

---

SERİ

**B**

CİLT

**49**

SAYI

**1 - 2 - 3 - 4**

**1999**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



## KENT ORMANLARI VE İKLİM DEĞİŞMESİ

Prof.Dr.Ertuğrul GÖRCELİOĞLU<sup>1)</sup>

### Kısa Özet

Küresel ısınma ve iklimde gözlenen değişme eğilimi, son yıllarda bilim dünyasının en fazla üzerinde durduğu konulardan biridir.

Özellikle fosil yakıt kullanımından kaynaklanan, atmosferin bileşimini etkileyen ve "sera etkisi" yaratarak küresel ısınmaya yol açan "sera gazları"nın en önemlilerinden biri CO<sub>2</sub>'dir. Havadaki CO<sub>2</sub>'i alarak biyokütleyle dönüştüren bitkiler, doğal CO<sub>2</sub> rezervuarlarıdır.

Bitkilerin, özellikle ağaçların bu özelliğinden yararlanarak kentlerin havasını aşırı CO<sub>2</sub> kirliliğinden bir ölçüde kurtarmak, ayrıca binaların yazın güneş ışınlarından, kışın rüzgârdan korunarak serinletme ve ısıtma gereksinimini en aza indirmek, böylece enerji üretiminde sağlanacak tasarruf sayesinde enerji santrallerinin ve serinletme/ısıtma düzeneklerinin atmosfere verdiği CO<sub>2</sub> miktarını azaltmak amacıyla kent ağaçlandırmaları üzerinde özellikle batı ülkelerinde önemle durulmaktadır.

### 1.GİRİŞ

Batı ülkelerinde binaların yıllık ısıtma ve serinletme maliyetlerinin giderek yükselmesi karşısında birçok araştırmacı, ağaçların sağladığı gölgenin ve rüzgâra karşı perdeleme etkisinin enerji tüketimini azaltma amacıyla kullanılması konusuna eğilmiştir. Örneğin A.B.D'de 1950'lerden bu yana süregelen araştırmalar, binaların çevresinde yer alacak ağaçların konut ve binalara göre konumlarının güneşlenme açıları dikkate alınarak belirlenmesi durumunda çok başarılı sonuçlar alındığını ortaya koymuştur. A.B.D Orman Servisi tarafından da desteklenen araştırmalar, dikkatle planlanmış bir ağaçlandırma düzenlemesi ile güneşten ve rüzgârdan korunacak konutların yıllık enerji tüketimlerinde % 20-25 düzeyinde enerji tasarrufu sağlanabileceğini göstermiştir (GÖRCELİOĞLU 1986).

Öte yandan son yıllarda tüm dünyada açıkça görülmeye başlanan sıcaklık artışı ve iklim değişimi, esas itibariyle çeşitli insan etkinlikleri sonucunda atmosfere karışan "sera gazları"ndan kaynaklanmakta, bu gazların emisyonunu olanaklar ölçüsünde azaltacak çareler aranmaktadır. Sera gazları arasında önemli bir yer tutan ve çeşitli kaynaklardan atmosfere bırakılan karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) gazının çıkışını (emisyonunu) azaltmak ve atmosferdeki karbon dioksit fazlalığını olanak-

<sup>1)</sup> İ.Ü.Orman Fakültesi Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı

lar ölçüsünde normal değerlere indirmek amacıyla da ağaçlardan yararlanılmaktadır. Özellikle A.B.D.'de araştırma sonuçları hızla ve yaygın programlarla uygulamaya aktarılmaya başlanmıştır. Örneğin kentlerde iklimin korunması amacıyla başlatılan "Cities for Climate Protection" kampanyasının bir parçası olarak 48 kentte sera gazları emisyonlarının envanteri yapılmış ve bu emisyonların azaltılması için hedefler belirlenmiştir (ICLEI 1997). Bu arada birçok kentte stratejik ağaç dikimi, bir emisyon azaltma stratejisi olarak kabul edilmiştir.

Bu yazı, esas itibarıyla konuyu değişik yönleriyle ele alan yeni bir yayında (McPHERSON/SIMPSON 1999) sözü edilen bazı hususların özetle Türkçe literatüre kazandırılması amacıyla hazırlanmıştır.

## 2. İKLİM DEĞİŞMESİ NEDİR?

Dünya atmosferini oluşturan gazlar güneşin ısı ışınlarını tutarak, canlıların yaşamasını sağlayan doğal bir "sera etkisi" yaratırlar. İnsan etkinlikleri, sera gazlarının atmosferde artmasına yol açmıştır. A.B.D.'de karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarının 1990'dan 1996'ya kadar geçen çok kısa sürede 5 milyar tondan 5,5 milyar tona yükseldiği hesaplanmıştır (DOE/EIA 1997). Dünya yüzeyindeki havanın global ortalama sıcaklığı, 1900 yılından bu yana 0,3-0,6 C° arasında artmıştır (HAMBURG ve ark. 1997). Sıcaklıktaki bu artışın kanıtları arasında deniz düzeyinin 10-25 cm kadar yükselmiş olması, dağlardaki buzulların gerilemesi ve yüzey altındaki toprak sıcaklıklarının artması sayılabilir.

Dünya yüzeyindeki ortalama sıcaklıkta 1990'dakine oranla 2100 yılına kadar meydana gelmesi beklenen artış konusunda günümüzde benimsenen en iyi tahmin, 1-3,5 C° arasındadır. Hava sıcaklığındaki bu artış hızı, son 10 000 yılda meydana gelen bütün artış hızlarından daha yüküktür; ne var ki, spesifik sıcaklık değişimleri bölgeden bölgeye farklı olacaktır. Bu ısınmanın, 2100 yılına kadar deniz düzeyini 15-95 cm daha yükselteceği beklenmektedir. Dünyadaki insan nüfusunun % 50-70'inin kıyı bölgelerinde yaşadığı düşünülürse, deniz düzeyinde meydana gelmesi beklenen bu yükselmenin önemli etkileri olabileceği anlaşılır. İklimin değişmesine paralel olarak şiddetli yağışlar ve kuraklık gibi ekstrem olayların frekans ve sürelerinin artması da olasıdır. Isınmanın, kışın orta enlem kuşağında kardan çok yağmur şeklindeki yağışları arttıracakı beklenmektedir. Bu durumda kışın toprak neminde ve yüzeysel akışta artışlar olacak, buna karşılık yazın yüzeysel akış azalacaktır. İlkbaharda, daha hızlı yüzeysel akışlar daha fazla sel ve taşkınlara neden olabilir. Yazın ise, artan sıcaklık şiddetli kuraklık olasılığını da arttıracak ve daha önceleri sadece tropik bölgelerde görülen bazı hastalıkların yayılmasına yol açabilecektir. Sıcak dalgalarının sayısında ve süresinde de artışlar olacağı tahmin edilmektedir; bunun da, özellikle serinletici (air-condition) sistemlerin yaygın olarak kullanılmadığı yerlerde sıcaklık stresinden ölümleri arttıracakı kuşkusuzdur. Ozon ve sis+duman gibi zemine yakın havayı kirleten kirleticiler de artabilir; çünkü ozonu meydana getiren kimyasal reaksiyonlar, sıcaklık arttıkça hız kazanır.

İnsanlar olmadan, Dünya'nın atmosferi sera gazları bakımından hassas bir dengeyi sürdürür. Bu gazlar, çeşitli doğal kaynaklar tarafından atmosfere verilir ve atmosferden alınır. Örneğin, ormanlarda ve çayırılık alanlarda ölü ağaçlar gibi organik materyalin doğal bozunması, global olarak yılda yaklaşık 196 milyar ton karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) atmosfere verilmesiyle sonuçlanmaktadır (HAMBURG ve ark. 1997). Serbest kalan bu karbon dioksit, karbon dioksidi bağlayan ya da çözen fiziksel ve biyolojik süreçlerle az çok dengelenir. Karbon dioksidi çözen deniz suyu ve karbon dioksidi bağlayan bitkiler, doğal CO<sub>2</sub> rezervuarlarıdır. Toplam karbon dioksit emisyonlarının yaklaşık % 97'sinin, Dünya üzerinde insanlar bulunmasa da meydana geleceği bilinmektedir.



### 3. İNSAN ETKİNLİKLERİ VE İKLİM DEĞİŞMESİ

İnsan etkinliklerine bağlı olarak atmosfere verilen sera gazları, yıllık doğal emisyonların yaklaşık % 3'ü düzeyindedir. İnsanların ürettiği sera gazları toplam emisyonların küçük bir yüzdesini oluşturmakla birlikte doğal rezervuarların dengeleyici etkilerinin aşılmasına yeterlidir. Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ve metan (CH<sub>4</sub>), insanların ürettiği en önemli iki sera gazıdır. Karbon dioksit, elektrik enerjisi ve ısı elde etme ya da motorlu taşıt araçlarını çalıştırma amacıyla fosil yakıtların yakılmasından çıkar. Metan ise kentsel alanlarda çöp ve atıkların çöplüklerde ayrışmasından ve atık su arıtma tesislerinden atmosfere karışır. Bu yazıda metan ya da diğer sera gazlarından çok karbon dioksit üzerinde durulacaktır; çünkü kent ormanları, ağaçların büyümesi sırasında karbon dioksidi depolayabilmektedir.

