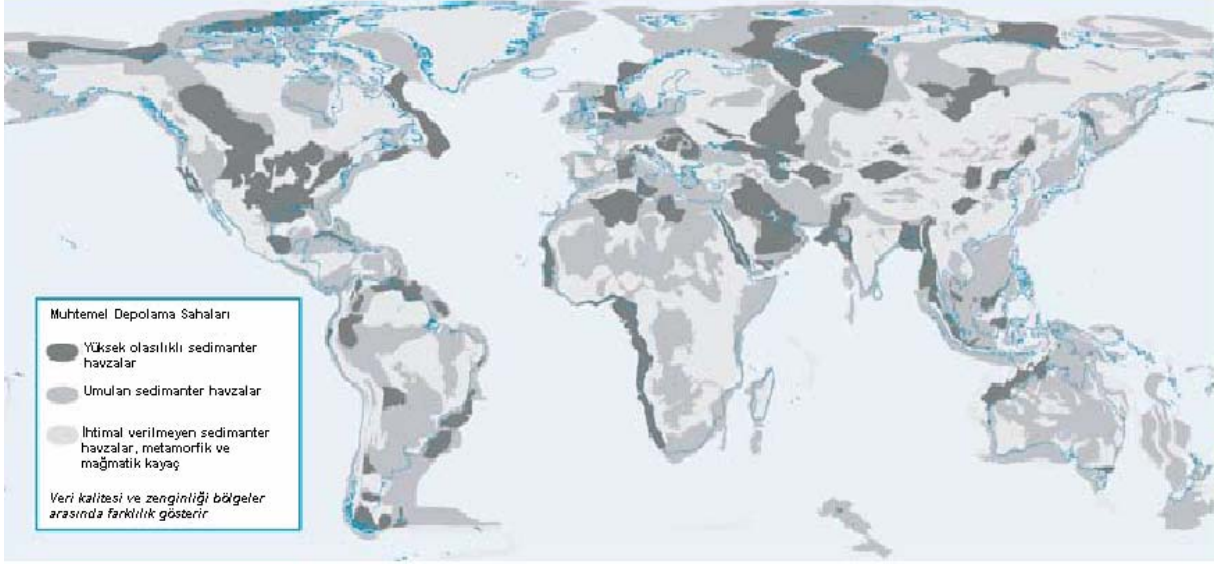
Kaynakların ve muhtemel depolama bölgelerinin coğrafi dağılımını gösteren bir haritada ilişkiyi değerlendirmek ve depolama bölgesine ilişkin teknik belirsizliklerin türünü ve derecesini tasvir etmek için mevcut olabilecek depolama kapasitesinin ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının hacimlerinin bilinmesi gereklidir. Önceden de bahsedildiği gibi 0.1 Mt CO<sub>2</sub>/yıl'dan fazla emisyonlu 7500 büyük durağan kaynak mevcuttur ve bu sayının 2050'ye kadar artacağı beklenmektedir.

#### ***2.4.3 Jeolojik depolama ve kaynak bölgesi uyumu***

Jeolojik depolama olanakları için küresel bölgelerin tartışılmasından önce, jeolojik depolamanın bazı temel ilkelerinden bahsetmek gerekir. Dünya genelindeki jeolojik provensler kayaç türlerine göre ayrılabilir. Ancak jeolojik depolamaya ilişkin asıl provensler az deformasyona uğramış, karbondioksitin enjekte edilmesine ve kapatılmasına imkan sağlamaya uygun hazne/örtü birimi çifti konumunda en az 1000 m kalınlıktaki sedimanter havzalardır. Dünyanın petrol provensleri, yukarıda tanımlanan sedimanter havzaların alt bir kümesidir ve karbondioksitin jeolojik depolaması için umut veren sahalar olarak düşünülmektedir(Bradshaw ve diğ., 2002). Bu havzalar uygun hazne/örtü birimi çiftine sahiptir ve sıvı ya da gaz olsun, hidrokarbonlar için uygun kapan görevi görürler. Dünyanın geri kalan diğer jeolojik provensleri genel olarak magmatik (eriyiklerin kristalizasyonu ile oluşmuş kayaçlar) ve metamorfik (daha önceden mevcut kayaçların sıcaklık, basınç ve kimyasal olarak aktif sıvıların etkisi altında fiziksel ve kimyasal alterasyona uğraması ile oluşan kayaçlar) provenslerdir. Bu kayaç türleri genel olarak katı kayaç provensleri olarak bilinir ve gözenekli ve geçirgen olmadıkları için CO<sub>2</sub> depolaması için uygun olmazlar.

Şekil 2.2, karbondioksitin jeolojik depolaması için dünyanın “umut veren”(olasılıklı) çeşitli bölgeleri gösterilmektedir. “Umut veren” terimi, genellikle herhangi bir jeolojik kaynak için yapılan araştırmalarda kullanılır ve bu kez CO<sub>2</sub> depolama alanları için kullanılmıştır.





