

İK- LİM

DEĞİŞİKLİĞİ ve KARBON YÖNETİMİ

TARIM/ORMAN ve DİĞER
ARAZİ KULLANIMLARI

Prof. Dr. YUSUF SERENGİL

Balıkçılık; arazi kullanımıyla yakından ilişkili,
iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine açık sektörlerden.



Balıkçı tekneleri
Vietnam

İklim Değişikliği ve Karbon Yönetimi / Tarım Orman ve Diğer Arazi Kullanımları; Küresel Çevre Fonu (GEF) finansal desteği ile Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü tarafından Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile işbirliği içinde yürütölen Türkiye'de Yüksek Koruma Değerine Sahip Akdeniz Ormanlarının Entegre Yönetimi Yaklaşımı Projesi kapsamında basılmıştır.



Güçlü bireyler.
Güçlü toplumlar.

Yazar

Prof. Dr. Yusuf Serengil

Kapak Fotoğrafi

Uludağ Milli Parkı

Prof. Dr. Yusuf Serengil

Fotoğraflar

Prof. Dr. Yusuf Serengil

Tasarım

TGIF Visual & Creative Solutions

Melis Sertoğlu

Fatma Göltekin

İklim değışikliği ile mücadele sürecinde yeni bir küresel anlaşmaya doğru ilerlemektedir. Paris'te 2015 yılı Aralık ayında karara bağlanan ve 2020 sonrasında küresel iklim değışikliği ile mücadele mekanizmasını ortaya koyan anlaşma, Türkiye dâhil birçok taraf ülkeyi ve uluslararası piyasaları etkileyecektir. Bu anlaşmanın düşük karbon ekonomisine geçişte Türkiye gibi yolun başındaki ülkeleri motive etmesi beklenmektedir. Peki, iklim değışikliği bir tehdit midir, yoksa fırsatlar paketi mi? Türkiye'yi nasıl ve hangi sektörlerde etkileyebilir? Düşük karbon ekonomisine geçiş nasıl olacak? Buna benzer soruların yanıtlarını vermek için sektörleri ayrı ayrı karbon yönetimi bakımından ayrıntılı biçimde incelemek gerekmektedir. Tarım ve ormancılık sektörleri Türkiye'nin can damarı konumundadır. Milyonlarca insanın işi, gıdası ve yaşamı bu iki sektöre dayanmaktadır. İklim değışikliği ile mücadele her iki sektörü hem uyum hem azaltım politikaları yönünden etkileyecektir. Ayrıca iklim değışikliği ile mücadele konusunda hem ormancılık hem de tarım sektörlerinden katkı beklenmektedir. İklim değışikliği ile mücadelede tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımları konusunun önemli bir potansiyel oluşturduğu düşünölmektedir. Kitabın amacı bu potansiyeli ortaya koyacak yöntem ve yaklaşımları temelden başlayıp ileri düzeye doğru okuyucuya sunmaktır. Sektörün temel bileşeni ve dayandığı obje karasal ekosistemler ve ona etki eden insan faaliyetleridir.

Bitkiler, tek tek veya topluca çevremizin önemli bir bileşenidirler. Cansız bileşenler ile etkileşim içinde ekosistemleri oluştururlar. Buna karşın bitki örtüsünün yapısını ve bir yerden bir yere gösterdiği değışimleri çok azımız sorgulamaktadır. Örneğin evimizin çevresinde tarım arazilerine, iş yerimizin civarında ise çalılık veya çayırılıklara rastlayabiliriz. Bazı durumlarda da çevremiz tamamen insan eli ile şekillendirilmiştir, doğal ortamlara gitmek için uzun mesafeler kat etmemiz gerekebilir. İklim ve insan,

dünya üzerindeki bitki örtüsünün durumunu ve dağılışını belirleyen iki temel faktördür. Dünyamızın bazı yörelerinde ibrelili türlerin baskın olması, diğer bazı yerlerde ise bulunmaması, bazı yapraklı türlerin kışın yapraklarını dökmesi bazılarının dökmemesi, bazı yerlerde orman değil makiliklerin veya tarım arazilerinin olması bu iki etkenin birleşimine dayanır. Eğer ekosistemlerin işleyişini anlamak ve sürdürülebilir şekilde yönetmek istiyorsak bu iki etkeni çok iyi anlamak ve değerlendirmek zorundayız. İklimdeki değışiklik hem insanlar hem de ekosistemler üzerinde önemli etkiler ortaya çıkarabilir. Zamana yayıldığı için çoğu kez algılayamayacağımız bu etkiler, geleceğin tarih kitaplarında yerini alacaktır. Bir örnek vermek gerekirse; 1880'den beri gerçekleşen 0.85 santigrat derecelik küresel ısınmayı iklim verilerini analiz etmeyen hiç kimse algılayamaz fakat buzulların erimesi üzerindeki etkileri net biçimde gözlenebilir. Buna benzer şekilde bu yüzyıl sonunda gerçekleşmesi beklenen en az 1.5 santigrat derecelik ısınmayı da hissedemeyeceğiz fakat bu seviyede bir ısınma tarım ürünlerindeki verimi %5 oranında azaltma, buzulların büyük çoğunluğunu eritme, aşırı meteorolojik olayları daha da artırma ve birçok canlı türünü de ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Burada şu noktanın altını çizmek gerekiyor; sıkça duyduğumuz "geçen sene hava daha soğuktu", "20 yıl önce daha fazla kar yağdı", vb. değerlendirmelerin iklim değışikliği ile çok büyük olasılıkla hiçbir ilgisi yoktur; zira bunların tümü öznel ve bağli yargılardır. Bir yörede iklimin ne boyutta ve ne yönde değıştiği ancak yarım yüzyıllık veya daha uzun klimatolojik kayıtlar ile ortaya konulabilir.

Ekosistemlerin topluma sundukları faydalara "ekosistem hizmeti" adını veriyoruz. Bu hizmetler insanlığın ortaya çıkışı ve gelişimi sürecinde büyük değışikliklere uğramış ve uğramaktadır. Günümüzde öne çıkan ekosistem hizmetlerinden biri sera gazlarının tutulması veya salınımının azaltılmasıdır.

Kısaca “karbon depolama” olarak bilinen bu hizmet, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin (BMİDÇS) ortaya çıkışından daha önceye dayanmakla beraber küresel düzlemde gelişmesi ve yaygınlaşması bu Sözleşme sayesinde olmuştur. Birçok ülkede son 30 yıl içinde karbon ekonomisi sıfırdan başlayıp yüz milyonlarca dolarlık hacimlere ulaşmıştır.

İklim değişikliği ile mücadele kavramının Türkiye ekonomisi, politikası ve bilim çevrelerine nüfuz etmesi uzun bir süreci gerektirmiştir. Bu gecikmenin önemli bir nedeni Sözleşmenin müzakere sürecinde Türkiye'nin yanlış konumlandırılmasıdır. Sözleşmede Ek-1 grubunda yer almamız sonucu Türkiye, karbon ekonomisi ve uluslararası projeler konusunda olması gereken noktanın çok gerisinde kalmıştır. Benzer ekonomik göstergelere sahip dünyanın birçok ülkesinde ormansızlaşma ve orman bozulmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması (REDD+), Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) ve benzeri projeler yürütülmekte iken Türkiye’de henüz hiçbir ormancılık veya arazi rehabilitasyon projesinin karbon piyasalarına konu olamamış olması bu hatanın bir sonucudur. İklim piyasa ve ekonomisinin, özellikle de küresel ölçekte bilinmiyor olması da bu anlamda önemli bir eksikliklerdir. Her yıl, azaltım ve uyum projelerine aktarılmak üzere milyarlarca dolarlık fon oluşturulmakta ve kullanılmaktadır. Bu esnada gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere uzmanlık ve teknoloji akışı gerçekleşmektedir. Örneğin, bir Avrupa ülkesinin, Afrika'nın bir ülkesine uyum konulu bir çevre fonu sağladığını var sayalım. Bu fonun sağlanması demek, o Afrika ülkesine fonun doğrudan aktarılması demek değildir; aslında fon sağlayıcı ülkenin kendi ulusal şirketlerine Afrika’da iş potansiyeli yaratması anlamına gelmektedir. Fon sağlayıcı ülke projeleri dolaylı olarak kendi ülkesinden bir şirkete veya kuruma vermekte ve projeye aktardığı fon aslında kendi ülkesinin şirketlerine aktarılmaktadır.

Şirket de proje konusu çerçevesinde faaliyetleri yürütmektedir. Sonuçta projeyi alan şirket geliştirmekte, büyümekte diğer ülkelerdeki projeleri almak üzere daha güçlü ve rekabetçi hale gelmekte, proje yapılan ülkede olumlu uygulamalar (kapasite geliştirme, plan-program geliştirme vb.) gerçekleştirilmekte ve proje yapılan ülke ile yakınlaşılmaktadır. Projenin yürütüldüğü Afrika ülkesine reel bir fon akışı veya teknoloji transferi olmamasına rağmen bazı faydalar sağlanmaktadır. Bu ülkelerin zamanla kalkınması ve ekonomilerinin iyiye gitmesi ile diğer birçok alanda ekonomik işbirliği olanakları ortaya çıkmaktadır. Bu süreç aslında birçok ülkenin küresel stratejilerini gerçekleştirmelerinde bir araç olarak görülmektedir. Bu durumun hemen hemen aynısını AB ile bütünleşme sürecinde Türkiye’ye tahsis edilen AB fonlarında görmekteyiz. Fonu büyük oranda sağlayan AB, projeyi alan şirketler ise çoğunlukla AB şirketleridir. Türkiye eğer küresel iklim ekonomisinde izleyici değil de oyuncu olarak yer almak istiyorsa etkin bir müzakere ve uzman ekibi yetiştirmeli, oyunu kendi sahasında değil küresel arenada oynamalıdır.

Konunun yasal boyutu da büyük önem arz etmekte, ülke içinde karbon hareketinin başlaması ve ivmelenmesi yasal süreçlerin gelişimine bağlıdır. Bu boyutun yetersiz kalması kamu kurumlarında “bilinmeyene karşı duyulan çekingenlik” ve “karbon konusunda kapasitenin yetersizliği” ile açıklanabilir. Bu kitabın ana gerekçesi işte tam da bu noktayı hedeflemektir:

Tarım, ormancılık ve arazi kullanımında karbon kavramını tüm yönleriyle ortaya koymak ve Türkiye’de karbon yönetimi bilincinin oluşmasına katkı yapmaktır.

KISALTMALAR	10
ANAHTAR KAVRAMLAR	14
ÖNERİLEN KAYNAKLAR	20
ÖZET	22
1.GİRİŞ	24
1.1.Ormanlık ve Arazi Kullanma Sektöründe Azaltım ve Uyum	32
1.2.İklim Değişikliğinin Ormanlık ve Orman Ürünleri Sektörüne Etkileri	37
2. İKLİM SINIFLAMALARI VE TÜRKİYE’NİN İKLİMİ	40
2.1.İklim Kavramı ve Türkiye İklimi	43
2.2.Ekolojik Bölge Bazlı Sınıflandırma	49
3.IPCC İKLİM PROJEKSİYONLARI (AR5-5. DEĞERLENDİRME RAPORU)	58
4.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE ve BMİDÇS SÜRECİ	62
4.1.İklim Değişikliği Performans İndeksi	64
4.2.BMİDÇS Sürecinde Ülkemizin Durumu, Tarım ve Ormanlık Sektörleri	67
4.3.BMİDÇS’nin AKAKDO Kararları	75
4.4.KYOTO PROTOKOLÜ (KP)	77
4.5.PARIS İKLİM ANLAŞMASI	82
5.IPCC RAPORLAMA STANDARTLARI	85
5.1.Sera Gazı Envanter Raporu	88
5.2. İki Yıllık Rapor – Bienal Rapor (BR)	93
5.3.Ulusal Bildirim (UB)	95
5.4.Uluslararası Değerlendirme ve Gözden Geçirme Süreci (UGS)	101
6.KÜRESEL KARBON DÖNGÜSÜ	103
7.EKOSİSTEMLERDE KARBON DÖNGÜSÜ	105
7.1.Ekosistemlerde Karbon Havuzları	109
8.ODUN ÜRÜNLERİ (HWP)	144

9.IPCC ARAZİ KULLANIM TİPLERİ VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	152
9.1.Ormanlarda Sera Gazı Bütçesi	156
9.2.Tarım Alanlarında Sera Gazı Bütçesi	163
9.3.Meralarda Sera Gazı Bütçesi	168
9.4.Sulak Alanlarda Sera Gazı Bütçesi	170
Baraj Yapımı Sonucu Sera Gazı Salımı	173
Turbalık İşletmesi ile Sera Gazı Salımı	173
9.5.Yerleşimlerde Sera Gazı Bütçesi	179
10.TARIM SEKTÖRÜNDE KARBON STOK HESAPLAMASI	184
10.1. Kaynak Kategorileri	186
11.KYOTO PROTOKOLÜ RAPORLAMA SİSTEMİ	200
12.YENİLENEBİLİR ENERJİ	207
13.UZAKTAN ALGILAMA İLE KARBON STOK TAHMİNİ	110
14.PROJE BAZINDA KARBON STOK HESAPLAMASI	213
15.KARBON YÖNETİMİNDE MRV (Ölçülebilirlik, Raporlanabilirlik, Doğrulanabilirlik) SİSTEMİ	222
16.ÜLKEMİZİN SERA GAZI ENVANTERİNDE AKAKDO SEKTÖRÜ	228
17.ORMANCILIK VE KARBON TİCARETİ	238
18.REDD+	245
19.İKLİM PROJELERİNDE FİNANSMAN	249
20.CBM Modeli	253
21.FAO EXACT UYGULAMA ARACI	256
ÖRNEK PROJELER	263
KAYNAKLAR	276
EK TABLOLAR	279

AB: Toprak üstü biyokütle

AD: Aktivite verisi

AFOLU: Tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımları

AKAKDO: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık

AR5: IPCC 5. Değerlendirme Raporu

ARD: Ormanlaştırma, yeniden ormanlaştırma ve ormansızlaşma

ARR: Yıllık gözden geçirme raporu (NIR için)

BAU: Koşulların normal seyrettiği durum senaryosu

BB: Toprak altı biyokütle

BCEF: Biyokütle dönüştürme ve genişletme katsayısı

BGR: Bienal Güncelleme Raporu

BMÇMS: Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi

BMİDÇS: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

BMOF: Birleşmiş Milletler Ormancılık Forumu

BR: İki Yıllık Rapor veya Bienal Rapor

CAN: İklim Eylem Ağı

CBM: Karbon Bütçesi Modeli

CDM: Temiz kalkınma mekanizması

CER: Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltımı

CF: Karbon Fraksiyonu

CFC: Kloroflorokarbon

CM: Karbon piyasası

COP: Taraflar toplantısı

CSC: Karbon stok değişimi

CRF: Ortak Raporlama Formatı Tablosu

CTF: Ortak Tablo Formatı Tablosu

D: Odun yoğunluğu

DOM: Ölü Organik Madde

d.m.: Kuru madde

DW: Ölü odun (ÖÖ)

EF: Emisyon faktörü

ERT: Uzman gözden geçirme ekibi

ERU: Emisyon Azaltım Birimi

ET: Evapotranspirasyon

FAO: Gıda ve Tarım Örgütü

FM: Orman yönetimi

GCF: Yeşil İklim Fonu

GCM: Küresel Sirkülasyon Modeli

GEF: Küresel Çevre Fonu

GM: Mera Yönetimi

Gt: Gigaton

HWP: Odun Ürünleri

ICP: Hava Kirliliğinin Ormanlar Üzerindeki Etkilerini İzleme ve Değerlendirmeye Yönelik Uluslararası Ortak Program

INDC: Ulusal Katkı Beyanı

IPCC: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli

IUFRO: Uluslararası Ormancılık Araştırmaları Birliği

JI: Ortak uygulama

KP1: Kyoto Protokolü birinci dönem (2008-2012)

KP2: Kyoto Protokolü ikinci dönem (2013-2020)

L: Ölü örtü

LDCF: En Az Gelişmiş Ülkeler Fonu

MRV: Ölçülebilirlik, Raporlanabilirlik ve Doğrulanabilirlik

NAMA: Ulusal Azaltım Faaliyetleri

NEP: Net Ekosistem Üretimi

NIR: Ulusal envanter raporu

NPP: Net Birincil Üretim

ÖO: Ölü Odun

ÖÖ: Ölü Örtü

PAM: Politika ve Önlemler

OGM: Orman Genel Müdürlüğü

QA: Kalite güvencesi

QC: Kalite kontrol

QEERT: Sayısal azaltım hedefi

RCP: Temsili Konsantrasyon Seyri

REDD+: Ormansızlaşma ve orman bozulmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması

REP: Rovaniemi Eylem Planı

SOC: Toprakta organik karbon

Sözleşme: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ile Mücadele Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS veya UNFCCC olarak da ifade edilebilir)

TCCCA: Şeffaflık, Tutarlılık, Karşılaştırılabilirlik, Bütünlük ve Doğruluk

Sık kullanılan direkt ve dolaylı bazı sera gazlarının yazılışları:

C: Karbon

CH₄: Metan

CO: Karbon monoksit

CO₂: Karbon dioksit

N₂O: Nitro oksit veya diazot monoksit

NF₃: Azot triflorid

NO_x: Azot oksitler

O₃: Ozon

SF₆: Kükürt hegzaflorid

SO_x: Kükürt oksitler

SO₂: Kükürt dioksit

SF₆: Kükürt hegzaflorid

SO_x: Kükürt oksitler

SO₂: Kükürt dioksit

Adaptasyon Fonu: BMİDÇS taraf, gelişmekte olan, özellikle iklim değişikliğinin etkilerine duyarlı ülkelerdeki uyum konulu proje ve programları desteklemeye yönelik fon kaynağıdır.

Adaptif Kapasite (Adaptive Capacity) – Herhangi bir sistemin iklim değişikliğinin etkilerine (aşırı hava olayları, değişen iklim koşulları vb.) uyum yeteneğine adaptasyon (uyum) kapasitesi, sürece ise adaptasyon (uyum) adı verilmektedir.

Adaptif Yönetim (Adaptive Management) - Değişen sosyal, ekonomik ve ekolojik şartlara en yüksek uyum seviyesini yakalamak için olası etki, sonuç ve diğer tüm verilerin toplanıp analiz edildiği; ve bu analiz sonuçlarına göre amenajman ve planlama yaklaşımlarının gelen her önemli veri ile geliştirildiği bir kaynak yönetimi konsepti.

Aktivite Verisi (Activity Data) - Sera gazı salımına neden olan aktivitenin kantitatif değeri. AKAKDO sektöründe genellikle alan (ha), tarım sektöründe hayvan sayısı (adet) veya kullanılan gübre miktarıdır (ton).

Araştırma ve Sistemik Gözlem (Research and Systematic Observation) – Sözleşme kapsamında taraf ülkelerin iklim sistemi ile ilgili olarak araştırma ve sistemik gözlem konusunda işbirliği ve gelişmekte olan ülkeleri destekleme zorunluluğunu ifade etmektedir.