Kentsel alanlar, büyük miktarlarda enerjinin kullanıldığı ve karbon dioksitin atmosfere verildiği, nüfusun çok yoğun olduğu ekonomik merkezlerdir. Örneğin A.B.D.'de, ülkenin toplam sera gazları emisyonlarının % 10'u, en büyük on kentten kaynaklanmaktadır. Kentsel merkezlerin nüfus ve coğrafi alan bakımından büyümesine paralel olarak yakıt tüketimi de artmakta, bunun sonucunda sera gazı emisyonlarında da artışlar olmaktadır. Sera gazı emisyonlarının iklimi korumak amacıyla kontrol altına alınması, çok yönlü yararlar sağlayabilir. Enerjinin etkin kullanılmasına yönelik önlemler para tasarrufuna olanak verir. Ulaşım araçlarından çıkan zararlı gazların (sera gazlarının) azaltılmasını hedef alan stratejiler, yerel hava kalitesinin iyileşmesine yol açabilir. İyi planlanmış ve ısı yalıtımı yapılmış binalardan oluşan kompakt yerleşim bölgeleri, araçların transit geçişlerine olanak veren (trafiğin tıkanmasını engelleyen) ulaşım projeleri ve çok amaçlı kullanım kolaylıkları yerel ve ekonomik kalkınmayı hızlandırabilir, yeni iş olanakları yaratabilir ve yerleşim bölgesinin yaşanabilir olma özelliğini geliştirebilir.

Bu bağlamda A.B.D.'de başlatılan "Kentlerde İklimi Koruma Kampanyası" çerçevesinde ülkenin 48 kentinde sera gazı emisyonlarının envanteri yapılmış ve bu emisyonların azaltılması amacıyla hedefler saptanmıştır (ICLEI 1997). Bu kentlerden çoğunda emisyon azaltma stratejisi olarak stratejik ağaçlandırmalar benimsenmiştir. Örneğin Teksas'ın Austin kentinde 1997'de 4700 olan yıllık ağaç dikiminin 15 000'e çıkarılmasıyla 12 yıl içinde atmosferdeki yıllık karbon dioksit azalmasının 33 000 tona ulaşacağı beklenmektedir. Bu azalma, Austin kentinin hedef aldığı 4,5 milyon tonluk karbon dioksit azalmasının yaklaşık % 1'ini oluşturmaktadır.

### 4. KENT ORMANLARININ ATMOSFERDEKİ CO<sub>2</sub>'İ ETKİLEMESİ

Kent ormanları atmosferdeki CO<sub>2</sub>'i iki yoldan azaltabilir. Ağaçlar aktif bir büyüme içinde olduğu sürece, solunumla atmosfere verdiklerinden daha fazla CO<sub>2</sub>'i fotosentezle bağlarlar ve sonuç atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in azalmasıdır. Binaların çevresinde bulunan ağaçlar ısıtma ve serinletme gereksinimini, dolayısıyla da enerji üretimiyle bağlantılı gaz emisyonlarını azaltabilir. Öte yandan ağaçların dikiminde ve bakım sürecinde kullanılan araçlardan, motorlu testerelelerden, budanan dalları parçalayıp yonga haline getiren makinelerden ve diğer ekipmanlardan çıkan karbon dioksit atmosfere verilmektedir. Ağaçlar öldüğünde ise, yaşamları boyunca odunsu biyokütlelerinde bağlanmış olan karbon dioksit, çürüme/ayırışma sürecinde yeniden atmosfere bırakılır. Ancak yine de bir kent ormanı, bir yandan insanların kendi olanaklarıyla ağaç dikmeleri ve bakımını yapmaları sonucunda tepe örtüsünün artırılmasıyla, bir yandan da kentsel ısı adalarını serinleten ve kapalı mekânların ısıtılmasında ve serinletilmesinde kullanılan enerjiden tasarruf olanağı yaratan stratejik ağaçlandırmalar yapılarak, karbon dioksit için önemli bir depolama alanı olabilir.



#### 4.1 Ağaçlarda Yıllık Karbon Dioksit Depolama Miktarı

Ağaçların bir büyüme dönemi (vejetasyon peryodu) içinde toprak üstü ve toprak altı biyoküttele depoladığı CO<sub>2</sub>'in miktarı, yıllık depolama miktarı olarak adlandırılır. Fotosentez sırasında atmosferdeki CO<sub>2</sub>, yaprakların yüzeyindeki gözeneklerden (stoma) yaprak içine girer, su ile birleşir ve güneş ışığının katalizör etkisiyle gerçekleşen bir kimyasal reaksiyonla selüloza, şekere ve diğer maddelere dönüştürülür. Bu maddelerin bir kısmı solunumla atmosfere geri verilmekle ya da yapraklanmada kullanılmakla birlikte, büyük bölümü odun olarak bağlanır.

Ağaçların yıllık karbon dioksit depolama miktarı, büyüme hızlarına, yaşlarına ve ömürlerine, bunlar ise ormanın tür ve yaş kompozisyonu ile sağlık durumuna bağlıdır. Yeni plantasyonlarda ağaçlar, yaşlarının ilk birkaç on yıllık döneminde hızlı bir şekilde CO<sub>2</sub> depolarlar ve daha sonra, bağlanan yıllık karbon dioksit miktarındaki artış eğilimi yavaşlar. Yaşlı ormanlarda ölen ve çürüyen ağaçlar nedeniyle serbest kalan karbon dioksit miktarı, böyle ormanlardaki gençliğin bağladığı karbon dioksit miktarı kadar fazla olabilmektedir. Öte yandan ağaçlar, sıcak ve kuru havalarda olduğu gibi stres altında buldukları takdirde, normal CO<sub>2</sub> absorbe etme yeteneğini kaybederler. Aşırı su kaybını önlemek üzere bir savunma mekanizması olarak yaprakların gözenekleri (stomaları) kapanır. Dolayısıyla, sağlıklı ve güçlü biçimde büyümesini sürdüren ağaçlar, hastalıklı olan ya da stres altında bulunan ağaçlardan daha fazla CO<sub>2</sub> absorbe edeceklerdir.

Ağaçların daha sık olması nedeniyle kırsal ormanlar, kent ormanlarından yaklaşık iki kat daha fazla karbon dioksit absorbe ederler; kırsal ormanların birim alan başına bir vejetasyon döneminde bağladığı karbon dioksit miktarı, ortalama olarak 4-8 ton/ha arasındadır (BIRDSEY 1992). Ne var ki, kentlerdeki ağaçların daha hızlı büyümeleri nedeniyle, ağaç başına karbon dioksit absorpsiyonu kırsal ormanlardakine göre daha fazladır. Yapılan araştırmalar kent ağaçları tarafından bağlanan karbon dioksit miktarının, göğüs çapı 8-15 cm arasında olan küçük ve yavaş büyüyen ağaçlar için 16 kg/yıl ile, maksimum hızla büyüyen daha büyük ağaçlar için 360 kg/yıl arasında değiştiğini ortaya koymuştur (NOWAK 1994; JO/McPHERSON 1995).

Hızlı büyüyen ağaçlar başlangıçta yavaş büyüyen ağaçlardan daha fazla karbon dioksit bağlamakla birlikte, bu avantaj hızlı büyüyen ağaçların daha genç yaşlarda ölmesi halinde kaybolabilir. Örneğin hızlı büyüyen, fakat kısa ömürlü bir melez kavak (*Populus 'Robusta'*) ile daha yavaş büyüyen ve daha uzun ömürlü olan şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) arasında CO<sub>2</sub> bağlama bakımından fark araştırılmış, kavağın 30 yılda yaklaşık 2 460 kg, akçaağacın ise 60 yılda 3 225 kg karbon dioksit bağladığı hesaplanmıştır (McPHERSON/SIMPSON 1999).

Kent ağaçlarının yaşamlarını sürdürmede zorlanmaları, uzun dönemdeki karbon dioksit alımını etkileyen başka bir önemli etkidir. Caddelere ve konut bahçelerine dikilen ağaçlarda ilk beş yıl süresince ölüm oranlarının % 10 ile % 40 arasında değiştiği bulunmuş, daha sonraki yıllık ölüm oranları % 0,5-3 arasında kalmıştır (MILLER/MILLER 1991). Kent ağaçlarının bağladığı karbon dioksit miktarını en yüksek düzeye çıkarmanın anahtarı, dikilecekleri yerdeki ortam koşullarına iyi uyum sağlayacak ağaç türlerinin seçilmesidir. Ortama uygun olmayan ağaçlar yavaş büyür, stres belirtileri gösterir, ya da erken yaşlarda ölür.