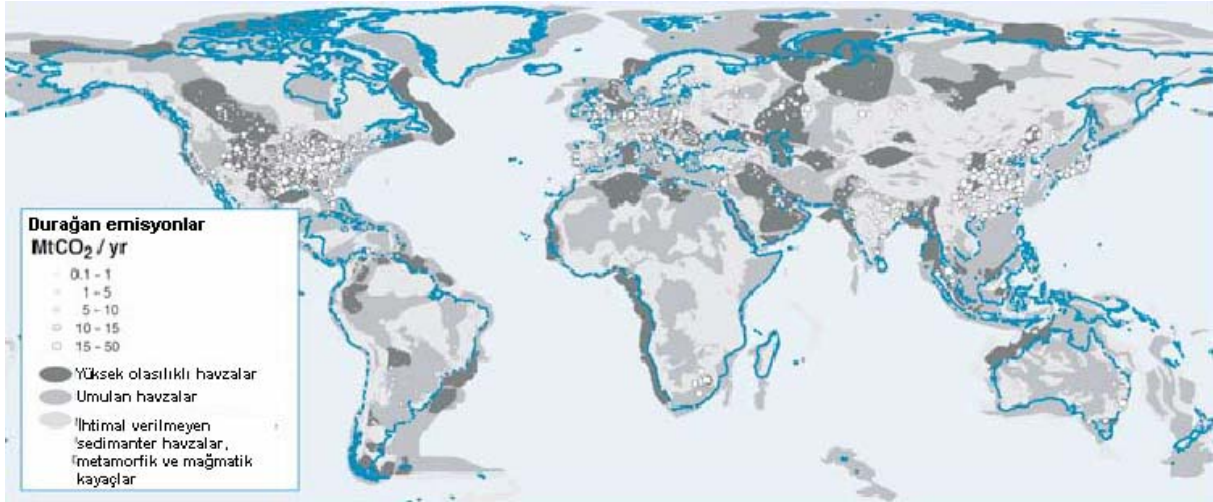
**Şekil 2.2**

Umut verme, eldeki bilgilere dayanarak verilen bölgede uygun depolama sahasının mevcut olma olasılığının nitel değerlendirmesidir. Doğal olarak zamanla ve yeni bilgiler ile bu değerlendirme değişecektir. Olasılık hesaplamaları, veri incelemesi, mevcut bilgilerin gözden geçirilmesi, kurulan kavramsal modellere uygulanması ve ideal olarak yeni kavramsal modellerin üretilmesi ya da komşu bir havzadan veya jeolojik olarak benzer diğer bazı ortamlardan bir analog oluşturulması ile geliştirilebilir.

Şekil 2.2, çok basit bir seviyede CO<sub>2</sub> depolama potansiyeline sahip olduğu düşünülen jeolojik provenşleri göstermektedir: 1) Yüksek olasılıklı, 2) Umulan, 3) İhtimal verilmeyen bölgeler (Bradshaw ve Dance, 2004). Yüksek olasılıklı bölgeler, önemli miktarda hidrokarbon üreten havzalar anlamına gelen üstün nitelikli petrol havzaları içerdiği düşünülmektedir. Bu bölgelerin ayrıca önemli depolama potansiyellerinin bulunduğu sanılmaktadır. Depolama potansiyeli umulan bölgeler, küçük petrol havzalarıdır. Ancak fazla deformasyona uğramamış diğer sedimanter havzalar kadar üstün nitelikli değildirler. Bu bölgelerin bazıları CO<sub>2</sub> depolaması için yüksek ihtimal verecek, ve bazıları da düşük ihtimal sunacaklardır.

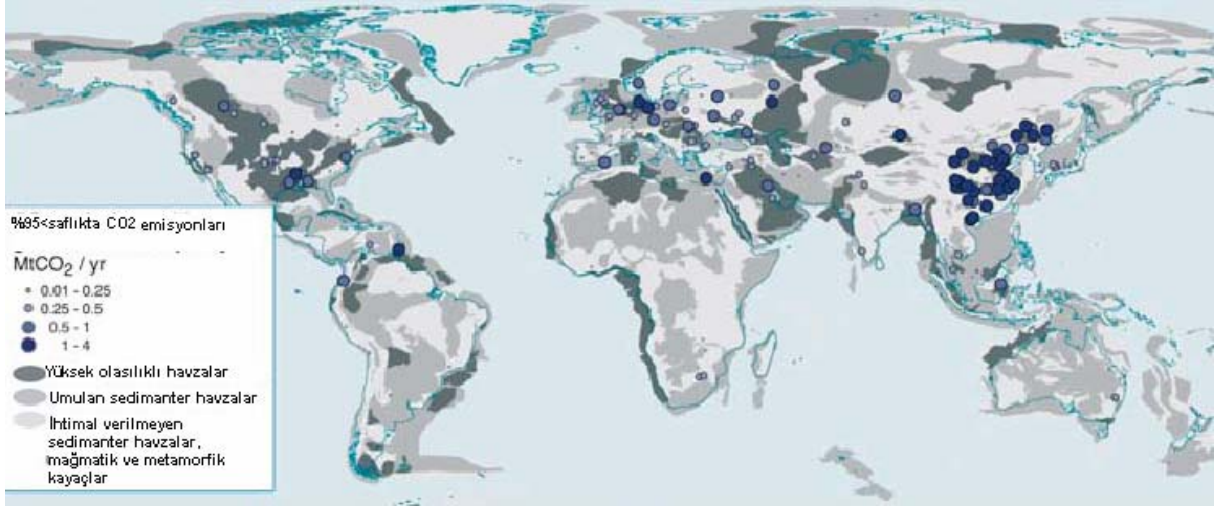
CO<sub>2</sub> depolaması için bu havzaların uygunluk derecesinin saptanması, her bir bölgede yapılacak ayrıntılı çalışmalara bağlı olacaktır. İhtimal verilmeyen bölgeler, yüksek derecede deformasyona uğramış sedimanter bölgelerdir. Esas olarak metamorfik ve magmatik kayaları içerirler. Bu havzalardan bazıları CO<sub>2</sub> depolaması için bazı uygun bölgesel şartlara sahip olabilir. Ancak henüz CO<sub>2</sub> depolamasının uzlaşmış bir sınıfı için uygun oldukları düşünülmemektedir. Bradshaw ve Dance (2004)'nin açıklamalarına göre bu harita önemli uyarılara bağlıdır ve önemli değerlendirmelere dayanmaktadır. Bununla birlikte CO<sub>2</sub>