Ağaçlandırma, Yeniden Ormanlaştırma ve Ormansızlaşma (Afforestation, Reforestation, Deforestation-ARD) – Ağaçlandırma genellikle 50 yıldır orman olmayan bir alanın yeniden orman haline getirilmesini, yeniden ormanlaştırma ise belli bir tarihten beri orman olmayan bir alanın (Kyoto Protokolünde bu tarih 1990'dır) ormanlaştırılmasını ifade etmektedir. Gençleştirme veya yangın, vb. zararlar sonrası ormanlaştırma bu kapsama girmez, orman yönetimi kapsamında ele alınır. Ormansızlaşma ise ormanın insan eliyle başka bir arazi kullanım şekline dönüştürülmesidir. Kesim veya geçici süre alanın çıplak kalması ormansızlaşma anlamına gelmemektedir.

Azaltım Kapasitesi (Mitigation Capacity) – İnsan faaliyetleri ile iklimdeki değişimlerin engellenmesi veya azaltılması ile ilgili faaliyetleri gerçekleştirme potansiyeli.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS -UNFCCC) – Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1992 yılında kabul edilenmiş, 1994' te yürürlüğe giren iklim değişikliği ile mücadelede temel çerçeve anlaşmadır.

Çevresel Bütünsellik (Environmental Integrity) – Paris İklim Anlaşması Madde 6’da altı çizilen önemli bir konudur. Karbon yönetimi çerçevesinde bu kavram azaltım projelerinde çevrenin bir bütün olduğunu, projenin nerede yapılması yapılsın aynı olumlu sonucu ortaya çıkaracağını, önemli olanın çevredeki diğer öğelere zarar verilmemesi olduğunu ifade eder.

Dayanıklılık (Resilience) – Sosyal veya ekolojik bir sistemin dış etkenlere karşı yapı ve fonksiyonelliğini koruyabilmesi olarak tanımlanır. Bir başka deyişle stres ve değişime karşı uyum kapasitesidir.

Ek-1 dışı ülkeler (Non-Annex I Parties) – Sözleşmenin Ek-1 listesinde yer almayan genellikle gelişmekte olan taraf ülkelerdir.

Ek-1 ülkeleri (Annex-1 Parties) - BMİDÇS’nin Ek-1 inde yer alan taraf ülkeler. Bu ülkeler arasındanlar Türkiye 1992 yılında Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD)’nde yer almış ülkeler yanında, ekonomisi geçiş sürecinde olan Rusya, Baltık ve Doğu Avrupa ülkeleri de bulunmaktadır.

Ek-2 ülkeleri (Annex-2 Parties) - Ekonomisi geçiş sürecinde olan ülkelerin yer almadığı, sadece OECD ülkelerinin yer verildiği grup. Bu ülke grubu sözleşmenin ortaya koyduğu mekanizmalar ile gelişmekte olan ülkelere azaltım ve uyum projeleri için finansal destek ve teknoloji/kapasite desteği sağlamakla yükümlüdürler.

Ek-Faydalar (Co-Benefits) – Azaltımla ilgili projelerde aynı zamanda diğer bazı faydaların (insan hakları, gelir seviyesinin artması, vb.) da elde ediliyor olması.

Ekosistem Hizmetleri (Ecosystem Services) – Ekosistemlerin insanlara sağladığı faydalar.

Emisyon Faktörü (Emission Factor) – Aktivite verisinin çarpılarak salımın hesaplandığı katsayı. Örneğin araçların litre başına karbondioksit eşdeğeri salım miktarı (kg CO₂ eq/L) veya organik toprakların işlenmesi ile hektar başına N₂O salımı.

En Az Gelişmiş Ülkeler (Least Developed Countries) – Dünyanın en fakir (düşük gelir, ekonomik kırılganlık, vb. kriterlere göre) ülkeleri. BM Genel Kurulu’nda 48 ülke bu gruba dâhil edilmiştir.

Etki Zinciri (Causal Chain) – Genel etki tepki prensibi çerçevesinde bir azaltım faaliyetinin sera gazı salımı azaltımına nasıl bir süreçte etki ettiğini gösteren diyagram veya süreç.

Ex-Ante Değerlendirme (Ex-Ante Assessment) – Bir azaltım faaliyetinin etkilerinin önceden tahmin edilmesi. Ex-Act modeli buna örnek verilebilir. Ex-Post değerlendirme ise faaliyet sırasında veya sonrasında yapılan değerlendirmedir.

Gelişmiş Orman Yönetimi (Improved Forest Management) – Karbon tutumunu en üst seviyeye ulaştırmayı amaçlayan orman yönetim yaklaşımı.

İklim Değişikliği (Climate Change) – İklimin doğal değişkenliğine ek olarak insan faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı etkisi ile belli zaman aralıklarında iklimin değişmesi. Bu tanımdan da görüleceği üzere doğal etkenler ve bunların sonucu gerçekleşen iklimsel değişimler, BMİDÇS kapsamında mücadele edilen “iklim değişikliği” kavramının ve kapsamının dışındadır. Bir başka deyişle iklim değişikliği ile mücadele sürecinde hem salım hem de azaltım faaliyetleri yönünden anahtar kriter ‘insan etkisi’dir. İnsan etkisi (doğrudan veya dolaylı) söz konusu değilse herhangi bir faaliyet ne hesaplamalara ne de azaltım faaliyetlerine konu olmaz. Örneğin doğal sulak alanlar sera gazı salım hesaplamalarına konu olmaz fakat insan etkisi ile bozulmuş bir gölün yine insan etkisi ile rehabilite edilmesi azaltım faaliyeti olarak hesaba katılabilir.

İklim Değişikliğine Uyum (Climate Change Adaptation) – Doğal veya antropojenik bir sistemin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı, doğal veya antropojenik bir sistemin işleyişini koruması, yanında bazı durumlarda da bundan faydalanması olarak tanımlanmaktadır. Literatürde farklı uyum tip ve yaklaşımlarından söz edilmektedir.

Kaçak (Leakage) - Bazı proje aktiviteleri sera gazı salımı yönünden istenmeyen negatif sonuçlar doğurabilir. Örneğin orman kesiminin önlendiği bir projede insanlar yakacak odun ihtiyaçları için başka alanlara yönelip çevredeki diğer ormanlara zarar verebilir. Projenin ilk başta pek kestirilemeyen bu tip kararlı etkileri sonuca olumsuz etki edebilir.

Kapasite Geliştirme (Capacity Building) – İklim değişikliği kapsamında gelişmekte olan veya ekonomisi geçiş sürecinde olan ülkelerde kişisel veya kurumsal anlamda teknik kapasitenin geliştirilmesi ile bu ülkelerin BMİDÇS raporlama ve uygulama standartlarını sağlama yeteneğinin geliştirilmesi.

Karbon Havuzu (Carbon Pool) – Rezervuarla benzer anlamda kullanılmakla beraber belli depolama kapasitesine sahip ve sürekli bir salım ve tutumun gerçekleştiği karbon depolardır. AKAKDO sektörü kapsamında karbon havuzları biyokütle, ölü organik madde, toprak ve odun ürünlerini ifade etmektedir.

Karbon Rezervuarı (Carbon Reservoir) – Yeryüzündeki döngüsü sırasında karbon bazı biyotik ve abiyotik yapılarda birikmekte veya depolanmaktadır. Bunlara karbon rezervuarı adı verilmektedir. Çok farklı bilim dallarında farklı şekilde tanımlanmakla beraber iklim değişikliği sektöründe genellikle 4 karbon rezervuarından söz edilebilir; yeraltındaki fosil kaynaklar, okyanuslar, biyosferdeki canlılar ve atmosfer.

Karbon Tutumu (Carbon Sequestration) – Bitkiler tarafından fotosentezle atmosferden karbondioksitin çekilmesi ve depolanması yanında yeni teknolojilerle (yakala ve depola: capture and storage) tutulan karbonun yeraltına enjekte edilmesi ile jeolojik depolama.

Karbon Yutağı (Carbon Sink) – Bir karbon rezervuarında salımdan çok tutumun gerçekleşmesi yani karbonun depolanması durumu. Hızlı büyüyen genç orman meşcereleri karbon yutağıdır fakat yaşlı meşcereler yutak olmayabilir. Büyümenin yavaşlaması sonucu fotosentez ile solunum-ayırışma birbirini dengeleyebilir böylece net tutum sıfırlanabilir hatta bazı durumlarda salıma dönüşebilir.

Katkısallık (Additionality) - Emisyon azaltımları veya tutumlar projesiz duruma göre katma bir etki yaratmalıdır. Yani proje BAU (business as usual - normal gidişat) duruma göre fazladan azaltım veya tutum sağlıyor olmalıdır.

Kırılganlık (Vulnerability) – Bir sistemin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine (aşırı olaylar ve değişkenlik) karşı duyarlılık derecesini ifade eder.

Küçük Ada Ülkeleri (Small island developing states) – İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine açık küçük ada ülkeleri.

Küresel Çevre Fonu (Global Environment Facility: GEF) – Gelişmekte olan ülkelere çevre ve sürdürülebilirlik konularında proje desteği veren bağımsız finans kurumu. Türkiye bu fondan faydalanan ülkelerdendir.

Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential: GWP) – Sera gazlarının atmosferdeki ömürleri ile kızılötesi radyasyonu absorbe kapasitelerinin kombine etkisini yansıtan bir indis. IPCC Değerlendirme Raporlarında her dönem güncellenmektedir.

Kyoto Protokolü (Kyoto Protocol: KP) – BMİDÇS kapsamında ve onunla ilişkili fakat ayrı bir onaylanma sürecine tabi, yasal bağlayıcılığı olan uluslararası anlaşma.

Mavi Karbon (Blue Carbon) – Okyanuslar, denizler ve kıyı ekosistemlerinde tutulan karbon. Karasal ekosistemlerce tutulan karbona ise yeşil karbon adı verilmektedir.

Montreal Protokolü (Montreal Protocol) – 1987 Yılında Montreal’de kabul edilen, ozon tabakasına zarar veren gazlara yönelik uluslararası anlaşma.

NAMA (Ulusal Uygun Azaltım Faaliyetleri): 2010 Cancun Taraflar Toplantısında (COP 16) alınan bir karar ile gelişmekte olan taraf ülkelerin 2020 yılı sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik teknoloji, finans ve kapasite geliştirme ekseninde sürdürülebilir kalkınma bazlı azaltım faaliyetleri yürütmeleri ve bunun için destek almaları öngörülmüştür.

Ölçülebilirlik, Raporlanabilirlik ve Doğrulanabilirlik (Measurable, Reportable, Verifyable: MRV) – Başta karbon projeleri veya envanterleri olmak üzere her türlü verinin ve hesaplama algoritmasının güvenilirlik seviyesinin iyileştirilmesini ifade eder. Genellikle ülkeler arasında belli ölçüde farklılık gösteren MRV sistemlerinden söz edilebilir. Ölçülebilirlik, sistemin ilk aşamasını ifade etmektedir. Yapılan ölçümlerin belli standartlarda yapılıyor olması gereklidir çünkü farklı ölçüm şekilleri ve metotları tutarlılığa zarar verebilir. Örneğin ölü örtü örneklemelerinde bazı örneklemelerde 2, bazılarında 5 kuadrat alınması durumunda sonuçlarda tutarsızlık ortaya çıkabilir. Aynı standart sayıda ve metotla örnekleme yapılmalıdır. Raporlanabilirlik elde edilen verilerin doğru, şeffaf, tutarlı ve zamanında raporlanmasını ifade eder. Doğrulanabilirlik ise elde edilen verilerin başka verilerle doğrulanmasını ifade etmektedir. Örneğin yersel yöntemlerle elde edilmiş olan verilerin uzaktan algılama verileri ile eşleştirilmesi gibi. Veya bir arazi ölçmesinin başka bir ekipçe tekrarlanması ve sonuçlarının bu şekilde kontrol edilmesi şeklinde uygulanabilir. Ulusal sera gazı envanterlerinin BMİDÇS kapsamında uzmanlarca kontrol edilmesi de bir kontrol ve doğrulama mekanizması olarak değerlendirilebilir. Zira envanter sonuçlarımız bir ölçüde diğer ülkelerle karşılaştırılabilmektedir. BMİDÇS internet sayfasında sera gazı salımlarının karşılaştırılması ile ilgili bir bölüm yer almaktadır.

Önlemler Alınmamış Senaryo (Business as Usual Scenario): Genellikle azaltım projeksiyonlarında kullanılan bir kavramdır. Gelecekteki durumun geçmişteki durumun herhangi bir önlem alınmadan devam ettiği varsayımına dayanmaktadır.

Politika ve Önlemler (Policies and measures: PAMs) – BMİDÇS veya KP kapsamında sera gazı azaltımı yönünde atılan adımları ifade eden faaliyetler. AKAKDO sektörü ile ilişkili olarak örnek vermek gerekirse bir ağaçlandırma kampanyası veya mera ıslah projesi olabilir. Tüm sektörlerdeki PAM'ler toplandığında bir ülkenin belli dönemde gerçekleştirdiği veya planladığı toplam azaltım elde edilir. İki Yıllık Rapor (BR) ve Ulusal Bildirim (NC) raporlamalarında PAM'lere yer verilir.

REDD-plus (REDD+) – Gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşma ve orman bozulumundan kaynaklanan salımların azaltılması yanında koruma, ormanların sürdürülebilir yönetimi ve karbon stoklarının artırılmasını kapsayan proje yaklaşımı.

Salım (Emission) – Herhangi bir karbon havuzundan atmosfere gerçekleşen geçişler salım olarak ifade edilir. "salınım" olarak yaygın biçimde yanlış kullanılmaktadır. Salınım kelimesi fizik biliminde sıkça kullanılan İngilizce oscillation kelimesinin Türkçe karşılığıdır.

Sera Gazı (Greenhouse Gas) – Küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olan atmosferik gazlar. AKAKDO sektöründe başlıca sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot oksit (N₂O) dur. Siyah Karbon (Black Carbon) – Fosil ve biyoyakıtların tam olarak yanmamasıyla ortaya çıkan partikül maddelerdir. Güneş ışınlarını tamamen absorbe ettikleri için siyah karbon olarak adlandırılmaktadır. Başlıca salım kaynakları orman yangınları, anız yakımı, dizel motorlar ve her türlü odun/kömür yakımıdır. Karbondioksitten sonraki en etkili sera gazı olarak ifade edilmesine karşın çok önemli bir farkı vardır. Siyah karbonun atmosferik ömrü birkaç günle birkaç hafta arasındadır. Karbondioksite göre küresel ısınma potansiyeli 460-1500 kat fazladır. Diğer önemli yan etkileri de hava kirliliğine yol açması, üzerinde biriktiğinde kar erimesini hızlandırması ve yağmur oluşumunda yoğunlaşma çekirdeği olarak rol oynamasıdır.

Sürdürülebilir Kalkınma (Sustainable Development) –Günümüz ihtiyaçları yanında gelecek nesillerin ihtiyaçlarının da dikkate alındığı kalkınma yaklaşımı.

Süreklilik (Permanence) - Karbon azaltım projelerinde tutum veya emsiyon azaltımının süresi önemlidir. Özellikle arazi kullanma ve ormancılık sektöründe doğal sebepler veya insan etkisiyle (taşkın, yangın, hastalık zararı, vb.) proje zarar görebilir. Dolayısıyla AFOLU projelerinde, özellikle ormancılık projelerinde geçici bir kredilendirme sistemi geliştirilmiştir. Bu kredilendirme genellikle 5-30 yıl arası sürede sonlanır, sonra yenilenebilir veya yeniden satılabilir.

Taraflar Toplantısı (Conference of the Parties: COP) – BMİDÇS'nin üst karar organıdır. Her yıl Kasım/ Aralık döneminde taraf ülkeler biraraya gelerek İklim Değişikliği ile mücadele sürecini değerlendirir ve yeni kararlar alırlar.

Tutum (Removal) – Sera gazlarının atmosferden çekilerek bağlanması ifade eden terim. AKAKDO sektöründe fotosentezle karbon tutumu buna örnek verilebilir.

Ulusal Azaltım Eylemleri (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMA) – COP 16'da kabul edilen bir fonlama mekanizması. Gelişmekte olan taraf ülkelerin azaltım faaliyeti yapmasını teşvik etmek amacıyla kurulmuştur.

Ulusal Bildirim (National Communication) – BMİDÇS kapsamında taraf ülkelerin iklim değişikliği ile ilgili tüm faaliyetlerine yer verdikleri rapor. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere gerçekleştirilen bir raporlamadır.

Uluslararası Gözden Geçirme ve Analiz (International Consultation and Analysis: ICA) – Gelişmekte olan taraf ülkelerin İki Yıllık Güncelleme raporlarının (BUR) teknik analize tabi tutulduğu uluslararası gözden geçirme süreci.

Yeşil İklim Fonu (Green Climate Fund: GCF) – 2010 yılındaki 16. taraflar toplantısında kurulan GCF sözleşmenin finansal mekanizması durumundadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki proje, program, politika ve benzeri azaltım ve uyum faaliyetlerini desteklemek amacıyla kurulmuştur.

Kitaba ek olarak veya paralel okunması yararlı olan online kaynak ve BMİDÇS COP kararları aşağıda verilmiştir. BMİDÇS web sitesinden veya diğer online kaynaklardan kolayca ulaşılabilir.

Decision 13/CP.20 - Guidelines for the technical review of information reported under the Convention related to greenhouse gas inventories, biennial reports and national communications by Parties included in Annex I to the Convention. UNFCCC Document no: FCCC/CP/2014/10/Add.3.

Decision 24/CP.19 - Revision of the BMİDÇS reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention. UNFCCC Document no: FCCC/CP/2013/10/Add.3.

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

GPG-AKAKDO 2003 Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry
2003 Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced

Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands

2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol

Fifth Assessment Report (AR5) Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Fifth Assessment Report (AR5) Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability

Fifth Assessment Report (AR5) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change

Fifth Assessment Report (AR5) Climate Change 2014: Synthesis Report

İklim değışikliği sürekli evrilen karmaşık bir konudur. Her yıl bu konuda ortaya çıkan araştırma bulgularının tümünü bir araya toplamak ve değerlendirmek oldukça güçtür. IPCC periyodik değerlendirme raporları ile bu işi bizim yerimize yapmakta ve paylaşmaktadır. Beşincisi 2014'te yayınlanan bu rapor serisinin genel sonucu, iklim değışikliğinin etkileri konusunda gittikçe daha belirgin bulgular elde ediliyor olmasıdır. Önceki raporlarda belirsizlik oranları oldukça yüksekken 3. ve 4. raporlarda azaltılmış, son raporda ise mevcut durum artık daha yüksek bir kesinlikle ifade edilir olmuştur. İklim değışikliğinin varlığı, son raporda da belirtildiği gibi, artık açık ve net olup insan etkisiyle gerçekleşmekte olduğu kesindir.

İklim, insan etkisiyle gerçekleştiği için bir yönetim konusu olarak algılanabilmekte, farklı yöntem ve yaklaşımlarla yönetilebilmektedir. Dahası, mücadele yöntemleri de oldukça açıktır. Tek sorun, bazı yönetimlerin fosil yakıtlara bağımlı yaşam şeklini değıştirmeye yeterince istekli olmamasıdır. Türkiye iklim değışikliğinin ortaya çıkmasında tarihsel sorumluluğu en az olan ülkeler arasındadır. Günümüzde Türkiye, Avrupa ülkeleri içinde, kişi başına düşen karbon salımı açısından son sıralarda bulunmaktadır. Buna karşın Türkiye'nin toplam sera gazı salımı, ekonomik büyümeye paralel şekilde hızla artmaktadır. Türkiye'nin mevcut sera gazı salım değerleri, 1990'lardaki salım verilerinin iki katından daha yüksek seviyelere ulaşmıştır.