##### 4.1.1 Ormanlarda ve Ağaçlarda Depolanan CO<sub>2</sub>'in Dağılımı

Karbon dioksit, ekosistemler içinde "havuz" ya da "rezervuar" denilen farklı ortamlarda depolanır. Kırsal orman ekosistemlerinde depolanan CO<sub>2</sub>'in yaklaşık % 63'ü toprakta, % 27'si ağacın biyokütlesinde, % 9'u orman zeminindeki ölü materyalde, % 1'i de ormanın altındaki vejetasyonda depolanmıştır (BIRDSEY 1992)<sup>1)</sup>. Olgun yaştaki bir orman ağacında depolanmış top-

lam karbonun yaklaşık % 18-24'ü ağacın köklerindedir. Chicago'daki konut alanlarında bulunan yeşil alanların bir analizinde, nispeten daha fazla (% 78) CO<sub>2</sub>'in toprakta, daha az (% 21) CO<sub>2</sub>'in ise ağaç ve çalılarda depolandığı bulunmuştur (JO/McPHERSON 1995). Kentlerde ağaçların daha seyrek olması ve ölen ağaçların bulunduğu yerden alınıp götürülmesi, kırsal ormanlardakine oranla kent ormanlarında nispeten daha az CO<sub>2</sub>'in odunsu biyoküttelede depolanmasının nedenidir. Kent topraklarında nispeten daha yüksek düzeylerde CO<sub>2</sub> depolanması ise, kompost ya da malç şeklinde alınan ek CO<sub>2</sub>'e bağlı olabilir.

Tipik bir orman ağacında depolanan CO<sub>2</sub>'in dağılımı yaklaşık olarak gövdede % 51, dal ve sürgünlerde % 30 ve yapraklarda % 3 oranındadır (BIRDSEY 1992). Olgun yaştaki bir orman ağacında depolanan toplam karbonun aşağı yukarı % 18-24'ü köklerde, Çapları 2 mm'nin üzerinde olan kalın kökler toplam karbonun yaklaşık % 15-20'sini depolarken, ince köklerde depolanan miktar aşağı yukarı yapraklarda depolanan miktara eşittir (% 2-5) (HENDRICK/PREGITZER 1993). Kent ağaçlarındaki depolanma konusunda araştırma azdır. Açık alanda büyüyen 9 yaşındaki bir armut (*Pyrus calleryana* 'Bradford') ağacında yapılan ayrıntılı bir analiz, açık alanda büyüyen kent ağaçlarında yaprak biyokütlesinin, orman ağaçlarındaki yaprak biyokütlesine oranla daha büyük olabileceğini göstermiştir. Örneğin toprak üstü biyokütlesi dikkate alındığında, yalnız yapraklarda depolanan CO<sub>2</sub> oranı % 10,6, tipik bir orman ağacında ise % 3,6 bulunmuştur (XIAO ve ark. 1988). Kent ağaçlarının kırsal orman ağaçlarına göre daha hızlı büyümeleri ve bununla bağlantılı olarak daha fazla CO<sub>2</sub> bağlamaları, birinci guruptakilerin ikinci guruptakilere oranla yaprak biyokütlesinin daha büyük miktarda olmasıyla kısmen açıklanabilir. Açık alanda serbestçe büyüyen kent ağaçlarının büyüme hızlarını arttıran diğer faktörler rekabetin azlığı, sulama ve gübrelemedir. Yukarıdaki örnekte sözü edilen armut ağacının yapraklarının yüzey alanı, kullanım (zemin) alanı 93 m<sup>2</sup> olan tipik bir tek katlı konutun dört dış duvarının ve çatısının yüzey alanları toplamına eşdeğerdir<sup>2)</sup>.

Bir kent ormanındaki ağaçların belli bir sürede depoladığı CO<sub>2</sub> miktarı, bu ağaçların biyokütlesiyle orantılıdır ve kent içinde mevcut tepe örtüsü, ağaç yoğunluğu ve ağaçların çap guruplarına dağılımı gibi faktörler tarafından etkilenir. Örneğin Kaliforniya'nın yoğun bir ağaç örtüsüne sahip bulunan Sacramento kentinde CO<sub>2</sub> depolaması 172 ton/ha (McPHERSON 1998) iken, aynı eyaletin daha seyrek bir ağaç örtüsüne sahip bulunan Oakland kentinde CO<sub>2</sub> depolaması 40 ton/ha (NOWAK 1993)'dir.

## 4.2 Enerji Santralleri Emisyonlarında Sağlanan Azalmalar

### 4.2.1 Mekân Serinletme ve Isıtma Üzerine Etkiler

Ağaç gölgesi yazın havanın serinletilmesi (air conditioning) gereksinimini azaltırken, kışın güneş ışınlarını engelleyerek ısıtma amacıyla enerji kullanımını arttırabilir. Ağaç örtüsünün artırılması sonucunda hava sıcaklığında ve rüzgâr hızında gerçekleşen düşüş ise serinletme ve ısıtma gereksinimini azaltır. Tipik konutlar çevresindeki ağaçların enerji tasarrufu bakımından sağladığı yararlar arazide ölçülmüş (PARKER 1983; MEIER 1990/91) ve bilgisayar simülasyonları ile

<sup>1)</sup> Bu oranlar, biyoküttelede depolanan CO<sub>2</sub> miktarının odunun-ağaç türüne göre değişen-özgül ağırlığına bağlı olması nedeniyle değişkendir.

<sup>2)</sup> Tek ağaç başına performans açık alanda fazladır; ancak ormanda birim alandaki ağaç sayısının fazlalığı nedeniyle yaprak yüzeyi entansitesinin de fazlalığı, ormanlarda bağlanan CO<sub>2</sub> miktarını da arttırmaktadır



hesaplanmıştır. A.B.D.'nin üç kenti için yapılan simülasyonlar, evler çevresindeki olgunluğa ulaşmış üç ağacın, yıllık serinletme ve ısıtma gereksinimini de % 12 ile % 23 oranında azalttığını göstermiştir (HUANG ve ark. 1987). Tek ağaç esasına dayanılarak A.B.D.'nin 12 kenti için yapılan enerji simülasyonları, uygun konumlu, 7,6 m boyundaki yaprağını döken bir ağaç sayesinde serinletme amacıyla kullanılan yıllık enerjiden sağlanacak tasarrufun 100-400 kWh (% 10-15), gereksinimin dorukta olduğu dönemde sağlanacak tasarrufun da 0,3-0,6 kW (% 8-10) olduğunu ortaya koymuştur (McPHERSON/ROWNTREE 1993).

Bütün kentlerde en büyük enerji tasarrufunun binaların batı tarafındaki bir ağaç sayesinde sağlanabildiği, buna karşılık binaların güney tarafında yer alan yaprağını döken ağaçların, kentlerin çoğunda ısıtma gereksinimini, serinletme giderlerinde sağladığı tasarruftan daha fazla arttırdığı görülmüştür. Yanlış ağaç türlerinin yanlış yere dikilmesi, mekânların serinletilmesi ve/veya ısıtılması için enerji kullanımını arttırabilir.

Rüzgâr perdelerinin tipik bir evin ısıtma gereksinimini % 5'ten % 15'e kadar azaltabileceği hesaplanmıştır. Tek ağaç bazında yapılan simülasyon çalışmaları ise, tipik bir konut için ağacın rüzgârı perdeleme etkisi sonucunda ısıtma giderinde sağlanacak tasarrufun % 1 ile % 3 oranında olacağını göstermiştir (HEISLER 1986).

#### 4.2.2 İnşaat Özelliklerinin Etkileri

Yeterince kaliteli ve farklı tiplerdeki konutların ısıtılması ve serinletilmesi için enerji kullanımı özellikleri, ağaç dikilmesiyle azaltılan CO<sub>2</sub> miktarını etkiler. Önemli faktörler arasında binanın termal bütünlüğü, ısıtma, havalandırma ve serinletme gereçleri ile binada oturanların davranışı sayılabilir. Özenle ısı yalıtımı yapılmış binalar yakınına ağaç dikilmesiyle serinletme giderlerinden sağlanacak yıllık tasarruf (kWh), aynı binanın yalıtımsız olması halinde sağlanacak tasarrufun % 35'i ile % 55'i arasındadır (SIMPSON/McPHERSON 1996).

#### 4.2.3 İklimin ve Kullanılan Enerji Çeşidinin Etkileri

İklimdeki bölgesel farklılıklar ve binaların ısıtılıp serinletilmesinde kullanılan enerji çeşidi, CO<sub>2</sub> emisyonunda beklenebilecek azalmaları etkiler. Örneğin binaların ısıtılmasında ve serinletilmesinde kullanılan enerjinin bölgenin iç kesimlerindeki göre daha az olduğu ılıman ve deniz etkisindeki iklim bölgelerinde CO<sub>2</sub> emisyonunda sağlanacak azalma daha küçük olacaktır. Güney bölgelerinde olduğu gibi mekân serinletme yüklerinin en büyük olduğu yörelerde, ağaçlandırma yoluyla emisyonun tasarruf sağlama potansiyeli de en büyüktür. Bunun nedeni elektrik enerjisiyle çalışan serinletme sistemleriyle bağlantılı CO<sub>2</sub> emisyonlarının, ısıtmada kullanılan doğal gaz gibi yakıtlarla bağlantılı CO<sub>2</sub> emisyonlarından genellikle daha fazla olmasıdır.