depolaması için fırsat veren olası bölgelerin küresel ölçekte genel bir kılavuzluğunu yapmak için kullanılabilir. Bu haritanın oluşturulduğu genelleme şekline ve değerlendirilen her bir bölgenin spesifik ve sağlam veri eksikliğinden dolayı, ihtimal dereceleri birbirleriyle bağlantılı istatistiksel ya da olasılıklı ima içermeyen farklı kategorilere ayrılmıştır.



**Şekil 2.3** Karbondioksit emisyon kaynakları ve olası jeolojik depolama sahaları arasındaki coğrafi ilişki.

Şekil 2.3'te durağan emisyonların büyük kaynaklarının günümüz konumları ile CO<sub>2</sub> depolama potansiyeli için umut veren sedimanter havzalar gösterilmektedir (IEA GHG, 2002a). Harita, jeolojik bir depolama bölgesine herhangi bir kaynağından emisyon nakli için gerekli olabilecek uzaklıklardaki sahaları belirlemek için kullanılabilir. Buradan görülmektedir ki bölgesel jeolojik depolama potansiyeli ile az sayıdaki emisyon bölgelerinin (örneğin, Güney Amerika) olduğu kadar çok sayıda emisyon bölgeleri ile birlikte yakınında birkaç jeolojik depolama seçenekleri bulunmaktadır (örneğin, Hindistan Yarımadası).



**Şekil 2.4** Yüksek karbondioksit konsantrasyonlu emisyon kaynaklarının olası jeolojik depolama sahalarına olan coğrafi yakınlığı

Şekil 2.4'te, karbondioksitin yüksek konsantrasyonlu (%95) emisyon kaynaklarının olası jeolojik depolama sahalarına yakınlığı gösterilmiştir. Yüksek konsantrasyonlu kaynaklardan bir küme, Çin ve Kuzey Amerika'da, daha az bir küme de Avrupa'da görülebilir.

#### **2.4.4 Okyanusal depolama ve kaynak-saha ilişkisi**

Açıkça mevcut literatür noksanlığından dolayı küresel boyutta CO<sub>2</sub> kaynak noktası ve onların okyanusal depolama imkanlarına coğrafi bağlantısı arasında bir yakınlık incelemesi henüz çalışılmış değildir. Benzer bir çalışmada, dünyanın kıyı şeridi boyunca elektrik santrallerinden kaynaklanan karbondioksitin deniz suyu tarafından yutulduğu analiz edilmiştir. Çalışma, dünya genelinde kıyı şeridindeki bir dizi büyük durağan kaynaklarda (elektrik üretim santralleri) üzerinde yapılmıştır. Derin su bölgelerine yakın 89 elektrik üretim potansiyel kaynakları belirlenmiştir. Bu sayı, dünya genelinde elektrik üretim sektöründeki büyük durağan kaynakların toplam sayısının ancak küçük bir bölümünü (%2) oluşturmaktadır. Daha büyük bir sayıdaki elektrik santralleri muhtemel olarak derin okyanusal depolamaya yönlendirilebilir. Çünkü 100 km'den bile fazla uzaklıklarda yapılacak nakil, bazı durumlarda mali açıdan uygun durumlar sağlayabilir; yine de bu çalışma, daha yüksek orandaki büyük durağan kaynaklarda jeolojik depolama haznelerinin okyanusal depolama sahalarından maliyet açısından daha uygun olabileceğini göstermektedir. Ayrıca derin okyanusal depolama

hakkında üzerinde durulması gereken ulusal sınırlamalar, bölge uygunluğu ve çevresel etkiler gibi bir çok sorun bulunmaktadır.