İklim değışikliği bir sektördür. Bilimi, ekonomisi, sosyal ve kültürel boyutu vardır. Birçok ülke iklim değışikliğinin varlığı veya yokluğunu sorgulamak yerine, bu sektöre yaptıkları yatırımların meyvelerini toplamaktadır. Gelişmiş ülkeler gelişmekte olan ülkelere finansal destek sağlarken bir taraftan da düşük karbon sanayilerini ve bu konudaki birikimlerini ihraç etmektedirler. Yani bir bakıma kendilerine yeni pazarlar yaratmaktadırlar. Fakat bu durum yayılmacı bir politika gibi algılanmamalı, uluslararası ekonomik süreçlerin bir gereği olarak görülmelidir. Kısaca özetlemek gerekirse; bilim ve teknoloji düşük karbonlu ürünlere ve sistemlere yönelmiş durumdadır ve bu konuda yapılacak yatırımlar ekonomimizin geleceği açısından büyük öneme sahiptir.

Kitap, iklim değışikliğinin bilimsel kökenlerinden başlayarak, konunun politik ve ekonomik yönlerine değinmekte, ayrıca ormancılık ve tarım sektörlerindeki hesaplama yöntemlerini örneklerle özetlemektedir.

1.

GİRİŞ

İklim değışikliği günümüzün en önemli çevre sorunu olarak değeriendirilmektedir. İnsan etkili olduğu konusunda bilimsel çevreler artık kesin konuşmakta, Kasım 2015'te 400 ppm'in üzerine çıkmış olan CO₂ konsantrasyonunun 400-410 bandında seyretmektedir. En iyimser tahminle (RCP 2.6) yüzyıl sonunda küresel ortalama sıcaklığın sanayi devrimi öncesine göre en az 1.7 °C'ye kadar artması beklenmektedir. Bunun için küresel salımların 2020 yılına kadar düşüşe geçmesi gerekmektedir. Kötü senaryolarda (RCP 4.5, 6 ve 8.5) ise yüzyıl sonu sıcaklık artışı 1.1-4.8 °C aralığında tahmin edilmektedir.

Son IPCC Değerlendirme Raporunda (IPCC AR5, 2013) iklim değışikliği ile ilgili bulgular şu başlıklar altında sıralanmıştır;

- Avrupa, Asya ve Avustralya'nın geniş bölgelerinde sıcak hava dalgalarının sıklığı artmıştır
- Karalarda kuvvetli yağışların sıklığı artmıştır
- Son 1400 yılın en sıcak 30 yılı yaşanmaktadır
- Küresel ortalama sıcaklık 1880 yılından beri 1 derece civarında artış göstermiştir

Küresel ısınmanın durdurulması ve iklimin stabil hale getirilmesi için küresel sera gazı emisyonunun bir an önce tepe noktaya ulaşması ve düşüşe geçmesi gerekmektedir. Bu yakın gelecekte ancak en iyimser senaryolarda beklenen bir durum olarak karasal ekosistemlerce sera gazı tutumunun artırılması ile mümkün olabilir. Sera gazlarının tutulması, atmosferden fiziksel veya biyolojik süreçlerle çekilip depolanması anlamına gelmektedir. Biyolojik süreçler genellikle sadece karbon depolamayı değil aynı zamanda ekosistem hizmetleri adı verilen başka pozitif çıktıları da sağlama potansiyeli taşımaktadır. Ekosistemler hem karbon tutma hem de su üretimi, toprak koruma, mikro iklimi düzenleme gibi faydaları aynı anda üretebilmek potansiyeline sahiptirler. Fiziksel süreçler ise genellikle sadece karbon tutumunu sağlamaktadırlar. Buna verilebilecek örnek son günlerde popüler bir konu olarak gündeme gelen karbon tutma ve depolama (Carbon Capture and Storage - CCS) uygulamalarıdır. Fosil yakıtların kullanıldığı güç santrallerinde (termik, doğalgaz dönüşüm vb.) bacalarda tutulan karbonun taşınarak bir yerde depolanması mümkündür. Egzoz gibi küçük ve çok sayıda emisyon kaynağı söz konusu olduğunda ise yöntemin uygulanması şimdilik olası gözükmemektedir. Diğer bir sorun ise tutulan karbonun nerede depolanacağıdır. Bir fabrika bacası veya termik santralden çıkan gazlar, sıvı bir ortam içerisinde hapsedilerek tutulduğunda, bu sıvının taşınması ve güvenli bir biçimde kırsal bir alanda belli özelliklere sahip kaya tabakasının içerisine enjekte edilmesi gerekmektedir. Aynı sıkıntılar katı depolama içinde de geçerli olmaktadır. CCS teknolojileri ile ilgili Ar-Ge süreci oldukça umut verici olsa da henüz ticari uygulama aşamasına geçilememiştir.

Biyolojik süreçler, denizsel ve karasal olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Açık denizde ve okyanusta büyük ölçekli fitoplankton yani alg gelişiminin sağlanması için gübreleme yapılması ile ilgili araştırmalar yürütülmektedir. Bu oldukça iyimser bir yöntem olarak göz önünde bulundurulmakla beraber yine Ar-Ge aşamasında kalmaktadır çünkü bu tip uygulamaların okyanuslarda ne gibi ekolojik sonuçlar doğuracağı yeterince belirgin değildir. Daha pratik ve dikkate alınması gereken yol ise bu kitabın da ana konusunu oluşturan karasal karbon tutma mekanizmalarıdır. Her türlü arazi kullanım tipinde yeşil dokunun bulunuş ve devamlılığına bağlı olarak az veya çok karbon tutumu gerçekleştirilebilir. Bunlardan en

önemlisi kuşkusuz hızlı gelişen ormanlardır. Bu konuda proje örneklerine özellikle REDD+ projelerinin yaygın biçimde gerçekleştirildiği Afrika ve Orta Asya ülkelerinde rastlıyoruz. Kyoto Protokolü esneklik araçlarından Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) kapsamında da bazı ormancılık ve arazi ıslah projeleri geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Ormancılık ve arazi kullanma projeleri piyasa mekanizmalarına da konu olabilmektedir. Avrupa'daki Emisyon Ticaret Sistemi (Emission Trading Scheme - ETS) gibi, Kyoto kapsamındaki zorunlu piyasalarda da benzer şekilde fakat daha gevşek fiyatlarla gönüllü piyasalarda ormancılık projeleri işlem görebilmektedir. Bu tip gönüllü piyasalar Kyoto protokolü Ek-B listesinde yer almayan, Türkiye, ABD gibi ülkelere uygun bir azaltım mekanizmasıdır. Kitabın ilgili bölümlerinde de ayrıntılı olarak değinilecek bu konunun önündeki en büyük engel Türkiye'de orman alanlarının büyük ölçüde kamu mülkiyetinde olmasıdır.

Öte yandan bazı çarpıcı proje fikirleri de gündeme gelmektedir. Örneğin deniz kıyısına yakın bölgelerde kitlesel ağaçlandırmalar yapmak gibi. Bu tip ağaçlandırmalar için gereken suyun denizden arıtılarak sağlanması, arıtma işlemi için gereken enerjinin ise ağaçların dallarından veya güneş enerjisiyle sağlanması öngörülmektedir (Becker ve Lawrence, 2014).

İklim değişikliği ile mücadelede ön plana çıkan ekosistemlerde karbon depolaması aslında bir ekosistem hizmetidir.

Ekosistem hizmeti kavramı başta ormanlar olmak üzere ekosistemlerin topluma sunduğu faydaları ifade etmektedir. 20. yüzyılın ortalarında ormancılık, odun üretiminden çoklu faydalanma ve orman fonksiyonları kavramlarına geçmiş; 21. yüzyıl başlarından itibaren ise ekosistem hizmetleri orman fonksiyonları kavramı yerine planlamadaki yerini almaya başlamıştır. Bu geçiş, ekosistemlerce üretilen tüm mal ve hizmetlerin insan ihtiyaçlarına yönelik olması gerektiğini temel almakta ve doğal kaynakların sınırlı, insan taleplerinin ise sonsuz olması ile açıklanmaktadır. Bu yaklaşım, eleştiriye açık olmakla beraber, artan insan ihtiyaçlarının ve aşırı tüketim alışkanlığının bir neticesidir.

Karbon yönetimi tanımı sektör, amaç ve ölçüğe dayalı olarak farklılık gösterir. Bir fabrikanın salımlarını azaltma çabası olabildiği gibi bir arazi ıslah ve kırsal kalkınma projesinin sera gazı tutumlarının nasıl artırılacağı de bu kapsama girmektedir. Karbon yönetimi; işletme veya proje bazında, il-ilçe bazında veya ulusal ölçekte ele alınabilir. Örneğin günümüzde uluslararası kurumlarca gerçekleştirilen hemen tüm arazi ıslah ve yönetim projelerinde sera gazı salım ve tutum miktarları projeye henüz başlanmadan (ex-ante) hesaplanmaktadır. Bu durum proje değerlendirmesinde ve desteklenmesinde önemli bir kriter olarak dikkate alınmaktadır. Kitap içerisinde proje bazında hesaplama örneklerine bolca yer verilmiştir.

Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği; insan kaynaklı sera gazı salımında fosil yakıtların kullanımından sonra gelen en önemli kaynaktır. Tarım, orman, mera gibi çeşitli araziler üzerinde gerçekleşen insan faaliyetlerinin – ister yönetim amaçlı ister zararlı etkiler – mutlaka sera gazı bütçesi yönünden birtakım sonuçları ortaya çıkmaktadır. Tarım sektörü ve tarım arazileri diğerlerine (orman, mera, yerleşim, sulak alan, diğer alanlar) göre farklı bir konumdadır. Tarım arazilerinin yönetiminden kaynaklanan karbondioksit salımları AKAKDO sektörü içerisinde hesaplanıp raporlanırken, karbondioksit dışı sera gazlarının raporlanması tarım sektöründe yapılmaktadır. 2015 yılından itibaren her iki sektör

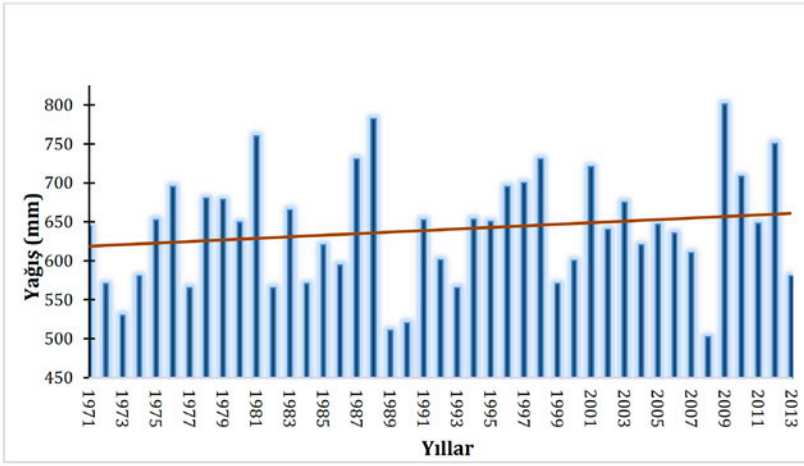
birleştirilecek ve AFOLU adı altında raporlanacaktır. Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği sonucu gerçekleşen salımlar üç ana faktörce belirlenir; a) biyokütle ve topraktaki karbon miktarı (karbon stokları), b) bu stokların mekansal dağılımı ve değişimi, c) arazi kullanma ve yönetim etkileri. Bu faktörlerden sonuncusu tarım, ormancılık ve benzeri arazi kullanımlarında azaltım yapmanın anahtarı konumundadır.

Fotoğraf 1: Gazipaşa Orman İşletmesi



İklim kavramı bir yöredeki sıcaklık, yağış, bağıl nem gibi meteorolojik parametrelerin uzun dönemli ortalamalarını ifade eder. Örneğin Ankara'da uzun dönem ortalama sıcaklık değeri 11.7°C, ortalama yağış ise 404 mm'dir. Bu değerler meteorolojik ölçümlerin başladığı yıllardan günümüze dek tutulan kayıtların ortalamasıdır. Türkiye'de bu tip kayıtlar 1930'lu yıllarda başlar. Güvenilir kayıtların ise yerine göre 60-70'li yıllardan sonrasında tutulmaya başlandığı söylenebilir. Dolayısıyla aslında Türkiye'deki kayıtların iklim değişikliğini çok net biçimde ortaya koyması beklenemez zira son Hükümetlerarası İklim Değişikliği (IPCC) raporunda (AR5, 2013) ifade edilen küresel ısınma değeri son 130 yıl (1880-2012) içinde 0.85°C'dir. Uygulanabilecek basit bir yaklaşım 50-60 yıllık sıcaklık ve yağış kayıtlarına trend testleri uygulamak suretiyle bu dönemdeki olası yönelimleri belirlemek olabilir. Sıcaklık ve yağış kayıtlarında mevsimlik, yıllık veya dönemsel (birden çok yıllık) değişimler olabilmektedir. Ardışık birkaç yılın kurak, sıcak veya soğuk geçmesi olağan bir durumdur ve iklim değişikliğiyle ilişkili olmayabilir. Örneğin Türkiye'de uzun dönemli sıcaklık ve yağış kayıtlarına baktığımızda yıllık varyasyonları açıkça görebiliriz (Şekil 1).

Şekil 1. Ülkemizde Yıllık ortalama yağışın zamansal değişimi (Kaynak <http://www.mgm.gov.tr/>).



İklim değişikliği ile ilgili temel yanılgı, konunun sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik parametrelerdeki uzun dönemli değişikliklerden ibaret olduğunun sanılmasıdır. Oysaki iklim değişikliği, Kuzey Amerika'da aşırı yağışların ve fırtınaların boyut ve frekansının artması veya Afrika'daki kurak periyotların uzaması ve şiddetlenmesi gibi aşırı hava olaylarında artışları beraberinde getirmektedir. Geçmişe oranla sel-taşkın, toprak kayması, kuraklık gibi aşırı olaylarla ilgili haberlerin artması bu bakımdan önemli bir göstergedir. Fakat gittikçe artan iletişim araçları ve haber ağı sayesinde bu konularla ilgili tüm dünyadan daha fazla haber alıyor olduğumuz da dikkate alınmalıdır.

Kişisel olarak dünyadaki tüm meteorolojik ve klimatolojik araştırmaları ve bulguları toparlayıp değerlendirme imkânı mümkün IPCC bu görevi yürütmektedir. Periyodik raporlarla (ortalama 5 yıl) iklim değişikliği konusundaki en son bulgular ve araştırma sonuçları derlenmekte ve ortaya konulmaktadır. Bu rapor binlerce araştırma sonucunun bir bütün halinde kara vericiler ve halka sunulması gibi önemli bir görevi yerine getirmektedir. Son değerlendirme raporu olarak geçen yıl yayınlanan AR5'teki birçok değerlendirme aşağıda sunulmuştur. AR5'te eksikliği hissedilen temel konulardan biri gelecekte orman ve ilişkili ekosistemlerin nasıl bir değişim izleyeceği konusundadır. Bazı model çıktıkları ekosistemlerin bugün olduğu gibi net karbon yutağı olmaya devam edeceği diğer bazı model sonuçlarına göre ise atmosfere karbondioksit salımı yapan bir kaynak haline geleceği yönündedir (Sabine, C., 2014). Diğer önemli bir araştırma boşluğu da yukarı enlemler ve yüksek dağlarda yer alan donmuş haldeki toprakların (permafrost) çözüldüklerinde karbon döngüsünde nasıl bir etki yapacakları konusundadır.

IPCC raporları zaman içinde daha net bulgular ortaya koymuşlardır. Önceki raporlarda daha belirsiz bulgular yer alırken AR5'te daha net sonuçlar ve daha sayısal bulgular sunulmuştur. Bu son raporda yer alan önemli bulgulardan biri küresel sera gazı salımlarının en kötü senaryoyu takip ediyor olduğudur. Örneğin 2011 CO₂ salımı bugüne kadarki en yüksek değer olan 9.5 PgC'ye ulaşmıştır. Bu değer 1990 seviyesinin %54 üzerindedir. Azaltımla ilgili küresel çabaların temel amacı ısınmayı endüstri devrimi öncesi değerinin en fazla 2°C üzerinde tutmak yönündedir. Bu başarılması oldukça güç bir hedef olarak görülmektedir zira yukarıda da ifade edildiği gibi ısınma şimdiden 1880 seviyesine göre neredeyse 1 derece kadar gerçekleşmiştir. Atmosferdeki CO₂ eşdeğeri konsantrasyonu 550 ppm'e ulaştığında büyük olasılıkla 2 derecenin üzerinde bir ısınma gerçekleşeceği hesaplanmaktadır. Isınmanın 2 dereceyi geçmemesinin garanti altına alınması daha düşük konsantrasyonlarda mümkündür (450 ppm veya 400 ppm). 2014 sonu itibarıyla 400 ppm'e ulaştığı kaydedilmiştir ve bu konsantrasyon değeri son 800.000 yılın en yüksek değeridir (www.climatecentral.org).

2013 yılında meydana gelen en önemli 5 afetten sadece bir tanesi deprem olayı, diğer 4 tanesi ise aşırı hava olayı olarak sınıflandırılabilir (Tablo1).

Tablo 1. 2013 yılında meydana gelen ve can kaybına yol açan aşırı hava olaylarına örnekler.

Afet	Lokasyon	Etki
Haiyan Tayfunu	Filipinler	6000 can kaybı, 3.6 milyon evsiz
Phailin Tayfunu	Hindistan	7500 civarı can kaybı, 1 milyon evsiz
Manuel ve Ingrid Fırtınaları	Meksika	55 can kaybı, 750 000 den fazla kişi etkilendi
Tornadolar	ABD	Farklı tornadolar (Oklahoma'da) yüzünden 30 dan fazla kişi hayatını kaybetti

Fotoğraf 2: Afrika'nın birçok kesiminde halk aşırı hava olaylarına karşı kırılgan bir şekilde balıkçılıkla geçimini sağlamakta. Mombasa/Kenya



IPCC AR5 bu konuda bilimsel bazı ipuçları vermektedir. Bunlar Tablo 2 da özetlenmiştir.

Tablo 2. IPCC AR5'te yer alan bazı önemli bulgular (IPCC, 2013).

ATMOSFERİK BULGULAR	Avrupa, Asya ve Avustralya'nın geniş bölgelerinde sıcak hava dalgalarının sıklığı olasılıkla (% 66 – 100) artmıştır.
	Kuvvetli yağış olaylarının sayısının artış gösterdiği kara bölgeleri, kuvvetli yağışların azaldığı karalardan olasılıkla daha çoktur.
	Kuvvetli yağış olaylarının sıklığı ya da şiddeti olasılıkla Kuzey Amerika ve Avrupa'da artmıştır.
OKYANUSLAR	Küresel ölçekte, okyanusların ısınması yüzeye yakın bölümde en büyüktür ve üst 75 m'lik katman 1971 – 2010 döneminde her 10 yılda 0.11°C ısınmıştır.
	Küresel ortalama deniz düzeyi 1901 – 2010 döneminde 19 cm (0.19 m) yükselmiştir.
İKLİMSEL BULGULAR	Kuzey Yarım Küre'de 1983 –2012 dönemi olasılıkla son 1400 yılın en sıcak 30 yıllık dönemidir
	Küresel ortalama birleşik kara ve okyanus yüzey sıcaklığı verileri, 1880-2012 döneminde 0.85 °C'lik bir doğrusal ısınma eğilimi göstermiştir

ATMOSFERİK BULGULAR

Avrupa, Asya ve Avustralya'nın geniş bölgelerinde sıcak hava dalgalarının sıklığı olasılıkla (% 66 – 100) artmıştır.