Kömürle çalışan elektrik santrallerinden sağlanan elektrik enerjisi dolayısıyla üretilen birim enerji başına atmosfere bırakılan CO<sub>2</sub> miktarı, doğal gaz gibi yakıtların kullanımından atmosfere karışan CO<sub>2</sub> miktarının yaklaşık iki katıdır. Doğal gazın sağladığı enerjinin büyük bölümü, karbondan çok hidrojenin yanmasından kaynaklanır ve bu nedenle CO<sub>2</sub> emisyonu kömürden daha azdır. Dolayısıyla, kuzey enlemlerdeki kentlerde ağaçlar sayesinde azalan ısıtma gereksinimi sonucu sağlanan büyük doğal gaz tasarrufu, çoğu kez serinletmede kullanılan elektrik enerjisinden sağlanan tasarrufa oranla nispeten küçük olan CO<sub>2</sub> emisyonu azalmasına dönüştürülür. Kısaca söyleysek, kent ormanları sayesinde CO<sub>2</sub> emisyonunda sağlanan azalma, sıcak mevsimin uzun sürdüğü ve air-condition düzeneğine sahip çok sayıda binanın bulunduğu bölgelerde en fazla olacaktır. Aynı zamanda, elektrik enerjisinin kömürle çalışan santrallerde üretildiği bölgelerde sağlanan emisyon azalması da önemli boyutlarda olabilir.



#### 4.2.4 Çıkışı Önlene CO<sub>2</sub>'in Bağlanan CO<sub>2</sub>'e Oranı

Çıkışı önlenen CO<sub>2</sub>'in ağaçlar tarafından atmosferden alınıp bağlanan CO<sub>2</sub>'e oranı, bölgeden bölgeye ve programdan programa değişmektedir. A.B.D.'de uygulamaya konan ulusal düzeydeki "kentlerde ağaç dikimi" programları için öngörülen oranlar çok yüksek olup, 15:1 ile 4:1 arasında değişmektedir. İzleme çalışmaları, örneğin Sacramento'nun bugünkü kent ormanı için bu oranın 1:3 (McPHERSON 1998), Chicago için ise 1:28 (NOVAK 1994) olduğunu göstermiştir. Öngörülen ve gerçekleşen oranlar arasındaki bu büyük farklar, genellikle tek ağaçların ve kent ormanlarının enerji tasarrufu amacıyla stratejik anlamda konumlandırılmasındaki hatalardan, mevcut ağaçların ve ormanların bu düşünceyle konumlandırılmamış olmasından, ya da enerjinin gaz çıkışı az olan hidroelektrik santrallerinden, doğal gaz türbinlerinden veya nükleer santrallerden sağlanmasından kaynaklanmaktadır.

#### 4.3 Dikim ve Bakım Çalışmaları Sırasında Atmosfere Verilen CO<sub>2</sub>

Ağaç dikimi ve bakım çalışmaları nedeniyle –kullanılan çeşitli motorlu araç ve gereçlerden- atmosfere bırakılan CO<sub>2</sub>'in miktarı konusunda çok az şey bilinmektedir. Ormandaki devrik ağaçların tamamen çürümesi ve depoladığı karbonun toprak humusuna katılması, 30 ile 60 yıl alabilir. Ölü odunsu biyokütlenin ayrışıp çürümesi ile CO<sub>2</sub>'in serbest kalması, odunun özelliklerine, ağacın dikili kuru olarak kalmasına, yonga haline getirilmesine ya da yakılmasına ve lokal toprak ve iklim koşullarına bağlı olarak değişen hızlarda gerçekleşir.

Olgun yaştaki bir orman ağacında depolanmış olan toplam karbonun yaklaşık olarak % 18'i ile % 24'ü köklerde. İnce kökler, kalın köklerden daha çabuk çürür. Orman ağaçlarının kök sistemlerinde depolanmış olan karbonun yaklaşık olarak sadece % 20'sinin çürüme sonucunda CO<sub>2</sub> olarak atmosfere bırakıldığı, geriye kalan miktarın ise daha başka karbon formlarına dönüştürülerek toprak içinde bağlı kaldığı hesaplanmıştır (McPHERSON/SIMPSON 1999).

Kent ağaçları ise genellikle ölünce kesilip götürülür. Sırkılık çağındaki gövdeler ve dallar çoğu kez peyzaj çalışmalarında kullanılmak üzere malç malzemesine dönüştürülür, yakacak odun olarak değerlendirilir, ya da çeşitli odun ürünlerine dönüştürülür. Kütükler yakılır ya da doldurulacak alanlara atılır. Odunun yakılması halinde, depolanmış olan CO<sub>2</sub>'in hemen hemen tümü atmosfere geri döner. Doldurulacak alanlara atılıp üzeri toprakla örtülen kütüklerin çürümesi onlarca yıl sürebilir. Çeşitli ürünlere dönüştürülen odun materyalinin ortalama ömrü ise 50 yıl kadardır; bundan sonra ya kendiliğinden çürümeye bırakılır, ya da doldurulacak alanlara atılır (NORSE 1990). Yonga haline getirilip malç olarak kullanılan odun, oldukça hızlı çürüyüp ayrışır. Örneğin Güney Kaliforniya'da peyzaj çalışmalarında kullanılan malçın ayrışma hızı yılda 2-4 cm arasında değişmektedir. Gübre kullanılması ve sulama yapılması, ayrışmayı hızlandırır.

Budama ürünü olan odunun çürümesiyle serbest kalan CO<sub>2</sub>'in miktarı, budama sıklığına ve şiddetine göre değişir. Chicago kentindeki bir yeşil alanda yapılan inceleme, her yıl odunsu bitkiler tarafından bağlanan CO<sub>2</sub>'in yaklaşık % 15'inin, ağaç ve çalılardan budanan odunsu biyokütlenin ayrışmasıyla atmosfere geri döndüğünü göstermiştir (JO/McPHERSON 1995). Boyut ve büyüme özellikleri bakımından bulunduğu yere iyi uyum sağlayacak ağaç türlerinin seçilmesi ile budama gereksinimi en az düzeye indirilebilir.

Kentlerdeki ağaçlandırma ve bakım çalışmalarında kullanılan motorlu araçların, motorlu testerelelerin, yongalama, kütük sökme, malçlama araç ve gereçlerinin yakıtı benzin ve mazottan

atmosfere verilen CO<sub>2</sub> miktarı tam olarak değerlendirilememiştir. Sacramento'da kent ağaçlarının dikim ve bakımından sorumlu servisin araç filosu ve fosil yakıtla çalışan ekipmanı, 1996'da atmosfere 1 720 ton CO<sub>2</sub> vermiştir; bu emisyon, ağaçların göğüs çapının her bir cm'si başına 0,51 kg'a tekabül etmektedir (McPHERSON 1998). Kentte bulunan 6 milyon ağacın bakım çalışmalarında her yıl atmosfere verilen CO<sub>2</sub> miktarı yaklaşık 9 422 tondur. Bu miktar, kentin ormanları tarafından atmosfere verilmesi önlenen ve atmosferden bu ormanlar tarafından alınan toplam CO<sub>2</sub> miktarının % 3'üdür. Tipik olarak, ağaç dikimi, bakımı ve programa ilişkin diğer etkinlikler nedeniyle atmosfere verilen CO<sub>2</sub>, ağaçlar sayesinde azalan enerji santrali emisyonları ve ağaçların atmosferden CO<sub>2</sub>'i alıp bağlaması sonucunda atmosferde sağlanan yıllık CO<sub>2</sub> azalmasının yaklaşık % 1'i ile % 5'i arasındadır.

#### 4.4 Net Karbon Dioksit Azalması

Kentlerde mekânların ısıtılması ve serinletilmesi gereksinimini hafifletmek amacıyla yapılan stratejik ağaçlandırmalar bir yandan ısıtma ve serinletmede kullanılan enerjiden tasarruf edilmesini ve böylece elektrik santrallerinin atmosfere bıraktığı CO<sub>2</sub>'in azalmasını sağlarken bir yandan da atmosferden CO<sub>2</sub>'i alıp biyokütleyle dönüştürerek atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını bir ölçüde dengeler. Böyle bir kentsel ağaçlandırma programının sağlayacağı net CO<sub>2</sub> azalması, basit olarak, ağaçların biyokütleyle dönüştürüp bağlayacağı CO<sub>2</sub> ile enerji tasarrufu sonucu santrallardan havaya verilen CO<sub>2</sub> miktarındaki azalmanın toplamından, ağaçların solunumla atmosfere verdiği CO<sub>2</sub> miktarının çıkarılması suretiyle bulunur ve ton (metrik ton) cinsinden ifade edilir:

$$\text{Net CO}_2 \text{ Azalması} = (\text{Bağlanan CO}_2 + \text{Çıkışı Önlenen CO}_2) - \text{Solunum Artığı CO}_2$$

Bu yoldan yapılan hesaplamalar, Sacramento ve Chicago'nun kent ormanları sayesinde atmosferdeki CO<sub>2</sub>'te sağlanan net azalmanın sırasıyla 304 000 ton (1,2 ton/ha) ve 516 000 ton (1,5 ton/ha) olduğunu ortaya koymuştur. Sacramento kenti halkının örneğin ulaşım, elektrik ve doğal gaz kullanımı ve gazla çalışan diğer makineler nedeniyle tüketiminin yan ürünü olarak atmosfere bırakılan CO<sub>2</sub> miktarı yılda 17 milyon tondur. Kent ormanının CO<sub>2</sub> kullanımı, bu emisyonların yaklaşık % 1,8'i düzeyindedir.

### 5. POTANSİYEL CO<sub>2</sub> AZALIMLARI VE MALİYETLERİ

Ağaçlandırma uzun vadeli bir yatırım olduğu için, kararlar, proje süresince CO<sub>2</sub> çıkışını ve azalmasını inceleyen sistematik ve tutarlı bir yaklaşıma dayandırılmalıdır. Bu yaklaşım, CO<sub>2</sub> çıkışına ve azaltılmasına yol açan kaynakların, CO<sub>2</sub> miktarlarının ve projenin tüm ömrü boyunca program maliyetlerinin beklenmesini gerektirir. Bu analizde, bu etkinliklerin yapılacağı yıllar da gösterilmelidir. Tipik olarak program giderleri, ağaçların satın alındığı, dikildiği ve gelişmeye başladığı ilk yıllarda en büyüktür. Karbon dioksit azaltımı, ağaçların hızla büyüdüğü ve yeterli gölge, evapotranspirasyon serinletmesi ve rüzgâr hızında azalma sağlayacak büyüklüğe ulaştığı proje döneminde en büyük olur.

A.B.D'nin tümünde 100 milyon ağaç dikilerek yapılacak bir ağaçlandırmanın, 10 yıl sonra her yıl 22 milyar kWh enerji tasarrufu sağlayacağı ve böylece 33 milyon ton CO<sub>2</sub>'in atmosfere katılmasını önleyeceği, ayrıca bu ağaçların yılda yaklaşık 4 milyon ton CO<sub>2</sub>'i de odunsu biyokütleyle dönüştüreceği hesaplanmıştır (AKBARI ve ark. 1990).



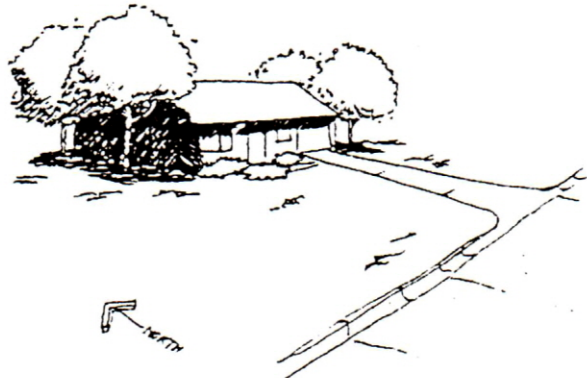
A.B.D'nin tümü için CO<sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarı, yılda 5,5 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Yukarıda değinilen kent ormanı ve gölge ağacı programlarıyla bu emisyon miktarında sağlanacak azalma, yıllık emisyonun yaklaşık % 0,2'si ile % 2'si arasında olacaktır. Bu potansiyel azalma çok küçüktür. Ancak, kent ormanları ve kent ağaçlandırmaları yoluyla CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltma projelerinin maliyet etkinliği kırsal ormancılık projeleri kadar yüksek olmasa da, bu projeler çeşitli hizmet birimlerine ve kent halkına çeşitli toplumsal, ekonomik, çevresel, politik faydalar sağlayabilir ve toplum ilişkilerine yararlı olabilir.

Öte yandan kentlerde uygulanan "gölge ağacı programları", ilgili hizmet kuruluşları, sivil toplum örgütleri ve yerel yönetimler tarafından ortaklaşa yürütülmektedir. Böyle programlar, kent ve mahalle (semt)lerin ağaçlandırılmasına yatırım yapılarak kentin ve halkın daha iyiye götürülmesi olanağını sağlarlar. Ağaç dikimine ve bakımına halkın bizzat katılımını sağlayan etkinlikler kapsamında çevre (doğa) koruma eğitimi, komşuluk ilişkilerinin canlandırılması, iş eğitimi, hava ve su kalitesinin iyileştirilmesi, enerji ve su tasarrufu ile yeşil atıkların (budama ürünü dalların, biçilmiş çimlerin, toplanan dökülmüş yaprakların vb'nin) geri kazanılması ve yararlı biçimde kullanılması da vardır. Ağaçların sağladığı faydaların, örneğin hava kirliliğinin azaltılması, ısıtma ve serinletmede enerji tasarrufu, yağmur suyu fazlasının giderilmesi için gerekli tesislerden tasarruf, gayrimenkul değerlerinin artması, manzara (görsellik) değerinin yükselmesi, biyolojik çeşitliliğin korunup geliştirilmesi gibi hususların ekonomik değeri hesaplanırken, toplam faydalar, ağaç dikimi ve bakımı maliyetinden 2-3 kat fazla olabilmektedir. Ayrıca bu faydaların çoğu sadece ağacın dikildiği yerde değil, komşu semt, topluluk ve bölgede de yaşam kalitesine katkıda bulunmaktadır.

## 6. EVLERİN BAHÇELERİNE DİKİLECEK AĞAÇLAR İÇİN ÖNERİLER

### 6.1 Güneşlenme Kontrolü İçin Ağaç Dikilmesi

Doğru noktaya dikilmiş doğru ağaç, enerjiden tasarruf sağlar. Yaz ortasında güneş sabahları binaların kuzeydoğu ve doğu taraflarını etkiler, öğle ortasına doğru çatı üzerinden geçerek, öğleden sonra binaların batı ve kuzeybatı taraflarını etkisi altına alır. Serinletme (air conditioning) gereçleri, sıcaklığın en yüksek ve binalara giren güneş ışığının en fazla olduğu öğle sonrasında en yoğun biçimde çalıştırılır. Bu nedenle bir evin batı ve kuzeybatı tarafları, gölgeleme gereksinimi



Resim 1: Ağaçlar batı ve doğu pencerelerini gölgelemelidir (SAND 1999).



bakımından en önemli taraflardır. Pencereleden giren güneş ışınları evi çabucak ısıtır. Pencerele-  
rin gölgelenmesi için kullanılacak ağaçlar, güneş ışınlarının eve girmesini önleyecek, fakat man-  
zarayı engellemeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Çoğu iklim bölgelerinde doğu tarafı, gölge-  
leme gereksinimi bakımından ikinci en önemli taraftır (Resim 1).

Güney duvarlarını gölgeleyecek şekilde konumlandırılmış ağaçlar, kışın güneş ışınlarını  
engellerek ısıtma masraflarını arttırabilir, çünkü kışın güneş gökyüzünde daha alçaktan geçer ve  
evlerin güney taraflarını etkiler. Güneşin vereceği sıcaklık kışın arzu edilen bir özelliktir ve bu ne-  
denle güney bakıları ve güneş radyatörlerini engelleyecek yaprağını dökmeyen ağaçlar dikilme-  
melidir. Binaların güneyinde "güneş dostu" olarak adlandırılan ağaçlar kullanılmalıdır. Kışın yap-  
rağını döken bu ağaçların çıplak dalları, güneş ışınlarının büyük bölümünün binaya ulaşmasına  
izin verir; oysa kışın yaprağını döken ağaçlardan "güneş dostu" olmayanlar, binaların güney tara-  
fına gelen güneş ışınlarını % 50'ye kadar azaltabilmektedir. A.B.D.'de kullanılması önerilen "gü-  
neş dostu" ağaçlar Tablo.1'de verilmiştir. Gölge etkisini yazın maksimuma çıkarmak, kışın ise mi-  
nimuma indirmek için, ağaçların, evin yaklaşık 3-6 m güneyine dikilmesi gerekir. Ağaçlar büyü-  
dükçe, güneş ışınlarının binaya daha fazla ulaşmasını sağlamak için alt dallar budanmalıdır (Re-  
sim 2).



**Resim 2:** Bir evin güney tarafının ağaçların budanmasından önceki ve sonraki görünüşü (SAND 1993).

Bir ağaç eve yakın olduğu ölçüde daha fazla gölge sağlar; ancak binaya çok yakın olan  
ağaçların kökleri temele zarar verebilir. Binaya uzanan dallar dış duvarların, pencerelerin ve çatı-  
nın bakımını zorlaştırabilir. Bu sakıncaları önlemek için ağaçlar evden en az 1,5-3 m uzağa dikil-  
meli, pencerelerin ve duvarların etkili biçimde gölgelenebilmesi için ise bu mesafe 9-15 m arasın-  
da olmalıdır.

Kaplamalı patikalar ve oto yolları, gündüzleri evin ısınmasına neden olan sıcak alanlar ha-  
line gelebilir. Gölge ağaçları böyle yerleri daha serin ve daha rahatlatıcı mekânlar yapabilir.

Serinletme (air condition) gereçlerinin gölgelenmesi, bunların enerji kullanımını azaltabi-  
lir; fakat bu amaçla dikilecek bitkilerin, gereç çevresinde hava akımını engelleyecek kadar yakına  
konumlandırılmaması gerekir.

Ağaçlar yukarıdan geçen enerji hatlarından uzak tutulmalı, ayrıca yeraltından geçen temiz  
ve atık su borularının tam üzerine ağaç dikilmesinden kaçınılmalıdır.