Kuvvetli yağış olaylarının sayısının artış gösterdiği kara bölgeleri, kuvvetli yağışların azaldığı karalardan olasılıkla daha çoktur.

Kuvvetli yağış olaylarının sıklığı ya da şiddeti olasılıkla Kuzey Amerika ve Avrupa'da artmıştır.

OKYANUSLAR

Küresel ölçekte, okyanusların ısınması yüzeye yakın bölümde en büyüktür ve üst 75 m'lik katman 1971 – 2010 döneminde her 10 yılda 0.11°C ısınmıştır.

Küresel ortalama deniz düzeyi 1901 – 2010 döneminde 19 cm (0.19 m) yükselmiştir.

İKLİMSEL BULGULAR

Kuzey Yarım Küre'de 1983 –2012 dönemi olasılıkla son 1400 yılın en sıcak 30 yıllık dönemidir

Küresel ortalama birleşik kara ve okyanus yüzey sıcaklığı verileri, 1880-2012 döneminde 0.85 °C'lik bir doğrusal ısınma eğilimi göstermiştir

Tarım sektörü iklim değişikliğinden etkilenecek başlıca sektörlerden birisidir. Artan CO₂ konsantrasyonunun bitkisel gelişimi hızlandırması beklenirken özellikle su noksanının olduğu bölgelerde yağış ve sıcaklıktaki dalgalanmaların üretimi azaltacağı görüşü ağırlıktadır. Özdoğan (2011) çeşitli araştırma bulgularını şu şekilde özetlemektedir;

Güneşlenme, sıcaklık artışı ve artan CO₂ konsantrasyonu bitkisel verimi artırıcı etki yapmakta, buna karşın sıcaklık ve yağıştaki değişkenlikler transpirasyonu artırarak verimi azaltmaktadır. Örneğin kış buğday veriminin uygulanan modele bağlı olarak %5-35 arası düşeceği tahmin edilmektedir. Bu düşüşlerin önümüzdeki dönemde 20 yıl, 40 yıl ve sonrası için devam etmesi beklenmektedir.

Fotoğraf 3: Yıldız Dağları'nda sel ve taşkın olayları sık sık görülmekte.



1.1

Ormancılık
ve Arazi
Kullanma
Sektöründe
Azaltım ve
Uyum

İklim değışikliği ile mücadele süreci genellikle azaltım ve uyum olmak üzere iki ana başlık altında ele alınmaktadır. Orman ekosistemlerinin azaltımdaki rolü son yıllarda müzakere ve araştırmalara yoğun biçimde konu olmuş (LULUCF, REDD+, vb.), karbon tutum ve salımı ile ilgili başta IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli - Intergovernmental Panel on Climate Change) olmak üzere birçok kurum tarafından metod ve katsayılar geliştirilmiştir. Konunun uyum (adaptasyon) boyutu önceleri daha arka planda kalmışken son IPCC Değerlendirme Raporu'nda (AR5) ifade edildiği gibi, ısınmanın en iyimser tahminle 1.5 °C' nin üzerinde gerçekleşeceğinin (yüzyılın sonu itibarıyla) anlaşılması ile iklim değışikliği müzakereleri ve bilimsel çalışmalarda "uyum" konusu ön plana çıkarılmıştır. Orman ekosistemlerinin iklim değışikliğinin etkilerine karşı direncinin artırılması ve uyum/azaltım kapasitelerinin yükseltilmesine yönelik adaptif planlama yaklaşımlarının geliştirilmesi bu anlamda altı çizilen önemli bir konudur.

Dünya genelinde ekosistemler insan kaynaklı çeşitli etkenler nedeniyle sürekli artan biçimde baskı altındadır (Sicard ve ark., 2016). Bu süreç içerisinde nüfus artışına ve yoğunlaşmasına paralel biçimde ekosistem hizmetlerine talep artmakta, biyoçeşitlilik ve benzeri hizmetlerin sürdürülebilirliği risk altına girmektedir. İklim değışikliğinin de çeşitli şekillerde (yangın frekansının artması, böcek zararları, kuraklığa dayalı ölümler vb.) bu baskıyı artırması ve ekosistemlerin işleyişini, yapısını ve bileşimini etkilemesi birçok bölge için söz konusu olabilecektir. Dahası, arazi kullanım değışikliği ile etkileşim sonucu daha ciddi etkileri ortaya çıkabilir (Pamukçu ve ark., 2014).

Tüm bu baskı ve etkenlere karşı havza ve orman planlamasını daha etkin biçimde gerçekleştirmek yönünde son yıllarda "direnc" (Resiliency) kavramı ortaya atılmıştır (Biggs ve ark., 2012). Bu kapsamda "direnc" kavramı ekosistemin etki ve değışime karşı önceki sağlıklı durumuna dönme kapasitesi olarak tanımlanabilir (Rammer ve Seidl, 2015). Bir orman ekosistemin dış etkenlere karşı direncini belirleyen özellikleri; biyoçeşitliliği, meşcere yapısı ve geçmişte maruz kaldığı etkiler ve ormancılık uygulamalarıdır (fidan orijini, yangın, tür seçimi, üretim, yol inşaatı vb.). Tüm bu etkenler ormanın insan eli ile nasıl idare edildiğine bağlıdır. Bir başka deyişle ormanın planlanma ve işletilme şekli onun direnc seviyesini belirler. Dolayısıyla ormana her müdahalede temel amaçlardan biri, dış etkilere karşı direnci artırıcı bir meşcere yapısının elde edilmesi olmalıdır. Bu yapı, yangın konusunda dirençli türlere öncelik verilmesi, fırtına zararına karşı dayanıklı türlerle daha sık meşcereler oluşturulması, böcek zararı söz konusu ise tür çeşitliliği yüksek meşcere oluşturulması olabilir.

Öte yandan son yıllarda adaptif orman idaresi ve planlama kavramları da sıkça gündeme gelmektedir. Aslında ortaya çıkışı 20. yüzyılın başları ve çıkış yeri de işletmelerde sürekli gelişim nosyonudur (Stankey ve ark., 2005). Doğal kaynak yönetiminin ortaya çıkışı ise 20. yüzyıl sonunu bulmuştur. Yine Stankey ve ark.'a (2005) göre adaptif planlamanın ilk ortaya çıkan tanımlamalarında vurgulanan özellikleri;

- Tasarımın ve deneysel çalışmaların önemi
- Farklı karar süreçlerinin sonuçlarından dersler çıkarılması
- Veri ile uygulama arasındaki bağlantının önemi
- Farklı kaynaklardan derlenen verilerin entegrasyonu
- Bu süreci yönetecek kurumsal yapıdır

Kısaca özetlenecek olursa adaptif kaynak planlama; değışen sosyal, ekonomik ve ekolojik şartlara en yüksek uyum seviyesini yakalamak için olası etki, sonuç ve diğer tüm verilerin toplanıp analiz edildiği ve

bu analiz sonuçlarına göre amenajman ve planlama yaklaşımlarının gelen her önemli veri ile geliştirildiği bir kaynak yönetimi konseptidir.

Adaptif planlamayı basit bir örnekle açıklamak gerekirse; hidrolojik fonksiyona ayrılmış fakat karbon depolama yönünden de önemli potansiyele sahip bir meşcerede 10 yıl sonra %50 aralama yapılması planlandığını fakat 5. yılda bir böcek zararı ortaya çıktığını, bu böceklerin ağaçların %30'unu öldürüp %40'ında zarara yol açtığını varsayalım. Bu durum, toprak üstü biyokütlede azalma, buna karşın ölü örtü ve ölü odunda büyük bir biyokütle artışı ortaya çıkaracak ve dolayısıyla karbon havuzlarında ve akış süreçlerinde (yüzeysel, yüzeyaltı ve taban suyu akışı) farklılaşmalara neden olacaktır. Planlama esnasındaki orman formu, böcek zararı nedeniyle büyük oranda değişmiş olduğu için 10. yılda planlanan %50 aralama uygulamasının su üretimini yeniden düzenleyici, karbon stoklarını artırıcı biçimde değiştirilmesi gerekecektir. Buna benzer şekilde birçok etki ve uygulama sayılabilir. İklim değişikliği ile doğrudan/ dolaylı olarak bağlantılı etkileri yangın frekansında artış, kuraklık, böcek ve hastalık zararlarında artış ve sel-taşkın riskinin artmasıdır.

İklim değişikliği ve bununla ilişkili arazi bozulmasının olumsuz etkilerinin azaltmak ve uyum kapasitesini artırmak bakımından aşağıdaki konu başlıkları altındaki Ar-Ge ve kapasite geliştirme projelerine destek verilmelidir. Bu konuda küresel düzlemde araştırma öncelikleri Serengil ve ark. (2011) tarafından verilmiştir. Uzun dönemli izleme çalışmaları bu bakımdan çok önemlidir. Türkiye'de de hâlihazırda uygulanan ICP Ormanları projesi izleme noktalarındaki aşağıda verilen ölçümler geliştirilerek (Paoletti ve ark, 2014) devam ettirilmelidir:

- Su hasadı, kuraklık ve havza yönetimi
- Arazi bozulumu, çölleşme ve erozyon-sedimentasyon
- Sel-taşkın ve heyelan
- İklim değişikliğine uyum (yangın, böcek, istilacı türler, biyoçeşitlilik)
- Permakültür, silvopastoral sistemler ve ekolojik peyzaj tasarımı

Bu projelerde akademik işbirliklerine öncelik verilmeli ve geliştirilecek yeni yaklaşımlarla daha etkin uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Bu tip çalışmalar hem iklim değişikliği ile mücadelede hem de çölleşme kapsamında arazi tahribatını dengelenmesine yönelik uluslararası sözleşmeler nezdinde iyi örnekler oluşturabilir.

İklim değişikliği ile mücadelede ve uyum kapsamında hem kırsal hem kentsel hem de yarı kentsel alanlarda yapılması olası uygulamalar söz konusudur. Ormanların koruyucu ve düzenleyici hizmetleri kırsalda tarım arazilerinde verimi artırıcı (rüzgar şeritleri, dere kıyısı ekosistemleri, silva pastoral sistemler vb.), kentlerde kentsel ısı adası etkisini azaltıcı (mikro iklimi düzenleyici) ve birim alandaki toprak karbon stoklarını artırıcı, yarı kentsel alanlarda ise ekolojik tasarımlı yerleşimler (permakültür, ekolojik peyzaj tasarımı vb.) oluşturulmasına hizmet etmelidir. Kırsal alanlardaki nüfus hızla azaldığına ve kentsel alanlara fazla müdahale olanağı kalmadığına göre arazi planlama çalışmalarında öncelik kentlerin kırsalla birleştiği ve hızla betonlaşma eğilimi gösteren yarı kentsel alanlara verilmelidir. Bu bölgelerde düşük katlı ahşap malzemenin ağırlıklı olarak kullanıldığı mimari ve peyzaj tasarımları teşvik edilmelidir.

İklim değişikliğine uyum kapsamında önemli bir odak noktası da havzalarda orman yönetimidir. Genel kanının aksine suyun üretildiği alanlar (baraj havzaları) yerleşim veya tarım alanları ile değil, ağırlıklı olarak ormanlarla kaplıdır. Dolayısıyla her türlü ormancılık faaliyeti su üretimini etkileme potansiyeline sahiptir. Doğru ormancılık uygulamaları ile bir ormanlık alandan kaliteli ve yeterli miktarda su üretilebilir. Öte yandan yanlış ormancılık uygulamaları hem su kalitesini hem de miktarını olumsuz etkileyebilir. Örneğin gevşek kapalı yapraklı bir orman ekosistemi ile kaplı havzada, ibreli sık bir orman yapısına göre su üretimi hem miktar hem de rejim yönünden 2 kata kadar yüksek gerçekleşebilir (Serengil ve ark., 2011; Serengil ve ark, 2012).

Orman alanlarının yerleşimler ve sanayi tarafından ele geçirilmesi, artık çok yaygın olmamakla beraber devam etmektedir. Sanayileşme ve yerleşimin yaygın olduğu Sakarya Nehri, Ergene Nehri gibi havzalarda ise kirlilik sorunu en üst seviyededir. Ormanların yerleşim veya sanayiye dönüştürülmesinin en bariz örnekleri bu iki havzadır. İstanbul ve benzeri büyük şehirlerde baraj havzaları korunmalıdır. Terkos Havzası Avrupa yakasında, Ömerli ise Asya tarafındaki kritik öneme sahip su kaynaklarıdır. Bu iki kritik su kaynağının havzalarındaki orman alanları korunmalı, uygun yönetilmeli ve geliştirilmelidir.

Azaltım kavramı iklim değişikliği ile mücadelede baştan beri ana omurgayı ifade etmekte ve müzakerelerin de ana başlığını oluşturmaktadır. Son yıllarda artan aşırı hava olayları ve azaltımın yetersiz kalacağı gerçeği, BMİDÇS sürecinde uyum konusuna da azaltımla aynı ağırlık verilmeye başlanmasına yol açmıştır. Böylece uyum da temel müzakere konularından biri olmuştur. Arazi kullanma ve ormancılık sektörünün önemi ve başarısı iklim değişikliği ile mücadelenin bu iki ayağına da aynı anda etki edebilmesidir. Örneğin bir kentsel ağaçlandırma projesi hem azaltım hem de uyum yönünden olumlu sonuçlar ortaya çıkarabilir. Öncelikle azaltım kavramı üzerinde duralım.

Azaltım konusu bir fonlama meselesidir. Bu fonlama yapılırken başta fayda-maliyet olmak üzere birçok kriter dikkate alınmalıdır. Her türlü azaltım faaliyetleri; faaliyet tipi, kapsam, kaynak ve uygulama aşaması olarak sınıflandırılabilir. Arazi kullanma ve ormancılık sektöründe ise farklılık yaratan konu koruyucu ilkelerdir. Her türlü faaliyet, koruyucu prensipler yönünden ele alınmalıdır.

Faaliyet tipi denilince akla hedef, politika ve projeler gelmektedir. Hedef, bir ülke veya bölge için ekonomik veya sektörel ölçekte olabilir. Örneğin Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı (INDC) bildiriminde 2030 yılı için bir azaltım hedefi bulunmaktadır.

Politikalar ise azaltımı sağlayıcı stratejileri, düzenlemeleri, enstrümanları, vergileri, vb. kapsar. Karbon bedeli (carbon pricing) bu kapsama girmektedir.

Projeler ise kapsam, süre ve ölçek bakımından sınırlı spesifik yatırımlardır. Bir yenilenebilir enerji santrali kurulması, kapasite geliştirme, mera ıslah çalışması veya çölleşmeyle mücadele projesi bu kapsamdadır.

Genellikle hedeften politikalara ve oradan da projelere geçişte bir ölçek küçültme hiyerarşisi vardır. Hedefler stratejileri, stratejiler politikaları, politikaların da projeleri üretmesi beklenir. Programlar ise birden çok faaliyet (strateji+proje vb.) veya projenin bileşimleridir.

Örnek vermek gerekirse; Türkiye'nin 2030 yılı azaltım hedefi BAU (business as usual – normal gidişat) senaryoya göre %21 azaltım olduğuna göre, bununla ilgili azaltım strateji ve politikaları ve bu politikalara dayalı projeler üretmek gerekmektedir. Stratejilerden birisi arazi kullanma ve ormancılık sektörü azaltım kapasitesini artırmak olabilir. Bu kapasiteyi artırmak için iyi bir MRV ve bunun bir gereği olan üst düzey hassas bir arazi izleme sistemi kurulmalıdır. Bunun için tüm arazi kullanımlarını kapsayan Arazi İzleme İstatistik Dairesi oluşturulabilir. Bu dairenin oluşturulması bir kurumsal düzenlemedir. Yani politika kapsamında bir azaltım faaliyetidir. Bu dairenin yürüteceği projeler ise azaltım hiyerarşisinde en son aşamayı, yani azaltım aşamasını ifade etmektedir.

Azaltım faaliyetleri kapsamı yönünden sınıflandırılırsa;

- Tüm ekonomiyi kapsayan
- Sektörel (tarım, arazi kullanma, enerji vb.)
- Kros-sektörel (birkaç sektör birden)
- Teknoloji temelli (yenilenebilir enerji, geri dönüşüm vb.)

Fonlama yönünden sınıflandırılırsa;

- Ulusal kaynaklı (örn. Ülkemizde yenilenebilir enerji yasası),
- Uluslararası kaynaklı (örn. GEF projeleri),
- Kredi temelli (örn. CDM veya Karbon Piyasası projeleri)

Uygulama aşaması; Hazırlık, Uygulama ve Değerlendirme süreçlerinden oluşmaktadır. Hazırlık aşamasında önce sera gazı salımları ve tutumlarının miktarı ve yönelimleri ele alınmalı, daha sonra mevcut ve olası politikalar incelenmeli, potansiyel faaliyetler ortaya konulmalı, bu faaliyetler değerlendirilerek desteklenmesi gerekenler belirlenmelidir. Uygulama aşamasında faaliyetler ayrıntılandırılır, uygulanır ve izlenir. Değerlendirme aşamasında faaliyet bitmiştir. Etkileri ve sonuçları değerlendirilir. Basit bir örnekle açıklamak gerekirse;

Hazırlık aşaması - Ormancılık ve arazi kullanma sektöründe azaltım potansiyeli olan faaliyetler, azaltım potansiyelleri ve maliyetleri sıralanır. Örneğin yeni bir mera ıslah programı, koruyucu tarım programı ve ağaçlandırma programını ele alalım. Bunlardan azaltım potansiyeli en yüksek fakat maliyeti en düşük olanlar seçilir ve uygulamaya konulur. Bunun için her üç faaliyette de azaltım birimi başına (ton CO₂ eşdeğeri) maliyet hesaplanır. Azaltım birimi başına en düşük maliyete sahip olan faaliyetin seçilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Fakat arazi kullanma ve ormancılık faaliyetlerinde ek faydalar (su üretimini düzenleme, sosyal sorumluluk vb.) da dikkate alınmalıdır. Fayda maliyet analizi sadece bir parametredir.

Uygulama aşaması – Seçilen faaliyet ayrıntılı biçimde planlanır ve uygulanır.

Değerlendirme aşaması – Gerçekleştirilen faaliyetin tüm sonuçları değerlendirilir. Burada amaç elde edilen tecrübenin ortaya konulması ve sonraki değerlendirmelere ışık tutmasıdır.