Tablo 1: Ağaç Seçim Listesi

Ağaç Türü	Ağaç Tipi	Olgunluk Boyu (m)	Olgunluk Tepe Çapı (m)	Büyüme Hızı	Ömrü	"Güneş Dostu" Olma Özelliği
<i>Abies concolor</i>	DY-O	14	6	Y	U	BY
<i>Acer campestre</i>	YD-O	10	10	Y	O	H
<i>Acer negundo</i>	YD-O	14	11	H	O	H
<i>Acer platanoides</i>	YD-B	15	11	H	U	KGD
<i>Acer pseudoplatanus</i>	YD-B	20	15	H	U	E
<i>Acer rubrum</i>	YD-B	21	15	H	U	H
<i>Acer saccharum</i>	YD-B	20	13	O	U	KGD
<i>Aesculus hippocastanum</i>	YD-K	6	9	H	K	KGD
<i>Albizia julibrissin</i>	YD-K	6	9	H	K	E
<i>Alnus glutinosa</i>	YD-O	14	9	O	O	H
<i>Betula papyrifera</i>	YD-B	16	8	O	K	E
<i>Betula pendula</i>	YD-O	14	9	O	K	E
<i>Carpinus betulus</i>	YD-B	15	11	Y	O	KGD
<i>Casuarina spp.</i>	DY-B	24	11	H	O	BY
<i>Catalpa spp.</i>	YD-B	17	14	H	O	E
<i>Celtis sinensis</i>	YD-B	15	13	H	U	BY
<i>Citrus spp.</i>	DY-K	6	6	O	O	BY
<i>Corylus colurna</i>	YD-B	15	9	Y	U	E
<i>Cryptomeria japonica</i>	DY-B	15	5	Y	U	BY
<i>Cupressus sempervirens</i>	DY-B	15	1	O	O	BY
<i>Eleagnus angustifolia</i>	YD-K	5	5	H	K	E
<i>Fagus sylvatica</i>	YD-B	19	15	O	U	H
<i>Fraxinus excelsior</i>	YD-B	21	23	H	U	E
<i>Gingko biloba</i>	YD-B	19	17	Y	U	E
<i>Gleditsia triacanthos var.inermis</i>	YD-B	19	13	H	U	E
<i>Juglans nigra</i>	YD-B	20	18	O	U	E
<i>Laburnum spp.</i>	YD-K	7	5	O	O	E
<i>Lagerstromia indica</i>	YD-K	6	6	O	O	E
<i>Liriodendron tulipifera</i>	YD-B	27	12	O	U	H
<i>Magnolia grandiflora</i>	DY-B	21	11	O	U	BY
<i>Paulownia tomentosa</i>	YD-O	14	14	H	O	E
<i>Picea abies</i>	DY-B	27	10	Y	U	BY
<i>Picea glauca</i>	DY-B	15	5	O	U	BY
<i>Picea pungens</i>	DY-O	12	5	Y	U	BY
<i>Pinus nigra</i>	DY-O	15	9	O	K	BY
<i>Pinus pinea</i>	DY-O	14	12	O	U	BY
<i>Pinus sylvestris</i>	DY-O	14	8	O	O	BY
<i>Pistacia chinensis</i>	YD-O	9	9	O	O	BY
<i>Platanus occidentalis</i>	YD-B	25	18	H	U	H
<i>Populus alba</i>	YD-B	24	15	H	O	H
<i>Populus deltoides</i>	YD-B	27	15	H	U	BY
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	DY-B	15	6	O	U	BY
<i>Quercus robur</i>	YD-B	17	15	O	U	H
<i>Quercus rubra</i>	YD-B	20	17	H	U	H
<i>Robinia pseudoacacia</i>	YD-B	17	9	H	O	KGD
<i>Salix spp.</i>	YD-B	18	18	H	O	TGD
<i>Sequoia sempervirens</i>	DY-B	27	9	O	U	BY
<i>Sophora japonica</i>	YD-B	17	17	O	U	BY
<i>Sorbus aucuparia</i>	YD-O	8	6	O	K	KGD
<i>Taxodium distichum</i>	YD-B	21	9	H	U	BY
<i>Tilia cordata</i>	YD-B	20	13	O	U	E
<i>Ulmus parvifolia</i>	YD-O	14	13	O	U	H
<i>Vitex agnus-castus</i>	YD-K	4	5	H	O	BY
<i>Zelkova serrata</i>	YD-B	21	19	O	U	E

## Açıklama:

Ağaç Tipi: DY-B:Daimi Yeşil-Büyük (&gt;15 m); DY-O:Daimi Yeşil-Orta (11-15 m); DY-K:Daimi Yeşil-Küçük (&lt;11 m);

YD-B: Yaprğını Döken-Büyük (&gt;15 m); YD-O:Yaprğını Döken-Orta (11-15 m); YD-K:Yaprğını Döken-Küçük (&lt;11 m)

Büyüme Hızı: H:Hızlı; O:Orta; Y:Yavaş

Ömür : U:Uzun (&gt;50 yıl; O:Orta (25-50 yıl; K:Kısa (&lt;25 yıl)

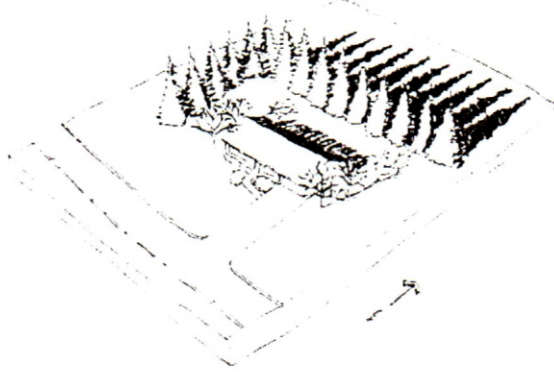
"Güneş Dostu" Olma Özelliği: Güneş Dostu ağaçlar kışın güneş ışınlarının geçmesine olanak verirken, yazın gölge sağlar.

H:Hayır (Güneş dostu değil); E:Everet(Güneş dostu); BY:Bilgi yok; TGD:Türe göre değişir; KGD:Kültüvare göre değişir.



### 6.2 Rüzgâr Kontrolü İçin Ağaç Dikilmesi

Boyutları ve geçirimli olmaları nedeniyle ağaçlar, ideal rüzgâr filtreleridir. Rüzgâr perdesi oluşturacak ağaç sıraları baskın rüzgâr doğrultusuna dik doğrultuda olmalıdır; bu sıralar genellikle binaların kuzey ve batı duvarlarına paralel yapılır (Resim 3).



**Resim 3:** Doğru konumlandırılmış rüzgâr perdelerinin ve gölge ağaçlarının kış ortasındaki gölgeleri, binanın güneye bakan duvarının güneşlenmesine engel olmaz (SAND 1993).

Rüzgâr perdesi sırasının uzunluğu, rüzgârdan korunacak binanın uzunluğundan daha fazla olmalıdır; Çünkü rüzgâr perdesinin kenarında (ucunda) rüzgâr hızı artar. İdeal olarak, rüzgâr perdesi binanın rüzgâr alan tarafında ve binadan yaklaşık 15 m uzaklıkta tesis edilmeli, rüzgârdan koruyacakları bina yüksekliğinin iki katı kadar boylanan, yere kadar dallanan sık daimi yeşil ağaçlardan oluşturulmalıdır. Rüzgâr perdelerini binanın güney ve doğu duvarlarına güneş ışınlarının ulaşmasını engelleyecek şekilde konumlandırmaktan kaçınılmalıdır. Ağaçlar yoğun bir perde oluşturmaya yetecek kadar birbirine yakın dikilmeli, fakat bu mesafe ağaçların yeterli ışık almasını engelleyecek ve alt dallarda bu nedenle doğal budanmaya yol açacak kadar azaltılmamalıdır. Çoğu ibreliler 2'şer metre mesafelerle dikilebilir. İki ya da daha fazla ağaç sırası oluşturma olanağı varsa, sıralar arasında 3-4 m aralık bırakılmalıdır.

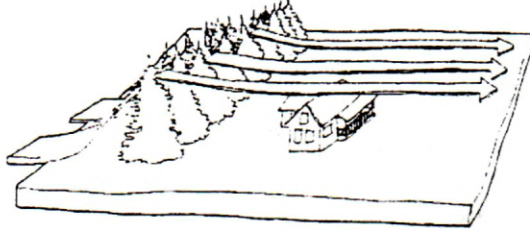
### 6.3 Tür Seçimi

İdeal bir gölge ağacı oldukça yoğun ve yuvarlak bir tepe yapısına sahip olmalı, ana dalları evin çatısını kısmen gölgelemeye yetecek kadar yanlara uzanmalıdır. Aynı yerde bulunmaları kaydıyla büyük bir ağaç, küçük bir ağaca göre binaya daha fazla gölge sağlayacaktır. Yapraklı döken ağaçlar, kışın güneş ışınlarının yapraksız dallar arasından binaya ulaşmasına olanak verir. Yakındaki binaların ya da enerji hatlarının yerüstü mekânı kısıtladığı durumlarda küçük ağaçlar dikilir. Evlerin dar yan bahçelerinde sütunvari ya da piramidal büyüyen ağaçlar uygundur. Gölge ağaçları için en iyi konum, binaların batı ve doğu taraflarındaki binaya yakın yerler olduğu için, en uygun ağaçlar güçlü, rüzgâra ve hastalıklara dirençli olanlardır. Binalar yakınına dikilmemesi gereken ağaçlar arasında, köklerinin çok yayılması, odununun zayıflığı ve büyük boyutu nedeniyle *Populus fremontii*, dar formu, gölgesinin yetersizliği ve yavaş büyümesi nedeniyle *Ginkgo biloba* ve yaz-kış yapraklarını dökmemesi nedeniyle *Pinus* türleri sayılabilir.