1.2

İklim
Değişikliğinin
Ormancılık ve
Orman Ürünleri
Sektörüne Etkiler

Dünya Ormanlığına yön veren mekanizmaların başında Dünya Ormanlık Kongreleri gelmektedir. Bu kongreler Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) tarafından 6 yılda bir, IUFRO (International Union of Forestry Reserach Organizations – Uluslararası Ormanrgütleri Birliği) tarafından ise 4 ve 5 yılda bir gerçekleştirilmektedir. IUFRO Dünya Ormanlık Kongresi 2014 yılında ABD'nin Salt Lake Şehrinde, FAO tarafından organize edilen son Dünya Ormanlık Kongresi ise 2015 yılında Güney Afrika'nın Durban kentinde gerçekleştirilmiştir. Bu son 2 kongrenin sonuçları dünyada ormancılığın yönelimi konusunda birçok önemli veri sağlamaktadır. IUFRO Dünya Ormanlık Kongresi daha çok Ar-Ge yönünde ipuçları vermektedir. IUFRO 2014 Dünya Ormanlık Kongresinde IUFRO'nun yeni strateji belgesi açıklanmıştır. Küresel ölçekte Ormanlık araştırmalarının çatısı durumundaki IUFRO 2014-2019 strateji belgesinde 3 kurumsal hedefi önceliklendirmiştir. Bu kurumsal hedefler;

- Araştırmalarda mükemmeliyet: Kalite, ilgi ve sinerji
- Bilgi ağı oluşturma: İletişimi artırmak, görünürlük ve halka ulaşma
- Politika etkileri: Analiz, konuya derinlemesine bakış ve seçeneklerin ortaya konulması

Bu kongrede üzerinde en çok durulan iki konu başlığı, iklim değişikliği ve iletişim olmuştur. FAO 2015 Dünya Kongresi sonrası ortaya çıkan stratejik dökümanlar ise şunlardır;

1-Durban Deklarasyonu

Durban deklarasyonu ile yeni ormancılık vizyonu açıklanmıştır. Buna göre;

- Ormanlar ağaç topluluğundan çok daha fazlasıdır ve insanlar için gıda güvencesi/yaşam kalitesinin temelini oluşturur. Gelecekte ormanlar toplumların direncini artırmak yönünde birçok fayda sağlayacak, toprağı, iklimi ve su kaynaklarını düzenleyerek sürdürülebilir tarımı ve insan yaşamını destekleyecektir

- Arazi kullanımında bütünsel yaklaşım sayesinde ormansızlaşma ve arazi kullanmadan kaynaklanan çatışmalar azaltılabilir. Ormanlık faaliyetlerinin tarımla birleştirilmesinin ekonomik, sosyal ve çevresel alanlardaki faydaları çok yönlü olarak artırılabilir

- Ormanlar, iklim değişikliği ile mücadelede azaltım ve uyum bakımından önemli seviyede çözümler sunmaktadır. Sürdürülebilir biçimde yönetilen ormanlar karbon tutma yanında birçok ekosistem hizmetini sağlayarak toplumların ve ekosistemlerin direncini artırmaktadır

Bu vizyon bileşenleri ile ekosistem hizmetleri yaklaşımı, sürdürülebilir yönetim ve ormanların diğer arazi kullanımları ile entegre yönetimi konularının önemini altı çizilmiş, iklim değişikliği ile mücadelede ormanların rolü vurgulanmıştır.

Bu vizyon yaklaşımı ormancılık sektörünün tarım, finans, enerji, su ve toplumsal meselelerle olan etkileşimini net biçimde ortaya koymuş olmakla beraber iletişim sorununun vurgulanmıştır. Hatta ormancılığın önündeki en önemli sorun olarak iletişim gösterilmiştir.

2-Dünya Ormanlık Kongresinden iklim değişikliği konusunda mesaj

- İklim değişikliği ve etkilerinin hükümetler ve paydaşlar tarafından doğru biçimde algılanması sağlanmalı ve bu kapsamda özellikle yerel toplumların durumu dikkate alınmalıdır
- İklim değişikliğinde azaltım ve uyum konusunda tecrübelerin ülkeler arası yaygınlaştırılması sağlanmalıdır
- Hükümetler ve paydaşlar tarafından iklim değişikliği ile ortaya çıkan tehdit ve fırsatların algılanması ve bunların daha geniş kapsamda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik olarak ele alınması sağlanmalıdır
- Karar vericilere veri ve bilgi sağlanması bu anlamda kritik öneme sahiptir
- İklim değişikliği ile ilgili olarak uyum ve azaltım konusunda kat edilen yolun değerlendirilmesi ve duyurulması, finansal kaynakların doğru dağılımı için önem taşımaktadır

3-Dünya Ormanlık Kongresinden Birleşmiş Milletler Genel Kurul Zirvesine 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Ajandasının kabul mesajı

Kongrede ayrıca ormancılık vizyonunu geliştirmeye ilgili 2050 hedeflerine yönelik süreçle ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Özellikle 2030 yılına kadar sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmiş olması için önem arz eden başlıca konular;

- Gıda güvencesi ve yaşam ortamlarının iyileştirilmesi
- Ormanlarla diğer arazi kullanımlarının entegrasyonu
- Ormanları iklim değişikliği için bir çözüm haline getirmek

Bu 3 konunun ormancılığın “yeni vizyonu”nun yapı taşları olduğu ve bir sonraki Dünya Ormanlık Kongresine (2021) kadar geliştirilmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

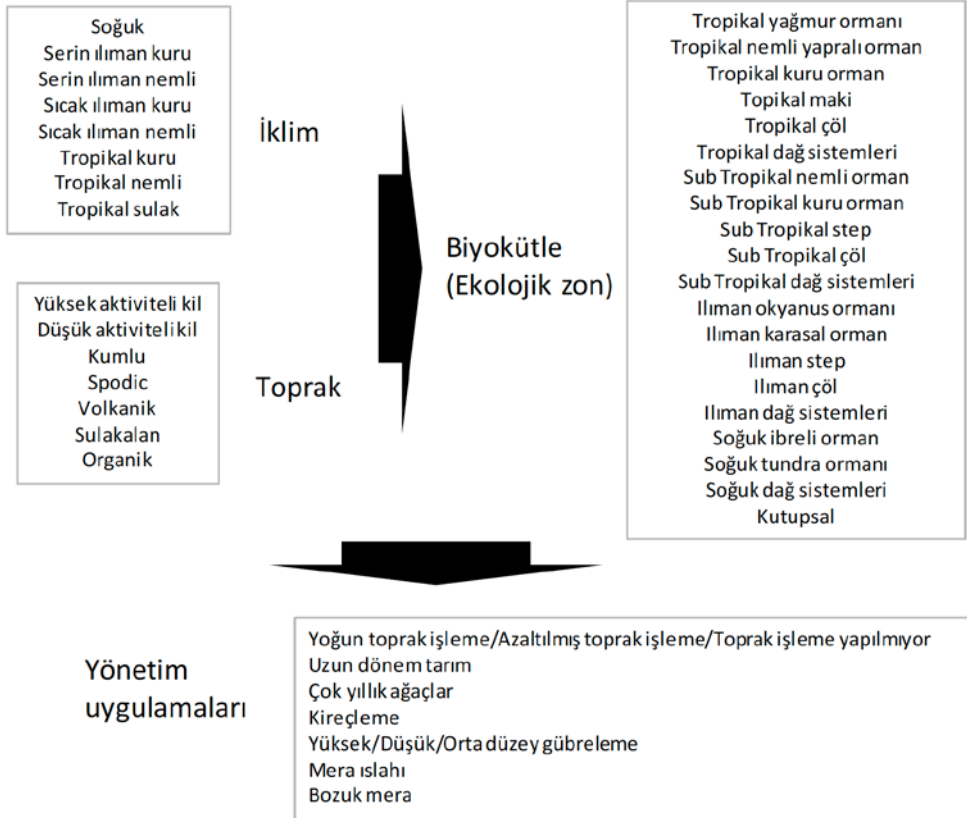
Üzerinde durulan diğer önemli hususlar adaptif planlama ve yönetim yaklaşımının uygulanması ve yaygınlaşması, araştırmalar ve uygulamalar arasındaki etkileşimin iyileştirilmesi ve artırılması, katılımcı yaklaşımın her seviyede uygulanması ve gençlerin-kadınların katılımçılık yönünde teşvik edilmesi ve özel sektör yatırımlarının özendirilmesi olmuştur.

2.

İklim
Sınıflamaları
Ve Türkiye'nin
İklimi

IPCC kılavuzlarında arazi kullanmadan kaynaklanan karbon stok değişimini tahmin etmek üzere izlenen metodolojik yaklaşım aşağıdaki gibidir (Şekil 2. IPCC 2006'dan değiştirilerek).

Bu iklim sınıflaması Seviye 1 hesaplamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca biyokütle karbon stok değişimini hesaplamak üzere iklim sınıfları ekosistemleri kapsayacak şekilde hafifçe değiştirilmiştir. Ekosistem tiplerini de içeren bu iklim tipi sınıflaması Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre bir bölgenin tropikal iklim kuşağında yer alması için yıllık ortalama sıcaklığın 18°C'den yüksek olması temel kriterdir. Alt tipler olan tropikal yağışlı, tropikal nemli, tropikal kuru ve tropikal dağlık bölgelere ayırma yararlanılan kriterler ise nem ve yüksekliktir. Yarı tropikal iklim kuşağı için ana kriter yılın en az 8 ayı ortalama sıcaklığın 10 °C'den yüksek olmasıdır. Yine nemlilik durumuna göre alt tiplere ayrılmakta, bu kuşakta da dağlık ekosistemlere yer verilmektedir. Dolayısıyla hem tropikal hem de yarı-tropikal iklim kuşaklarında yükseklik kriteri herhangi bir sayısal yükseklik kademesi dikkate alınmadan tanımsal olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 2. IPCC tarafından geliştirilen karbon stok hesaplama metodolojisi ve süreçleri (IPCC, 2006).
Tablo 3. İklim Sınıfları, İklim Bölgeleri, ve Ekolojik Zonlar (FAO, 2001)

			makilik		toplam buharlaşma> yağış
			Tropikal çöl	TBWh	Kurak, yıl boyunca yağışsız
		Tropikal dağlık	Tropikal dağlık ekosistemler	TM	Yükseklik genellikle 1000 m den yüksek
Yarı-tropikal (Sub-tropical)	Yılın en az 8 ayı ortalama sıcaklık >10 °C	Sıcak ıllman nemli	Yarı tropikal nemli orman	SCf	Nemli, tüm yıl yağışlı
		Sıcak ıllman kuru	Yarıtropikal kuru orman	SCs	Kışın yağışlı, yazlar yağışsız
			Yarıtropikal step	SBSH	Yarı kurak, toplam buharlaşma> yağış
			Yarıtropikal çöl	SBWh	Kurak, yıl boyunca yağışsız
Sıcak ıllman nemli veya kuru	Yarıtropikal dağlık ekosistemler	SM	Genellikle 800-1000 m arası yükseltilerde		
İllman (Temperate)	Yılın 4-8 ayı ortalama sıcaklık >10 °C	Serin ıllman nemli	İllman okyanus ormanlar	TeDo	Okyanus iklimi, en soğuk ay ortalama sıcaklığı > 0 °C
			İllman karasal ormanlar	TeDc	Karasal iklim en soğuk ay ortalama sıcaklığı < 0 °C
		Serin ıllman kuru	İllman step	TeBSk	Yarı kurak, toplam buharlaşma> yağış
			İllman çöl	TeBWk	Kurak, yıl boyunca yağışsız
		Serin ıllman nemli veya kuru	İllman dağlık ekosistemler	TeM	Genellikle 800 m'den yüksek
Soğuk (Boreal)	Yılın en fazla 3 ayı ortalama sıcaklık >10 °C	Soğuk nemli	Soğuk iğne yapraklı ormanlar	Ba	Sık iğne yapraklı orman
		Soğuk kuru	Soğuk tundra	Bb	Seyrek orman
		Soğuk nemli veya kuru	Soğuk dağlık ekosistemler	BM	Genellikle 600 m'den yüksek
Kutupsal (Polar)	Tüm yıl boyunca ortalama sıcaklık < 10 °C	Kutupsal nemli veya kuru	Kutupsal	P	Yıl boyunca sıcaklık < 10°C

2.1

İklim
Kavramı
ve Türkiye
İklimi

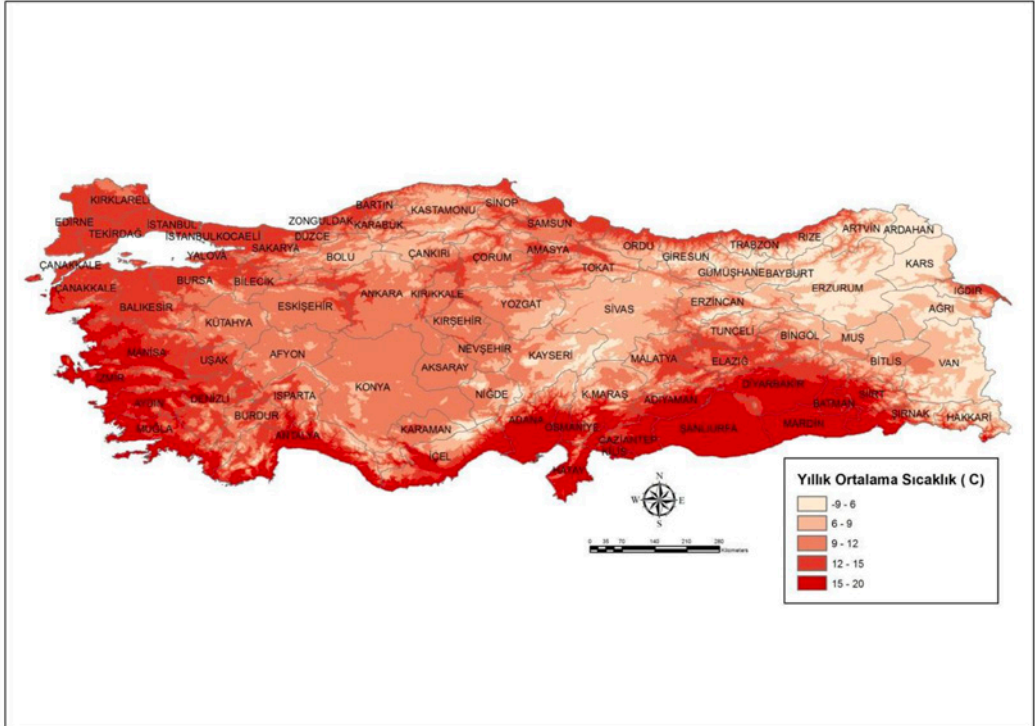
İklim, bir bölgede çok uzun zaman içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır. İklim, ekstrem hava olaylarını içerebileceği gibi; bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini ve bitki örtüsünü de tayin eder.

Araştırmacıların iklim analizinde dikkate aldığı kriterler farklıdır. Bunlardan bazıları; yağış – sıcaklık oranı, yağış – buharlaşma oranı, yağış rejimi ve bitki örtüsüdür. İklim sınıflandırmalarındaki bu farklılıklar, su bilançosunun giderini hesaplamadaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

İklim, bir olaylar bütünüdür ve tek bir iklim elemanına göre yapılacak sınıflandırma çok genel olacak ve her yere uygun gelmeyecektir. Gerek iklim sınıflandırması ve gerekse iklim analizi çalışmalarında olabildiğince uzun yıllık ortalamalar ve güvenilir-homojen verinin kullanılması gerekir.

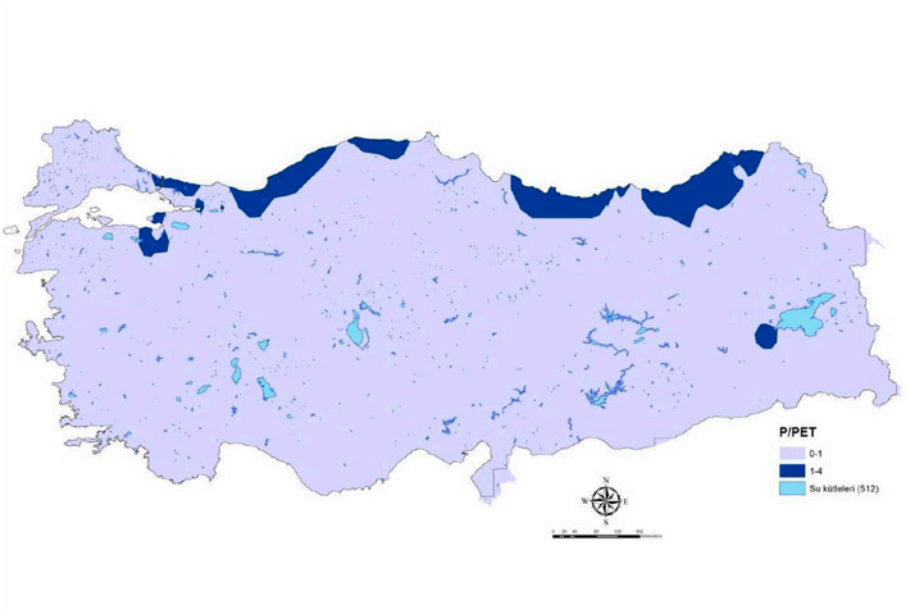
Ülkemiz boyut ve yükseltinin bir sonucu olarak iklim bakımından büyük değişkenlikler göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklığın sıfıra kadar indiği yüksek dağlık yöreler olabildiği gibi yirmi dereceye kadar çıkan güney sahil kesimleri mevcuttur (Şekil 3). Yıllık ortalama sıcaklığın doğu ve orta kesimlerde düştüğü, bu durumun gerçekleşmesine sebep olan etkili parametrelerin yükselti, deniz etkisi ve enlem derecesi olduğu söylenebilir.

Şekil 3. Türkiye de yıllık ortalama sıcaklığın dağılımı.



Yağış ile potansiyel evapotranspirasyon karşılaştırıldığında ise Türkiye'de çok az yörede yağışın toplam buharlaşma (ET)'yi geçtiği görülür; bu yerler de genellikle Karadeniz sahil kesimidir (Şekil 4). Diğer bölgelerimizde yıllık yağış toplam buharlaşmadan daha düşüktür bu da aslında iklim değişikliğine uyum ve duyarlılık yönünden üzerinde dikkatle durulması gereken bir konudur. Birçok iklim simülasyonu Türkiye'nin genelinde önümüzdeki yüzyıl içinde ciddi bir yağış azalması olacağını ortaya koymaktadır. Sıcaklık artışı ile toplam buharlaşmanın artacağı buna karşın yağışın azalacağı düşünülürse bu durumun başta tarım ve ormancılık olmak üzere arazi kullanma yönünden önemli olumsuz sonuçlara yol açabileceği görülmektedir.

Şekil 4. Ülkemizde yağış ile toplam buharlaşmanın (ET) karşılaştırması.



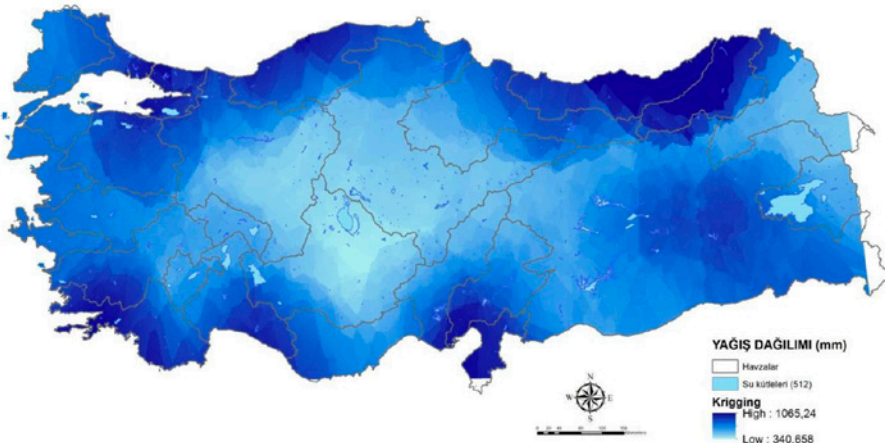
Sıcaklık farkı ekosistemlerin oluşum ve gelişiminde kilit rol oynayan ekolojik parametrelerden birisidir. Başta toprak oluşumunda etkili olan bu parametre iklim değişikliğine duyarlılık bakımından da önemlidir. Artan sera gazları konsantrasyonu nedeniyle gece-gündüz ve mevsimsel sıcaklık farklarının artması beklenmektedir. Sıcaklık farkını etkileyen en temel parametreler arasında yükseklik ve karasallık bulunmaktadır. Ülkemizin yine orta ve doğu kesimlerinde Bio 7 olarak adlandırılan yükseklik farkı bakımından kıyı kesimlere nazaran daha ciddi sıcaklık farkları yaşandığı görülebilir (Şekil 5). Özellikle doğu illerinde sıcaklık farkı oldukça yüksektir.