Ağaçların seçiminde, dikilecek ağacın su gereksiniminin çevredeki bitkilerle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Örneğin çok az sulanan alanlara dikmek için az su kullanan türlerin seçilmesi gerekir. Aynı zamanda ağaçların bakım isteklerinin de, peyzajdaki farklı alanlarda uygulanan bakım şekli ve sıklığı ile uyumlu olması dikkate alınmalıdır. Yapraklarını ve meyvelerini döken ağaçlar, ölü örtünün yerdeki bitki örtüsü arasında kaybolduğu yerler ya da bunların tırmıkla kolayca toplanabileceği çim alanlar için uygun olur.

Rüzgâr perdeleri için ibreliler, rüzgâra karşı daha iyi koruma sağladıkları için, yaprağını döken ağaçlara tercih edilir (Resim 4). Rüzgâr perdeleri için ideal ağaç, hızlı büyüyen, yoğun görünüşlü ve toprağa kadar dallanıp doğal budanmaya uğramayan ağaçtır. *Picea abies*, *Pinus strobus*, *Pinus sylvestris*, *Abies concolor*, *Thuja occidentalis* ve *Pseudotsuga menziesii*, *Cryptomeria japonica* var. *elegans* vb, rüzgâr perdesi için en iyi türlerdir.



Resim 4: İbrelî ağaçlardan oluşan bir rüzgâr perdesi, rüzgârın bina üzerinden geçmesini sağlar (SAND 1993).

## 7. KAMU ALANLARINA DİKİLECEK AĞAÇLAR İÇİN ÖNERİLER

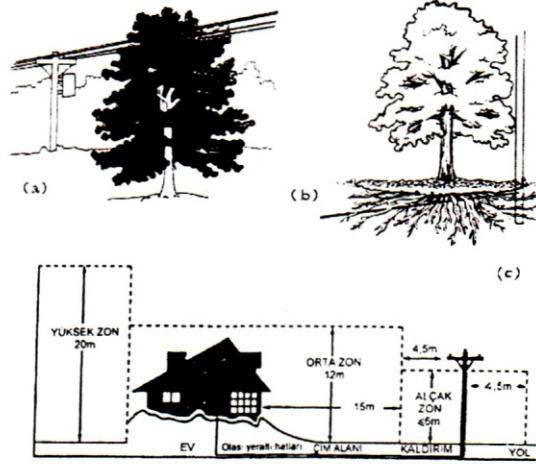
### 7.1 Yer ve Tür Seçimi

Yaya kaldırımlarında ve park etmiş araçlar üzerinde maksimum düzeyde gölge sağlamak için ortak alanlara, caddé kenarlarına, otoparklara ve ticaret merkezleri çevresindeki alanlara ağaç dikilmelidir. Gölge ağaçları, kaplamalı yüzeyler tarafından depolanan ya da yansıtılan ısıyı azaltır. Caddeleri ve otopark alanlarını serinleten ağaçlar, böylece park etmiş otomobillerden hidrokarbonların (yakıtın) buharlaşarak atmosfere karışmasını azaltır ki bu şekildeki hidrokarbon buharı emisyonları, sis ve duman karışımı "smog" oluşumunda rol oynamaktadır (SCOTT ve ark. 1998). Büyük ağaçlar küçük ağaçlardan daha fazla alanı gölgelerse de, ancak elverişli mekânlarda kullanılmalıdır.

Kamu alanlarındaki ve diğer ortak yerlerdeki ağaçlar binaları güneş ve rüzgârdan korumayabilirler; bu nedenle bunların atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in azaltılmasına etkileri, esas itibarıyla atmosferden CO<sub>2</sub> alıp biyokütleyle dönüştürmelerinden kaynaklanır. Daha önce de değinildiği gibi hızlı büyüyen ağaçlar başlarda daha fazla CO<sub>2</sub> bağlarlar; fakat hızlı büyüyen bu ağaçlar daha genç yaşlarda ölürse, bu avantaj kaybolabilir. Olgunluk çağında daha büyük boyutlara ulaşan ağaçlar, daha küçük boyutlu ağaçlardan daha fazla CO<sub>2</sub> bağlama kapasitesine sahiptir. CO<sub>2</sub>'in en fazla miktarlarda bağlanmasını sağlamak için, dikilecekleri yere yetişme ortamı koşulları bakımından en iyi uyumu sağlayan türler seçilmelidir. Daha önce de değinildiği gibi yetişme ortamına tam bir uyum sağlayamayan ağaçlar yavaş büyüyecek, stres belirtileri gösterecek, ya da genç yaşta ölecektir.

Sağlıksız ağaçların atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in azaltılmasında pek etkisi yoktur ve bunlar peyzajı da olumsuz yönde etkiler.

Kent içinde ağaç dikmeden önce yeraltından geçen su, gaz, elektrik ve iletişim hatlarının yerleri ilgili kurumlarla temasa geçilerek belirlenmelidir. Ayrıca enerji hatlarının, sokak lambalarının ve trafik işaretlerinin bulunduğu yerler dikkate alınmalı, kentin bu alt yapı tesisleriyle ilgili olarak ileride sorun yaratmayacak yerler ve türler seçilmelidir. Ağaçlar, görünüşü engellemeleri için yol kavşaklarından en az 10 m uzakta olmalıdır. Kaldırımlar, kurplar ve kaplamalı yüzeyler yakınına sığ kök yapan türler dikilmemelidir. Genellikle ağaç dikimi kaldırım ya da kaplamadan en az 1 m uzağa yapılmalı, büyük ağaçların kök boğazlarının ve sığ yan köklerinin toprağı ve kaplamayı hatırı sayılır bir mesafe içinde kabartabildiğı unutulmamalıdır. Yukarıdan geçen enerji hatları altındaki yerler için en çok 6 m boy yapabilen türler seçilmeli ve bunların da yeraltından geçen temiz ve atık su hatları üzerine rastlamasına özen gösterilmelidir (Resim 5). Ağaçlar, ileride sokak lambalarını örterek aydınlatmayı önleyecekleri, park yerlerinde, ticaret merkezlerinde ve yollar boyunca trafik işaretlerini kapatacakları yerlere dikilmemelidir.



**Resim 5:** (a,b) Dikimden önce yerüstü ve yeraltı altyapı tesislerinin yeri belirlenmelidir. (c) Enerji hatları altında kısa boylu ağaçlar dikilmeli ve toprak altındaki altyapı dikkate alınmalıdır. Orta ve uzun boylu ağaçlar, ancak uygun yerlere dikilebilir (ISA 1992).

Kamunun yararlandığı yerler için seçilecek ağaçların tipini, bakım isteklerine ve kamu güvenliğine ilişkin hususlar önemli ölçüde etkiler. Herkesin yararlandığı yerlere dikilecek ağaçlar rüzgâra dayanıklı olmalı, dal kırılmalarına maruz kalmamalı, sık sık budama yapılmasını gerektirmemeli, fazla ölü örtü oluşturmamalı, derin köklü olmalı, ciddi böcek zararlarına ve hastalıklara maruz kalmamalı, çok değişik toprak koşullarına, sulama rejimlerine ve hava kirliliğine toleranslı olmalıdır. Bu özelliklerin tümüne birden sahip olan ağaç çok az olduğundan, her yetişme ortamı için hangi hususların en önemli olduğu ayrı ayrı belirlenmeli, tür seçimi öncelikle buna göre yapılmalıdır. Örneğin otopark alanları ya da şeritleri için seçilecek ağaçlar sıcak ve kuru koşullara dayanıklı olmalı, dalları güçlü olup yanlara uzanmalı, park edilmiş araçların üzerini yapışkan salgılarla kaplayan böcek zararlarına ve hastalıklara dirençli olmalıdır.