Şekil 5. Ülkemizde sıcaklık farkının mekansal değişimi.



Ülkemizde yağışın dağılışı da büyük heterojenlik göstermektedir. En fazla yağış alan bölgeler Şekil 6 de koyu renkle temsil edilen Karadeniz kıyı kuşağı, Marmara ve Akdeniz kıyı kuşağıdır. Yıllık yağış iç kesimlerde 200-300 mm aralığına kadar gerilerken Karadeniz kıyı kulağında 2000 mm'yi geçmektedir.

Şekil 6. Ülkemizde yağışın dağılışı.



Yağışın mevsimler arasındaki değışkenliği özellikle yaz kuraklığı bakımından büyük önem taşımaktadır. Yaz kuraklığı, haziran ayından itibaren yaz ayları boyunca çok az veya hiç yağış olamaması, bunun sonucunda da toprakta suyun tükenmesi anlamına gelmektedir. Bu yağışsız dönem boyunca bitkilerin derin kökler yaparak bu dönemi atlattması beklenir. Özellikle yeni dikilmiş genç fidanların bu dönemi atlatabilmesi kurak bölge ağaçlandırmaları bakımından büyük öneme sahiptir. Mevsimsellik (Bio 15) Karadeniz kıyısı kuşağı haricinde Türkiye'nin genelinde yaygındır (Şekil 7). Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yüksek buharlaşmanın da etkisiyle yaz aylarında birçok akarsuyun kurumamasının gerekçesi de yine yağış ve sıcaklıktaki mevsimselliklerdir.

Şekil 7. Ülkemizde yağışın mevsimselliği.



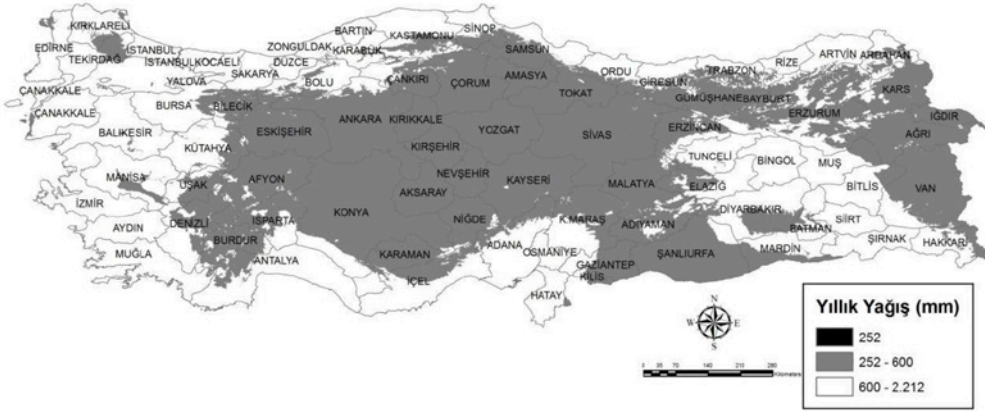
Yıllık toplam yağış birçok açıdan önemli bir iklim parametresidir. Yıllık yağışın miktarına bakılarak arazi kullanma ile ilgili birçok konu irdelenebilir. Örneğin yıllık yağışın 400 mm'nin altına düştüğü yerlerde (Şekil 8) (İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da lokal) ormancılık, tarım ve benzeri doğaya açık benzeri sektörlerde ciddi sorunlar görülebilir. Ormancılıkta ağaçlandırma ve büyüme, tarımda sulama, meraçılıkta otlatma süresi ve uygulamaları düşük yağış olgusundan doğrudan etkilenmektedir.

Şekil 8. Ülkemizde 400 mm'nin altında yağış alan yöreler.



Yıllık ortalama yağışın 600 mm'nin altında olduğu yerler ise Türkiye'de oldukça yaygındır (Şekil 9). Ülkemizde ortalama yağış 650 mm civarında olmasına karşın yağışı 600 mm'nin altında olan yöreler oldukça geniş bir alan kaplamaktadır. Bunun anlamı ülke genelinde yağışın aslında sanılandan daha düşük ve yaz kuraklığının yaygın olduğudur.

Şekil 9. Ülkemizde 600 mm'den daha az yağış alan bölgelerin dağılışı.



Ülkemizde bugüne de uygulanmış bazı sınıflama sistemleri şunlardır;

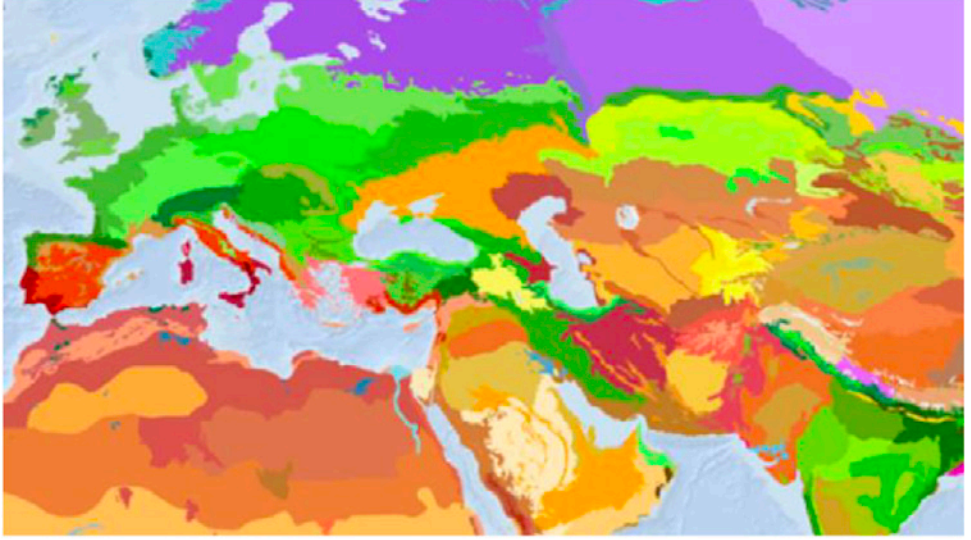
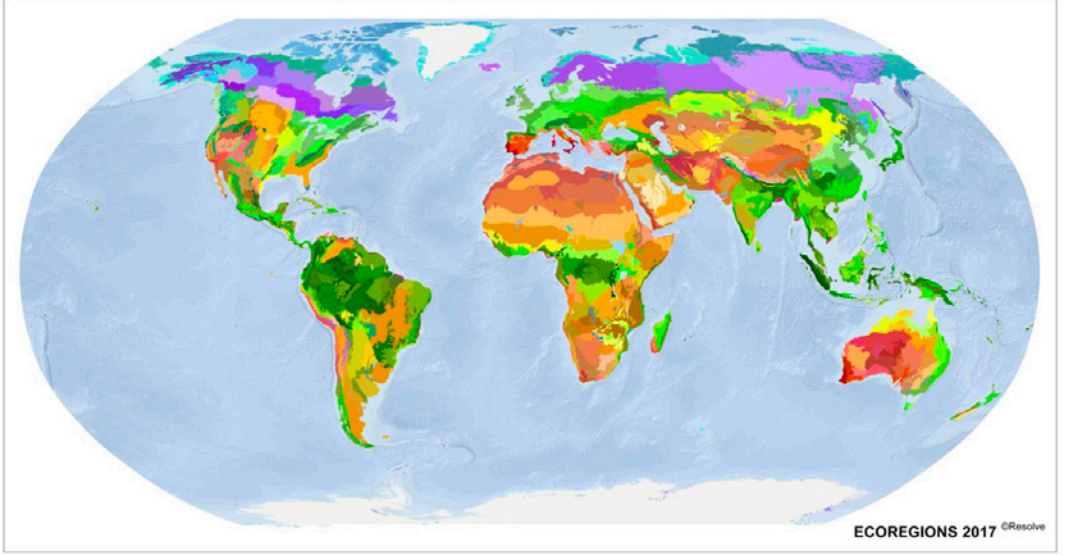
- Köppen İklim Sınıflandırması
- Trewartha İklim Sınıflandırması
- Akdeniz İklim Sınıflandırması
- Eriç İklim Sınıflandırması
- Thornthwaite İklim Sınıflandırması
- De Martonne İklim Sınıflandırması

2.2

Ekolojik
Bölge
Bazlı
Sınıflandırma

Ecoregions İklim Sınıflaması

Dinerstein ve ark. (2017), Olson ve ark'a (2001) dayalı olarak küresel bir sınıflandırma yapmışlardır. Sınıflandırmada 16 karasal biyom içerisinde 846 ekolojik bölge yer almaktadır (Şekil 10). Şeklin interaktif haritasına ecoregions2017.appspot.com adresinden ulaşılabilir.



Şekil 10. Ecoregions 2017. Dinerstein ve ark (2017)'ye göre küresel ölçekte ekolojik bölgeler. Ecoregions 2017 sınıflamasına göre Türkiye'deki biyomlar;

- Ilıman geniş yapraklı ve karışık ormanlar
- Akdeniz ormanları ve çalılıkları
- Ilıman İbrelili Ormanlar
- Ilıman meralar ve çalılıklar

Ekolojik bölgeler;

- Balkan karışık ormanları
- Euxine-Colchic yapraklı ormanlar
- Ege ve Batı Türkiye sclerophyllous ve karışık ormanlar
- Anadolu İbrelili ve yapraklı karışık ormanlar
- Kuzey Anadolu İbrelili ve yapraklı ormanlar
- Orta Anadolu stepleri
- Doğu Akdenizli ibrelili ve yapraklı ormanlar
- Güney Anadolu dağlık İbrelili ve yapraklı ormanlar
- Doğu Anadolu yapraklı ormanlar
- Doğu Anadolu dağ stepi
- Kafkaslar karışık orman
- Suriye sınırında kurakçıl mera ve çalılıklar (çok küçük bir alan)

Atalay (2014) Sınıflaması

Atalay (2014) ekolojik bölge sınıflandırmasında Türkiye'yi önce bölgelere ayırmış, daha alt seviyede ise alt bölgeler belirlemiştir. Ana ekolojik bölgeler ve alt bölgeler şunlardır;

- Karadeniz İklim Bölgesi
- Nemli Ilıman Geniş Yapraklı Orman
- Karadeniz Kıyı Dağları Nemli Soğuk İğne Yapraklı Orman
- Karadeniz Ardı Plato ve Dağlar Soğuk Yarı Nemli İğne Yapraklı Orman
- Karadeniz Ardı Kurakçıl Orman-Çalı
- Dağ Çayırı
- Marmara Geçiş Bölgesi
- Kurakçıl Orman (maki, kızılçam, meşe)
- Ergene Kuru Orman-Antropojen Bozkır
- Yarı kurak Orman (Karaçam, Meşe)
- Nemli Orman
- Dağ Çayırı

- Ege Bölgesi
- Ege Alt (Kızılçam)
- Ege Dağ (Karaçam)
- Ege Dağ Çayırı
- Akdeniz Bölgesi
- Akdeniz Alt (Kızılçam)
- Akdeniz Dağ (Sedir, Karaçam, Gökmar)
- Akdeniz Dağ Çayırı
- Akdeniz Ardı (Geçiş) Bölgesi
- Alt Bölüm (Kızılçam, Meşe)
- Dağ (Sedir, Karaçam)
- Dağ Çayırı
- Güneydoğu Anadolu Geçiş Bölgesi
- Bozkır
- Kurakçıl Orman (Meşe, Kızılçam)
- Kurakçıl Orman (Meşe)
- Dağ Çayırı
- İç Anadolu Bölgesi
- Bozkır
- Kurakçıl Orman
- Dağ Çayırı
- Doğu Anadolu Bölgesi
- Bozkır
- Dağ Bozkır
- Kurakçıl Orman
- Dağ Çayırı
- Yerel Ortamlar
- Tuzlu-Jipsli Ortamlar
- Sucul Ortamlar
- Kumlu Ortamlar

Kantarıcı (2005) Sınıflaması

Kantarıcı (2005) ekolojik bölgelerin sınıflandırmasında kullanılabilcek bir iklim sınıflandırması geliştirmiştir:

- Karadeniz İklimi
- Deniz Etkisi Altındaki Kıyı Kuşağı İklimi

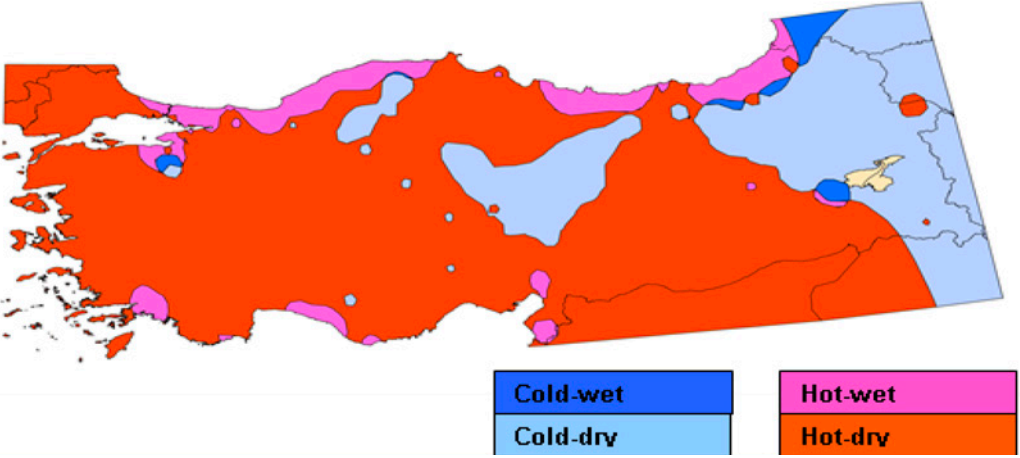
- Deniz Etkisi Altındaki Dağlık Arazi İklimi
- Karadeniz Ardı Dağlık Arazi İklimi
- Marmara İklimi
- Kuzey Marmara İklimi
- Orta Marmara İklimi
- Güney Marmara İklimi
- Ege İklimi
- Batı Ege İklimi
- İç Ege İklimi
- Akdeniz İklimi
- Deniz Etkisi Altındaki Kıyı Kuşağı İklimi
- Deniz Etkisi Altındaki Dağlık Arazi İklimi
- Akdeniz İç Bölgesi
- Akdeniz Ardı İklimi
- İç Anadolu İklimi
- Batı İç Anadolu İklimi
- Kuzey İç Anadolu İklimi
- Doğu İç Anadolu İklimi
- Güney İç Anadolu İklimi
- Doğu Anadolu İklimi
- Doğu Anadolu Kuzeydoğu Bölümü İklimi
- Doğu Anadolu Orta Bölümü İklimi
- Doğu Anadolu Güneybatı Bölümü İklimi
- Doğu Anadolu Güneydoğu Bölümü İklimi
- Güneydoğu Anadolu İklimi
- Güneydoğu Anadolu Dağlık Bölge İklimi
- Güneydoğu Anadolu Bozkır İklimi

IPCC Sınıflaması

Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından IPCC iklim sınıflaması yapılmış ve iklim haritası çıkarılmıştır (Şekil 11). Bu haritaya göre Türkiye arazisi ılıman Kuşağa (Temperate) dâhil olup 4 alt iklim alt sınıfına girmektedir. Bunlar;

- Serin ılıman nemli
- Serin ılıman kuru
- Sıcak ılıman nemli
- Soğuk ılıman kuru

Bu sınıflamaya göre Türkiye’de soğuk veya tropikal iklim tipleri görülmemektedir.



Şekil 11. IPCC kılavuzlarına göre hazırlanmış Seviye 1 düzeyinde iklim haritası (NIR Turkey 2017).

Haritadan da açıkça görüleceği gibi Türkiye'nin çok geniş bir kısmı ılıman sıcak-kuru iklim tipine dâhildir. Oldukça genel bu iklim haritasıyla ilgili temel sorunlar şunlardır;

- Akdeniz iklim tipinin alt birimi olması gereken Ege ve Marmara Bölgeleri iklimleri karasal iklim tipine sahip olması gereken İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile aynı iklim tipinde gözükmemektedir.

- Yükselti bu sınıflamada yer almamaktadır. Oysaki ortalama yüksekliği 1000 metrenin üzerinde olan Türkiye'de yükselti dikkate alınmadan bir iklim sınıflaması yapmak hatalı olur.

- Karadeniz bölgesinin kıyı kesimleri sıcak-nemli iklim tipine dâhil edilmiştir. Akdeniz'de de Muğla, Antalya ve Antakya civarlarında sıcak-nemli bölgeler yer almaktadır. Oysaki Karadeniz ile Akdeniz bölgesi orman tipleri çok farklıdır. Akdeniz Bölgesi'nde evapotranspirasyon Karadeniz Bölgesine oranla çok daha yüksektir.

- Bu Seviye-1 sınıflaması bitki coğrafyası ve ya orman tipleri ile ilişkili bir sınıflandırma niteliği taşımamakta olup iklim kayıtları yetersiz küçük boyutlu ülkeler için geçerli olabilir. Ülkemizde klimatolojik kayıtlar yeterli düzeyde olup (dağlık alanlar hariç) çok daha gelişmiş bir sınıflandırma yapma olanağı vardır.

- Son olarak da net biçimde Türkiye'nin yükselti değişkenliği ve boyutları dikkate alındığında 4 iklim tipine sığdırılmasının mümkün olmayacağı ortadadır.

Hibrit Sınıflama Önerisi

IPCC (2006) iklim sınıflaması Türkiye koşulları dikkate alındığında yetersiz kalmaktadır. Bu sınıflamanın fitocoğrafik bölgelerle ve yükselti ile ilişkilendirilerek ayrıntılandırılması gerekmektedir. Ülkemiz için önce 3 ana iklim bölgesi ayırt edilebilir;

- Karadeniz Ana İklim Bölgesi
- Akdeniz Ana İklim Bölgesi
- Karasal İklim Bölgesi

Bu 3 ana iklim bölgesi bile IPCC iklim kuşaklarından daha yüksek temsil kapasitesine sahiptir. Karadeniz iklim bölgesi yüksek yağış miktarı ile karakterize edilir. Ayrıca yağış rejimi diğer bölgelere göre nispeten düzenlidir. Yağış ve sıcaklık, batı, orta ve doğu kesimlerde değişiklik gösterir. Akdeniz iklim bölgesi yazları kurak kışları ise ılık ve yağışlıdır. Marmara, Ege ve güney bölgelerde sıcaklık ve yağış bakımından farklılıklar görülür. Güneye gidildikçe yaz kuraklığı ve sıcaklık değerleri artış gösterir. Karasal iklim tipinde ise yazları sıcak ve kurak kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Yağış kışın belli oranda kar şeklinde gerçekleşir. Bu ana iklim tipinde de orta Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu alt tipleri görülebilir.

Bu jenerik sınıflamaya alternatif olan iklim ve ekolojik bölge sınıflamalarına bakıldığında birçok sınıflama çalışması içerisinde başlıca 4 sınıflama ön plana çıkmaktadır. Bunlar;

- FAO Sınıflaması
- Ecoregions 2017 Sınıflaması
- Atalay (2014) Sınıflaması
- Kantarcı (2005) Sınıflaması

FAO sınıflaması oldukça genel bir sınıflandırma şablonu görünümündedir. Ülkemizi ılıman ve kısmen de yarı tropikal bölgeler olarak sınıflandırmaktadır. Sınıflandırma kriterlerinin sayısal ve objektif olması önemli bir avantaj olarak görülebilir. Dağ ve deniz etkisi de sınıflandırmaya katılmaktadır.

Ecoregions sınıflaması iki yönden avantajlı bir sınıflama sistemidir. Birincisi küresel bir sınıflama sistemi olması nedeniyle karşılaştırılabilirlik sağlamakta ikincisi ise karbon amaçlı çalışmalara uygun şekilde çok ayrıntılı olmayan ve çok yüzeysel de durmayan bir sınıflama düzeyi sunmakta. Bu sınıflamada Türkiye, 4 ana biyoma, ardından da 12 ekolojik bölgeye ayrılmaktadır.

Atalay ve Kantarcı sınıflamaları ise Türkiye'yi coğrafik bölgeler bazında, ardından da alt bölgelere ayırmaktadır.

Bu 4 farklı yöntem IPCC sınıflaması ile harmanlandığında ve karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır;

IPCC Sıcak-nemli kategorisi ecoregions 2017 sınıflamasında Euxine-Colchic geniş yapraklı orman kategorisine girmektedir. Fakat IPCC sıcak nemli iklim tipi için verilen geçerli katsayılar (default coefficients) tüm Euxine-Colchic genişyapraklı orman zonuna yaygınlaştırılamamaktadır; çünkü bu zonun bir kısmı IPCC sıcak-kurak iklim tipine girmektedir. Bir başka deyişle bu ekozon için nem koşullarına göre IPCC nin sıcak nemli veya sıcak kurak katsayıları kullanılabilir. Euxine-Colchic genişyapraklı orman zonu Atalay sınıflamasında Nemli Ilıman Geniş Yapraklı Orman Bölümüne Kantarcı sınıflamasında ise Deniz Etkisi Altındaki Kıyı Kuşağı tipine girmektedir. Atalay ve Kantarcı Karadeniz kıyı dağları ve yüksek dağlar ile platolar için ayrıntılı bir sınıflama yoluna gitmekte buna karşın Ecoregions 2017 sınıflaması burayı Kuzey Anadolu Geniş ve İğne Yapraklı Ormanlar adı altında tek bir ekolojik bölge olarak tanımlamaktadır.

IPCC sıcak kurak, soğuk kurak ve soğuk nemli iklim bölgelerinin her üçü de çok farklı ve fazla sayıda ekolojik bölge ile çalışmaktadır. Belli bir ekolojik bölgeye denk gelmemektedir. Dolayısıyla bu iklim tiplerine ait geçerli IPCC katsayılarını ekolojik bölgelere uyarlamak pek olası görünmemektedir.

Öte yandan klasik bir iklim sınıflaması yerine sera gazı envanterinde daha etkin hizmet edecek iklim tipi ile ilişkili bir ekolojik zon sınıflaması daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Ecozone 2017 küresel sınıflaması Türkiye coğrafyasına adapte edilir ve zon sayısı azaltılırsa aşağıdaki basit ekozon sınıflaması elde edilecektir (Tablo 4). Bu sınıflama tüm arazi kullanımlar için kullanılabilir.

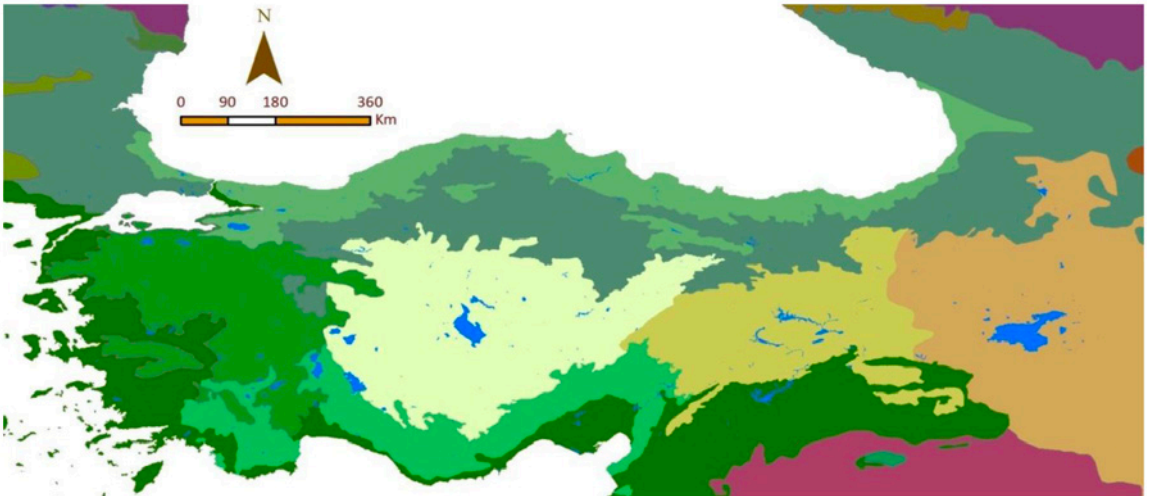
Tablo 4. Önerilen iklim sınıflaması ve diğer sınıflamalarla ilişkisi. Bu ekozonların Türkiye'deki mekansal dağılımı Şekil 12 de verilmiştir.

	Ekozon	Biyom	İklim Tipi	IPCC İklim Tipi
1	Euxine-Colchic yapraklı orman	Ilıman yapraklı & karışık orman	Karadeniz kıyı kuşağı	Sıcak ılıman nemli
2	Kuzey Anadolu yapraklı, ibrelili ve karışık orman	Ilıman yapraklı, ibrelili ve karışık orman	Karadeniz kıyı ardı ılıman iklim kuşağı	Sıcak ılıman kuru
3	Akdeniz kıyı kuşağı yapraklı ve ibrelili orman	Akdeniz ormanları ve çalılırları	Akdeniz kıyı kuşağı	Sıcak ılıman nemli – kuru
4	Akdeniz dağ kuşağı	Akdeniz ormanları ve çalılırları	Akdeniz kıyı ardı ılıman dağ iklimi	Sıcak ılıman kuru
5	İç Ege yapraklı ve ibrelili orman	Akdeniz ormanları ve çalılırları	Akdeniz kıyı ardı ılıman iklim	Sıcak ılıman kuru
6	İç Anadolu step	Ilıman yapraklı ve karışık ormanlar	Yarı kurak step iklimi	Sıcak-serin ılıman kuru
7	Doğu Anadolu yapraklı orman kuşağı	Ilıman yapraklı ve karışık ormanlar	Ilıman karasal iklim	Sıcak ılıman kuru
8	Doğu Anadolu step	Ilıman mera, çalı ve step	Dağlık karasal iklim	Soğuk ılıman kuru –nemli



Sera gazı envanterimizde önerilen ekozon sınıflamasını kullanmak üzere bu aşamadan sonra tüm arazi kullanımlarında belli grid genişliğinde örnekleme ve ölçmeler yapılmalıdır. İki farklı seviyede örnekleme noktası dikkate alınabilir. Bunlardan birisi ileri örnekleme noktası olarak adlandırılabilir veya ICP Ormanları izleme sistemine benzer şekilde Seviye 2 olabilir; diğeri ise basit veya temel örnekleme noktası olarak adlandırılabilir veya Seviye 1. İleri noktalarda ölü örtü örnekleme de yapılmalıdır. Ormanlarda daha sık (2-8 km), mera ve makilik arazilerde daha seyrek (16 km) bir örnekleme sistemi benimsenebilir. ICP Ormanları izleme sistemi de bu amaçla kullanılabilir.

Şekil 12. Sera gazı envanteri ve karbon projelerinde yararlanılması amacıyla önerilen ekozonlar. Tablo 4 da ekozon açıklamaları verilmiştir.



3.

IPCC
İKLİM PRO-
JEKSİYON-
LARI (AR5-5.
DEĞERLEN-
DİRME
RAPORU)

IPCC AR5'te üçüncü nesil bir iklim yaklaşımı olarak, Temsili Konsantrasyon Yönelimi (Representative Concentration Pathways - RCP) yaklaşımını gündeme getirmiştir. Daha önce 1992 yılında IS92, 2000 yılında ise SRES geliştirilmişti. Burada amaç olası standart senaryoları modellemeciler için ortaya koymaktır. RCP kapsamında 4 ayrı senaryodan sözedilebilir; RCP8.5, RCP6, RCP4.5, RCP2.6. Burada sayılar "ışınımsal gücü" (radiative forcings) ifade etmekte, küresel enerji dengesizliğini sayısal olarak tanımlamaktadır. Birim ise 2100 yılında metrekareye watt'tır. Değerlendirmede emisyon hızı (emsiyonlar ne hızda yükselmekte veya düşmekte) ve konsantrasyonu (ppm CO₂ eq) da dikkate alınmaktadır.

IPCC iklim senaryo yaklaşımları ile GCM (Genel Sirkülasyon Modelleri) modelleri çalıştırılmakta ve önümüzdeki yüzyıl için genel iklim tahminleri yapılmaktadır. GCM sonuçları ölçek küçültme ile belirli alanlara indirgenebilmektedir. Bununla ilgili prosedür yüksek güçte bilgisayar donanımı gerektirmediği için bazı GCM'lerinin ölçeği küçültülmüş sonuçlarından yararlanılabilir.

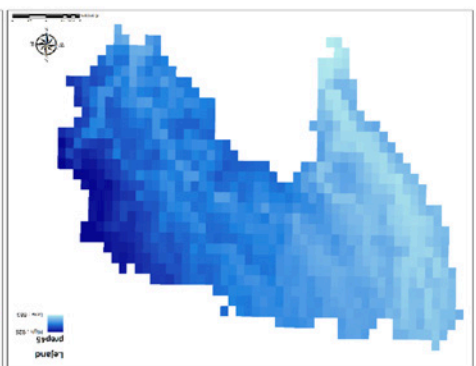
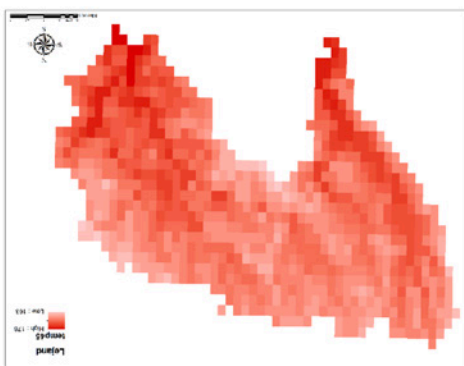
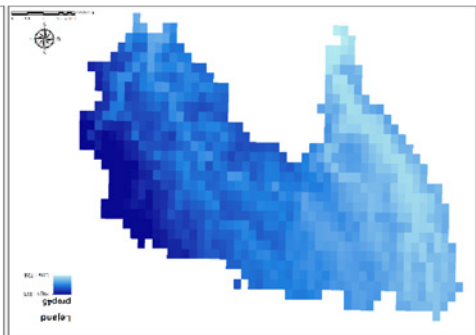
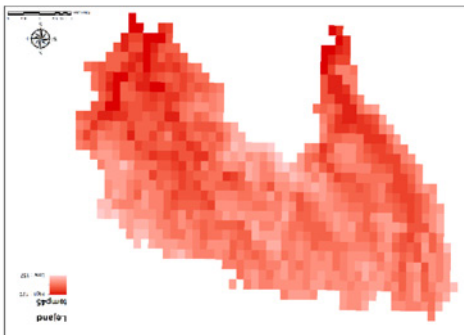
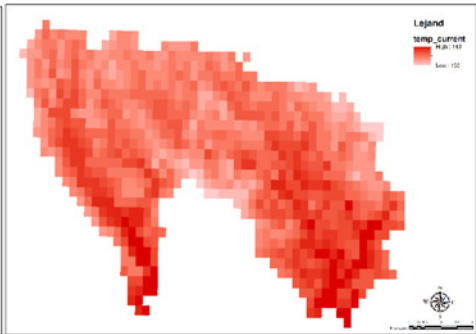
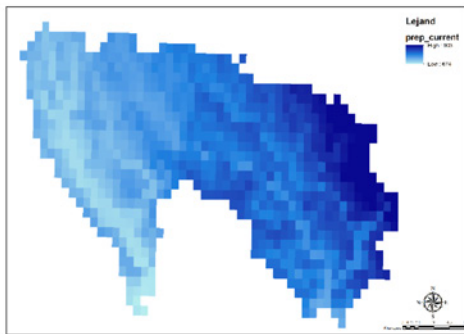
Örnek Çalışma

TÜBİTAK 112Y096 projesi kapsamında İstanbul'da Sazlıdere-Alibeyköy-Kağıthane havzalarında iklim senaryoları değerlendirilmiştir. Bunun için Hadley enstitüsü tarafından geliştirilen HadGEM2-Earth System (ES) modeli (Hadley Centre Global Environment Model version 2) kullanılmıştır. Bu model IPCC AR5 tarafından ortaya konulan sera gazı senaryolarını baz alan 2. Nesil modellerdendir¹.

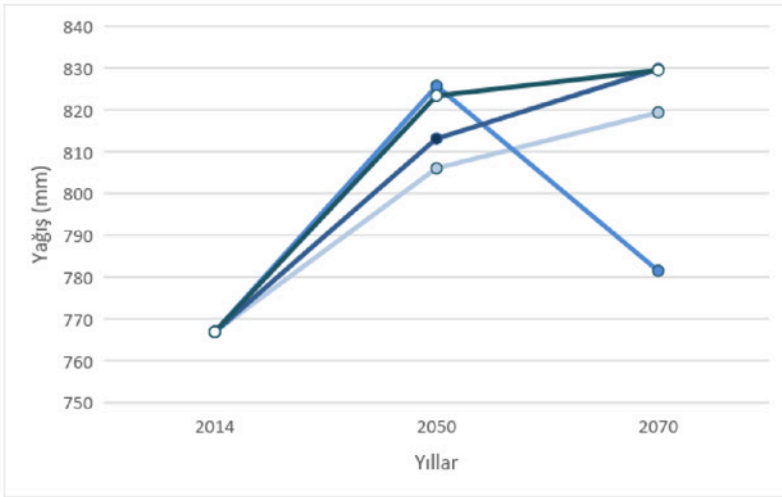
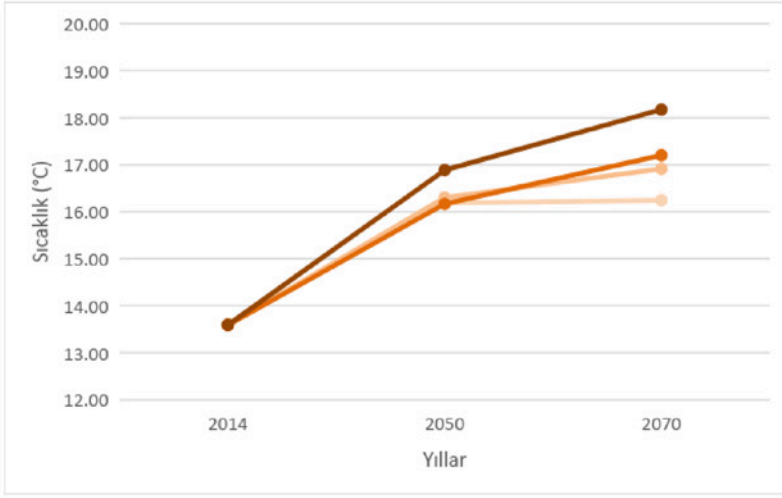
İlk aşamada modelin 30 sn çözünürlükteki küresel altlıkları indirilerek havzalar için ölçek küçültülmüş haritaları elde edilmiştir (www.worldclim.org). Bu web sitesinden yağış ve sıcaklık dahil birçok değişkenle ilgili altlıklar ücretsiz temin edilebilir. Kullanılan altlıklar mevcut, 2050 ve 2070 ortalama sıcaklık ve yağıştır. Bu çalışmada araştırma havzaları için RCP4.5 senaryo sonuçlarına yer verilmiştir.

Proje havzaları için HadGEM2-Earth System (ES) modeli ölçek küçültülerek elde edilmiş yağış ve sıcaklık için yukarıdan aşağı mevcut durum, 2050 ve 2070 tahminleri aşağıda görülmektedir. Projeksiyonlarda RCP45 senaryosu kullanılmıştır.

¹ Model hakkında ayrıntılı bilgi için <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2>



Bu haritalardan yola çıkılarak sıcaklık ve yağış için ortalama değerler hesaplanmış ve grafikte



gösterilmiştir.

Proje havzaları için hesaplanan ortalama değerlerin zamansal değişimi.

4.

İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİ
İLE MÜCADE-
LE VE BMİDÇS
SÜRECİ

Yukarıda açıklanan örnek çalışmayı mevsimsel düzlemde de gerçekleştirmek mümkündür. Böylece, örneğin kış aylarındaki değişimin nasıl olabileceği ortaya konulabilir.

İnsan kaynaklı ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı uluslararası alanda atılan en önemli adım 1992 yılında Rio de Janeiro’da düzenlenen Birleşmiş Milletler (BM) Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda imzaya açılan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’dir (BMİDÇS – United Nations Framework Convention on Climate Change). 1994’te yürürlüğe giren Sözleşme’ye 200’e yakın ülke taraftır. Ülkemiz Sözleşme’ye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur.

Taraf ülkeler hem sera gazı salımlarını azaltmaya, hem de sera gazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumaya ve artırmaya teşvik edilmektedir.

Sözleşmenin özünde “Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi yer almaktadır. Bu ilke, bazı ülkelerin sanayi devriminden sonra iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarını atmosfere diğer ülkelerden daha çok salmalarından ötürü daha fazla sorumluluk almaları gerektiği düşüncesine dayanmaktadır. Sözleşme kapsamında ülkeler yükümlülüklerine göre üç gruba ayırılmıştır.

A. Ek-I Ülkeleri: Bu grupta yer alan taraf ülkeler ağırlıklı olarak sera gazı salımlarını azaltmak veya sınırlandırmakla yükümlüdürler. Bu grup iki ülke kümesinden oluşmaktadır. Birinci grupta 1992 yılı itibarıyla OECD üyesi olan ülkeler (bunların içinde Türkiye de vardır) ve AB, ikinci grupta ise pazar ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler yer almaktadır. Bu grupta halen toplam 42 ülke ve AB bulunmaktadır. Bu grup ülkeler her yıl Birleşmiş Milletler sekreteryasına ulusal sera gazı envanter raporu vermekle yükümlüdür. Bu raporda sera gazı salım ve tutum miktarları ve bunların hesaplanması metodları yer almaktadır.

B. Ek-II Ülkeleri: Bu gruptaki ülkeler, ilk gruptakilere ek olarak gelişme yolundaki taraf ülkelere sözleşme kapsamında teknoloji transferi ve iklim değişikliği ile mücadelede finansman sağlamakla sorumlu kılınmışlardır. Bu grupta 23 ülke ve AB yer almaktadır.