Parklar ve diğer ortak peyzajlar çeşitli amaçlara hizmet ederler. Böyle alanların atmosferden CO<sub>2</sub>'i alıp bağlama yeteneklerinin en üst düzeye çıkarılmasına yardımcı olabilecek hususlar kısaca şöyle sıralanabilir:

- Odunsu bitkilerle birlikte toprak da CO<sub>2</sub> depoladığı için, olanaklar ölçüsünde fazla geçirimli yüzey bırakılmalıdır.
- Otsu bitkilerden daha fazla CO<sub>2</sub> depoladıkları için, odunsu bitki ve özellikle ağaç kullanımını maksimum düzeye çıkarılmalıdır.
- Mümkün olan yerlerde birim alandaki ağaç sayısı arttırılmalı, ölen ağaçlar yerine hemen yenileri dikilmelidir.
- Farklı yaşlardan ve türlerden ağaçlarla monoton olmayan alanlar yaratılmalı, sürekli bir tepe örtüsü sağlanmalıdır.
- Lokal iklime, topraklara ve diğer yetiştirme ortamı koşullarına uyum sağlayan türler seçilmelidir. Bu koşullara uygun olan bitkiler uzun dönemde iyi bir gelişme göstermeli, bakım sonrasında CO<sub>2</sub> tüketimi pek fazla azalmamalıdır.
- Bakım istekleri birbirine benzeyen türler bir araya getirilerek gruplar oluşturulmalı, sulama, budama, gübreleme ve zararlı ot, böcek ve hastalıklarla mücadelenin nasıl en aza indirilebileceği düşünülmelidir.
- Dökülen yaprak ve sürgünlerden kompost hazırlanmalı ve bu kompost, sulama ve gübreleme sonucu serbest kalacak CO<sub>2</sub>'i azaltmak üzere malç olarak kullanılmalıdır.
- Peyzajın bakımı için mümkünse benzinli ya da elektrikli çim biçme makineleri yerine elle itilen çim biçme makineleri, motorlu testere ve budama makineleri yerine el testeresi, dökülen yaprakları toplamada motorlu makineler yerine tırmık kullanılmalıdır.
- Tür seçiminde projenin süresi (ömrü) dikkate alınmalıdır. Hızlı büyüyen türler ilk yaşlarda, yavaş büyüyenlerden daha fazla CO<sub>2</sub> bağlayabilir, fakat daha kısa ömürlü olabilirler.
- Plaza, otopark ve benzeri zorlu yetiştirme alanlarındaki ağaçlar için, ilk yaşlardaki CO<sub>2</sub> depolamasını en üst düzeye çıkarmak ve ağaçların uzun ömürlü olmalarını sağlamak üzere uygun ve yeterli bir toprak alan bırakılmalıdır.

## 8. ÖZET VE SONUÇ

"Sera gazları" olarak adlandırılan ve küresel ısınmaya neden olarak iklim değişiminde büyük rol oynayan gazlar arasında karbon dioksit, önemli bir yer tutmaktadır.

İnsan etkinliklerine bağlı olarak atmosfere verilen sera gazları, yıllık doğal emisyonların yaklaşık % 3'ü düzeyinde olmakla birlikte, doğal emisyona fazladan eklenen bu küçük artış, doğal rezervuarların dengeleyici etkilerinin aşılmasına yeterlidir.

İnsan etkinlikleri sonucunda atmosfere verilen ve dengenin bozulmasına yol açan sera gazlarının başında gelen karbon dioksit, elektrik enerjisi ve ısı elde etme ya da motorlu araçları çalıştırma amacıyla fosil yakıtların yakılmasından çıkar.



Kentsel alanlar, büyük miktarlarda enerjinin kullanıldığı ve karbon dioksitin atmosfere verildiği merkezlerdir. Kentsel merkezlerin nüfus ve coğrafi alan bakımından büyümesine paralel olarak fosil yakıt tüketimi de hızla artmakta, bunun sonucunda sera gazı emisyonlarında da önemli artışlar meydana gelmektedir. Sera gazı emisyonlarının iklimi korumak amacıyla kontrol altına alınması, çok yönlü yararlar sağlayabilir. Atmosferdeki karbon dioksidi azaltmak için önerilen ve uygulanan önlemlerin başında, kentlerde ağaçlandırma çalışmalarının hızlandırılması, kent ormanları oluşturulması ve kapalı mekânların ısıtılmasında ve serinletilmesinde kullanılan enerjiden tasarruf olanağı yaratan stratejik ağaçlandırmalar yapılarak karbon dioksit için önemli depolama (rezervuar) alanları oluşturulması gelmektedir. Bilindiği üzere ağaçlar, aktif büyümelerini sürdürdükleri süre boyunca solunumla atmosfere verdiklerinden daha fazla karbon dioksidi fotosentezle bağlarlar ve net sonuç, atmosferdeki karbon dioksitin azalmasıdır. Ayrıca binaların çevresinde bulunan ağaçlar, ısıtma ve serinletme gereksinimini, dolayısıyla da enerji üretimiyle bağlantılı karbon dioksit emisyonlarını azaltabilir.

Bu doğrultuda oluşturulan ülke çapındaki kampanyalar ve yapılan uygulamalar, Amerika Birleşik Devletleri'nin birçok eyaletinde ve büyük kentlerinde başarılı sonuçlar vermeye başlamıştır. Ülkemizde de Orman Örgütü tarafından birçok kentte gerçekleştirilen "yeşil kuşak" ağaçlandırmalarında yer belirlemesinin bu amaçlar da dikkate alınarak yapılması, bu ağaçlandırmalardan beklenen çok yönlü yararlar yelpazesini biraz daha genişletme olanağı sağlayacaktır. Ayrıca yerel yönetimlerin ağaçlandırma çalışmalarında da bu hususların göz önünde tutulması gerekir. Peyzaj düzenlemelerinde güneş açılarının değerlendirilmesi de bu bağlamda Peyzaj Mimarlarının özenle üzerinde durmaları gereken bir konudur.

## KAYNAKLAR

- AKBARI, H.; ROSENFELD, A.H.; TAHA, H. 1990: Summer Heat Islands, Urban Trees, and White Surfaces. ASHRAE Transactions 96 (1).
- BIRDSEY, R. 1992: Carbon Storage and Accumulation in United States Forest Ecosystems. USDA Forests Service, Northeastern Forest Experiment Station, General Technical Report WO-GTR-59, Radnor, PA.
- DOE/EIA 1997: Emissions of Greenhouse Gases in the United States 1996. Office of Integrated Analysis and Forecasting; US Department of Energy/Energy Information Administration, Washington DC.
- GÖRCELİOĞLU, E. 1986: Peyzaj Düzenlemelerinde Güneş Açılarının Değerlendirilmesi. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt 36, Sayı 4.
- HAMBURG, S.P.; HARRIS, N.; JAEGER, J.; KARL, T.R.; McFARLAND, M.; MITCHELL, J.F.B.; OPPENHEIMER, M.; SANTER, B.D.; SCHNEIDER, S.; TRENBERTH, K.E.; WIGLEY, T.M.L. 1997: Common Questions About Climate Change. UNEP/WMO, Nairobi, Kenya.
- HEISLER, G.M. 1986: Energy Savings With Trees. Journal of Arboriculture 12 (5).
- HENDRICK, R.L.; PREGITZER, K.S. 1993: The Dynamics of Fine Root Length and Nitrogen Content in Two Northern Hardwood Ecosystems. Canadian Journal of Forest Research 23.
- HUANG, Y.J.; AKBARI, H.; TAHA, H.; ROSENFELD, A.H. 1987: The Potential of Vegetation in Reducing Summer Cooling Loads in Residential Buildings. Journal of Climate and Applied Meteorology 26 (Sept.).

- ICLEI 1997: U.S. Communities Acting to Protect the Climate. International Council for Local Environmental Initiatives, Berkeley, California.
- ISA 1992: Avoiding Tree and Utility Conflicts. International Society of Arboriculture, Savoy, Illinois.
- JO, H.K.; McPHERSON, E.G. 1995: Carbon Storage and Flux in Urban Residential Greenspace. *Journal of Environmental Management* 45.
- McPHERSON, E.G.; ROWNTREE, R.A. 1993: Energy Conservation Potential of Urban Tree Planting. *Journal of Arboriculture* 19.
- McPHERSON, E.G. 1998: Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest. *Journal of Arboriculture* 24 (4).
- McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R. 1999: Carbon Dioxide Reduction Through Urban Forestry. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, General Technical Report PSW-GTR-171, Albany, California.
- MEIER, A.K. 1990/91: Strategic Landscaping and Air-Conditioning Savings. *Energy and Buildings* 15-16.
- MILLER, R.H.; MILLER, R.W. 1991: Planting Survival of Selected Street Tree Taxa. *Journal of Arboriculture* 17 (7).
- NORSE, E. 1990: Ancient Forests of the Northwest. The Wilderness Society/Island Press, Washington DC.
- NOWAK, D.J. 1993: Atmospheric Carbon Reduction by Urban Trees. *Journal of Environmental Management* 37.
- NOWAK, D.J. 1994: Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Chicago's Urban Forest. Chicago's Urban Forest Ecosystem. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, General Technical Report NE-GTR-186, Radnor, PA.
- PARKER, J.H. 1983: Landscaping to Reduce the Energy Used in Cooling Buildings. *Journal of Forestry* 81.
- SAND, M. 1993: Energy Conservation Through Community Forestry. Univ. of Minnesota, St. Paul.
- SCOTT, K.I.; McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R. 1998: Air Pollutant Uptake by Sacramento's Urban Forest. *Journal of Arboriculture* 24 (4).
- SIMPSON, J.R. ; McPHERSON, E.G. 1996: Potential of Tree Shade for Reducing Residential Energy Use in California. *Journal of Arboriculture* 22 (1).
- XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R.; USTIN, S.L. 1997: Rainfall Interception by Sacramento's Urban Forest. *Journal of Arboriculture* 24 (4).