4.1

İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİ
PERFOR-
MANS
İNDEKSİ

C. Ek Dışı Ülkeler: Bu ülkelerin herhangi bir yükümlülüğü bulunmamaktadır. Genel anlamda sera gazı salımlarını azaltmaları, kapasite geliştirmeleri ve ormansızlaşmayı önlemek başta olmak üzere mevcut sera gazı yutaklarını korumaları beklenir. Bu grupta halen 153 ülke bulunmaktadır. İklim değişikliği ile mücadele küresel bir çabayı gerektirmektedir fakat ülkelerin bu mücadeleye verdikleri katkı seviyesi çok değişkendir. CAN (Climate Action Network) tarafından her yıl yayınlanan bir rapor ülkelerin performansları “The Climate Change Performance Index” raporu² ile değerlendirmektedir. Bu değerlendirmede kriterler ve ağırlıkları şu şekildedir;

- Salım miktarı (%30)
- Salım trendi (%30)
- Yenilenebilir enerji (%10)
- Enerji etkinliği (%10)
- İklim politikaları (%20)

2016 değerlendirme raporuna göre iklim değişikliği ile mücadelede “en iyi” seviyede ülke bulunmamaktadır. 2017 raporunda da bu durum devam etmiştir. İyi seviyede yer alan ülkeler; Fransa, İsveç, İngiltere, Fas ve Danimarka’dır. Orta düzeyde olan ülkeler de çoğunlukla AB ülkeleri olup, Hindistan, Mısır, Endonezya ve Meksika’da bu grupta yer almıştır. Zayıf kabul edilen grupta yer alan bazı ülkeler ise ABD, Çin, Brezilya, Yeni Zelanda yanında Avusturya, Yunanistan ve Hollanda gibi bazı AB ülkeleridir. Ülkemizin de yer aldığı grupta yani mücadelede çok zayıf kalan ülkeler arasında; Japonya, Estonya, Avustralya, Kanada, Singapur ve Kore gibi gelişmiş ekonomiler yer almaktadır. 2018 değerlendirmesinde 60 ülkenin değerlendirildiği raporda Türkiye 51. sıradan 47. sıraya yükselmiştir. Bu yükselmenin ana gerekçesi yenilenebilir enerji kaynaklarına 2017 yılında yapılan yatırımlardır. Listenin son ve genelde değişmeyen ülkesi Suudi Arabistan’dır. Ülkemiz genellikle 3 temel açıdan eleştirilmektedir;

- Kişi başına düşük fakat hızla artan salım düzeyi,
- Planlanan fosil yakıt enerji santralleri,
- İklim değişikliği ile mücadelede büyük oranda yabancı fon kaynaklarını kullanması, kendisinin fon oluşturmaması

2016 itibarıyla Çin küresel salımların dörtte birinden fazlasını tek başına yapmaktadır (Tablo 5). En yüksek salım değerine sahip 10 ülkenin toplam salımları ise küresel salım miktarının %67.28’idir. Dolayısıyla

² <http://www.germanwatch.org/en/ccpi>

BMİDÇS taraf ülkelerin geriye kalan 190 civarının toplam salımı bu 10 ülkeden daha azdır.

Tablo 5. En yüksek salım değerine sahip 10 ülkenin iklim değişikliği ile ilişkili bazı parametreleri.

Ülkemiz sıralamada oldukça gerilerde kalmasının ana nedeni salımla ilgili veriler değil, yukarıda 5.

Ülke	Sırası		Küresel GSMH payı	Nüfusun küresel nüfusa oranı	Salımının Küresel CO2 salımına oranı
	2017	2016	%	%	%
Almanya	20	23	3.39	1.12	2.23
Hindistan	29	27	6.81	17.87	6.24
ABD	43	35	15.94	4.40	15.99
Çin	48	48	16.98	18.92	28.21
Rusya	53	53	3.18	1.98	4.53
İran	56	55	1.25	1.08	1.72
Kanada	55	56	1.48	0.49	1.71
G.Kore	58	59	1.67	0.70	1.75
Japonya	60	58	4.38	1.75	3.67
S.Arabistan	61	61	1.48	0.43	1.56
Toplam			56.54	48.86	67.62

Türkiye	51	51	1.23	1.06	0.88
---------	----	----	------	------	------

4.2

BMİDÇS
Sürecinde
Ülkemizin
Durumu, Tarım
ve Ormancılık
Sektörleri

Kriter'de gösterilen olan iklim politikalarıdır; zira Türkiye'nin toplam salım miktarı küresel toplamın %1'inden daha az seviyededir.

Türkiye, BMİDÇS müzakerelerinde önce hem Ek-I hem de Ek-II ülkesi konumlarında yer almış fakat isteği doğrultusunda 7. Taraflar Konferansı'nda (2001) Ek-II'den çıkarılması kararlaştırılmıştır. Özel koşulları dikkate alınarak, diğer Ek-I ülkelerinden farklı bir konumda olduğunun tanınması yönünde çağrıda bulunulmuştur. Ülkemiz heyeti daha sonraki süreçte özel koşullarını öne sürerek sözleşmenin bazı mekanizmalarından yararlanmak üzere müzakereler yürütmüştür. Meksika'da 2010 yılında yapılan 16. Taraflar Konferansı'nda Türkiye'nin diğer Ek-I ülkelerinden farklı bir konumda bulunduğu ve özel koşullarının mevcut olduğu BMİDÇS'ye taraf ülkelerce tanınmış; ayrıca finansman ve teknoloji transferi sağlama yükümlülüğünün bulunmadığı teyit edilmiş ve Türkiye'nin finansman, kapasite geliştirme ve teknoloji transferi imkanlarından yararlanması hususunun gelecek toplantılarda değerlendirilmesi yönünde bir karar alınması için çalışmalar yapılması kararı çıkmıştır. 2011 yılında G. Afrika'nın Durban

Fotoğraf 4: Adana Pos Orman İşletmesinde GEF Projesi kapsamında yapılan arazi örnekleme



kentinde düzenlenen 17. Taraflar Konferansı'nda da, Türkiye'ye salım azaltımı, iklim değişikliğine uyum, teknoloji geliştirilmesi ve transferi, kapasite geliştirme ve finansman alanlarında sağlanacak desteğin şeklinin belirlenmesine ilişkin görüşmelerin sürdürülmesi karara bağlanmıştır.

Esas kararın alınması ise 2014 yılında Peru'nun Lima kentinde gerçekleştirilen taraflar toplantısını bulmuştur. Konferans kriterleri arasında yer alan söz konusu metin, İngilizce olarak son taslak haliyle ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yaptırılmış Türkçe çevirisiyle aşağıda görülmektedir.

Decision -/CP.20

Parties included in Annex I to the Convention whose special circumstances are recognized by the Conference of the Parties

The Conference of the Parties,

Reaffirming decisions 26/CP.7, 1/CP.16, 2/CP.17 and 1/CP.18, which recognized that Turkey is in a situation different from that of other Parties included in Annex I to the Convention,

Also reaffirming the importance of financial, technological and capacity-building support to Parties included in Annex I to the Convention whose special circumstances are recognized by the Conference of the Parties in order to assist these Parties in implementing the Convention,

Recognizes the opportunities for Parties included in Annex I to the Convention whose special circumstances are recognized by the Conference of the Parties to benefit, at least until 2020, from support from relevant bodies established under the Convention and other relevant bodies and institutions to enhance mitigation, adaptation, technology, capacity-building and access to finance;

Encourages Parties included in Annex I to the Convention whose special circumstances are recognized by the Conference of the Parties to fully utilize those opportunities;

Urges Parties included in Annex II to the Convention which are in a position to do so, through multilateral agencies, including the Global Environment Facility within its mandate, relevant intergovernmental organizations, international financial institutions, other partnerships and initiatives, bilateral agencies and the private sector, or through any further arrangements, as appropriate, to provide financial, technological, technical and capacity-building support to Parties included in Annex I to the Convention whose special circumstances are recognized by the Conference of the Parties in order to assist them in implementing their national strategies, actions and plans on climate change mitigation and adaptation, and developing their low-emission development strategies or plans in accordance with decision 1/CP.16.

Karar X/CP.20

Taraflar Konferansı Tarafından Özel Şartları Kabul Edilen Ek-1'e Dahil Taraflar

Taraflar Konferansı,

Türkiye'nin Sözleşme'nin Ek-1'inde yer alan diğer Taraflardan farklı bir durumda olduğunu onaylayan 26/CP.7, 1/CP.16, 2/CP.17 VE 1/CP.18 kararlarını tekrar teyit ederek,

Taraflar Konferansı tarafından özel şartları kabul edilen Ek-1'e dâhil Taraflara Sözleşme'yi uygulamalarına yardımcı olmak için finansal, teknolojik ve kapasite geliştirme desteğinin önemini de tekrar teyit ederek,

Taraflar Konferansı tarafından özel şartları kabul edilen Ek-1'e dâhil Taraflar için azaltım, uyum, teknoloji, kapasite geliştirme ve finansa erişimi geliştirmek için Sözleşme kapsamında kurulan ilgili organlardan ve diğer ilgili organlar ve kurumlardan sağlanan desteklerden en azından 2020'ye kadar yararlanması imkânlarını onaylar;

Taraflar Konferansı tarafından özel şartları kabul edilen Ek-1'e dâhil Tarafların bu imkânları tam olarak kullanmasını teşvik eder;

Sözleşme'nin Ek-2'sinde yer alan Taraflar; çok taraflı ajanslar, kendi koşulları içinde Küresel Çevre Fonu (GEF-Global Environmental Facility), ilgili hükümetler arası organizasyonlar, uluslararası finans kuruluşları, diğer ortaklıklar ve girişimler, iki taraflı ajanslar ve özel sektör veya buna benzer başka düzenlemeler yoluyla uygun görüldüğü şekilde Taraflar Konferansı tarafından özel şartları kabul edilen Ek-1'e dâhil Taraflara 1/CP.16 kararı uyarınca iklim değişikliği azaltım ve uyum konularında kendi ulusal stratejilerini, eylemlerini ve planlarını uygulamalarını desteklemek ve kendi düşük-emisyon gelişme stratejilerini veya planlarını geliştirmeleri için finansal, teknolojik, teknik ve kapasite geliştirme desteği sağlanması için ısrarla teşvik eder.

Bu karar Türkiye açısından olumlu bazı sonuçlar doğurma potansiyeline sahiptir. Özellikle GEF fonlarından sağlanmakta olan kaynaklar ile benzeri uluslararası fon kaynaklarının Türkiye'ye desteğinin devamı açısından olumlu bir gelişmedir. Bugüne dek kapısı çalınan fakat ret cevabı alınan bazı fon kaynakları da bu karar sonrasında tekrar gündeme gelebilecektir. Kısaca bu aşamada kararın pratik sonuçları üzerinde çalışmalar yürütülmesi ön plana çıkmıştır.

Tarım ve ormancılık konulu müzakerelere ve kararlara bakıldığında son yıllarda her iki sektörün ön plana çıktığı görülebilir. 2012 yılında Katar'ın Doha kentinde gerçekleştirilen taraflar toplantısının ardından 2013 yılında Polonya'nın Varşova kentinde 19. Taraflar toplantısı gerçekleştirilmiş ve özellikle REDD+ ve Loss and Damage konularında kararlar alınmıştır. 2014 yılı taraflar toplantısının odak noktası ise 2020 sonrası iklim rejimini belirleyecek anlaşmanın taslağının hazırlanması olmuştur.

Peru'nun Lima kentinde yapılan taraflar toplantısının sonuçları şu şekilde özetlenebilir;

1- Gelişmekte olan ülkeler; genellikle azaltım kararını her ülkenin kendisine bırakmak yerine Kyoto benzeri bir mekanizma ile yol almayı, yani gereken azaltım düzeyini belirleyip ona göre taraf ülkelerden azaltım taahhüdü istemeyi önermektedir.

2- 2015 yılında verilen INDC'lerle (Intended Nationally Determined Contributions) ilgili son tarihte değişiklik yapılmıştır. Mevcut durumda Haziran 2015'e kadar kadar Türkiye'den de bir INDC beklenmektedir.

3- Türkiye'nin yeni iklim anlaşması ile ilgili müzakerelerde 2 önemli kozu bulunmaktadır:

a- Birincisi sera gazı salım ve tutum değerleri incelendiğinde Türkiye'nin en başarılı olduğu sektörün AKAKDO olduğunu görülmektedir. 1990-2012 yılları arasında Türkiye'nin toplam sera gazı salımı (AKAKDO sektörü çıkarıldığında) %230 civarında artış gösterirken, AKAKDO sektöründeki tutum miktarı 44.9'dan 60.8 Mton CO₂ eq'ya çıkmıştır. Bu %35.5'lik bir artışı ifade etmektedir. Bu artış tamamen Türkiye'nin bu sektördeki çabalarının sonucudur.

b- İkincisi Türkiye'deki düşük kişi başı salım oranıdır. Dünya Bankası verilerine göre Türkiye'nin 2010 yılı kişi başına sera gazı salım değeri 4.1 ton CO₂ eq olup 2007-2010 arasındaki dönemde bu değer civarında sabitlenmiştir. Oysaki diğer ülkelerin kişi başı salım değerleri çok daha yüksektir. Örneğin Çin'in yıllık 0.3-0.4 artış oranıyla kişi başı salımını 2010 yılında 6.2 ton CO₂ eq'ye çıkardığı görülmektedir. Türkiye, kişi başı sera gazı salımında Avrupa ülkelerinin en düşük değerine sahiptir.

BMİDÇS sürecinin iki ana eksenini azaltım ve uyum oluşturmaktadır. Tarım ve ormancılık sektörleri her iki ekseninde de yer bulmaktadır.

Tarım sektörü daha çok uyum, ormancılık ve arazi kullanım sektörü ise daha çok azaltım konularında gündeme gelmektedir.

Arazi kullanma sektörü (AKAKDO), Kyoto Protokolünde yeterince yer bulmamıştır. Gelişmiş ülkelere bir azaltım aracı olarak yaygın biçimde kullanılmakla beraber gelişmekte olan ülkelerdeki arazi kullanım emisyon ve tutumları Kyoto Protokolü (KP) içinde çok düşük seviyede dikkate alınmamıştır. Sadece CDM mekanizması kapsamında %1 düzeyinde kalan bir kapasite bu sektöre ayrılmıştır. Bu eksikliğin üzerine 2007 yılında Bali'de yapılan taraflar toplantısında (COP 13) REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation - Ormansızlaşmadan ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Emisyonların Azaltılması) adı verilen yeni bir mekanizma kabul edilmiştir. REDD mekanizması daha sonraki müzakere sürecinde sürdürülebilir orman yönetimini ve ormanlardaki karbon stoklarının korunmasını da kapsayacak şekilde REDD+ olarak daha da geliştirilmiştir. Polonya'da yapılan 2013 COP toplantısında üzerinde en çok durulan konulardan biridir ve bu toplantıda mekanizmanın işleyişi ile ilgili birçok karar alınmıştır. İlginç bir şekilde daha REDD+ mekanizmasının kuralları BMİDÇS kapsamında ortaya konulmadan önce dünyanın birçok bölgesinde REDD+ projeleri yapılmaya başlanmıştır. Özellikle Güney Amerika, Afrika ve Asya'da büyük bir proje pazarı ortaya çıkmış durumdadır. REDD+ projeleri sonuç odaklı projelerdir. Dolayısıyla bu projelerin sağlayacağı karbon tutum miktarı proje başarısını ifade etmektedir. Bu nedenle Cancun toplantısında REDD+ projelerinin yürütülmesi esnasında dikkate alınması gereken bazı konular ortaya konulmuştur.

Bunlardan bazıları şunlardır (www.BMİDÇS.org);

- Projelerin çevresel bütünlüğe (environmental integrity) zarar vermemesi orman, vb. ekosistemlerin çoklu faydalarının göz önüne alınması
- Ulusal kalkınma öncelikleri ile uyumlu olmaları
- Sürdürülebilir kalkınma amaç ve ihtiyaçları ile uyumlu olmaları
- İklim değişikliği ile mücadele ederken sürdürülebilir kalkınma ve yoksullukla da mücadeleye katkı sağlamaları
- Yürütüldüğü ülkenin iklim değişikliğine karşı uyum ihtiyaçlarına da cevap verebilmeleri
- Uygun finansal ve teknoloji destekleri sağlayarak kapasite geliştirmeye katkı sağlamaları
- Sonuç odaklı olmaları
- Sürdürülebilir orman yönetimini desteklemeleri

Bu konular kapsamında aşağıdaki koruyucu önlemlerin (safeguards) de projelerde dikkate alınması gerektiği karara bağlanmıştır:

Bu önlemlere göre (Bknz. www.BMİDÇS.org);

- Proje kapsamında gerçekleştirilecek faaliyetlerin uluslararası anlaşmalara ve ulusal ormancılık programlarıyla uyumlu olması gerekir
- Yasal ve idari koşulların dikkate alındığı şeffaf ve etkin ormancılık yönetim yapılanmalarının göz önünde bulundurulması gerekir
- Yerel toplumların bilgi ve haklarına ve bu kapsamda uluslararası kararlara saygı duyulması gerekir
- Özellikle yerel düzlemde tam ve etkin katılımının sağlanması gerekir
- Doğal ormanları ve biyoçeşitliliği korumaya yönelik çabalara destek verici nitelikte, ekosistem hizmetlerinin, çevresel ve sosyal faydaları hesaba katan yaklaşımlar geliştirilmelidir
- Geriye dönüş risklerini de hesaba katan faaliyetler düzenlemek gereklidir

Türkiye BMİDÇS kapsamı dışında da iklim değişikliği konusunda uluslararası sözleşme ve süreçlere destek vermektedir. Forest Europe ve BMOF (Birleşmiş Milletler Ormancılık Forumu) ormancılığa doğrudan etki eden uluslararası yapılarıdır. Türkiye, 2013 yılında BMOF'a, 2015 yılında da BMÇMS'a (Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi) ev sahipliği yapmıştır. Ankara Girişiminin amacı Sözleşmenin araçlarını ve uygulamaya dönük kaynaklarını kullanarak Arazi Tahribatının Dengelenmesi hedefine ulaşmaya yardımcı olmaktır. Girişim, Sekreteryanın Bonn ofisinden faaliyet gösterecektir ve Türkiye 2 kişiyi geçici olarak burada görevlendirecektir. Türkiye, Ankara Girişimi kapsamında 4 yıl için Sekreteryaya 5 milyon dolar katkı sağlayacaktır.

Ankara Girişiminin sosyo-ekonomik, kurumsal ve politik olmak üzere üç temel hedefi vardır:

- Sosyo-ekonomik etkenleri ele alarak, kişileri karar alma sürecinin merkezine konumlandırmak
- Kurumsal düzenlemeleri etkinleştirmek
- Entegre arazi kullanım planlamasını destekleyecek politika sürecini güçlendirmektir

Ayrıca OGM'nin aktif katılımı ile Rovaniemi Eylem Planı (REP), 2014 yılında hazırlanmıştır. REP küresel ölçekte UNECE bölgesinde yeşil ekonomiye geçişte ormancılık sektörünün rolünü tanımlayan bir eylem planıdır.

Planda 5 hedef belirlenmiştir;

- Orman ürünlerinin sürdürülebilir üretim ve tüketimi – Orman ürünlerinin üretim, tüketim ve ticaret süreçlerinin tamamen sürdürülebilir olması.
- Düşük karbonlu ormancılık sektörü – Ormancılık sektörünün iklim değişikliği ile mücadelede hem azaltım hem de uyum yönünden en yüksek katkıyı yapması.
- Ormancılık sektöründe daha iyi çevreci (yeşil) iş alanları – Ormancılık sektöründe iş alanlarının yeşil ve çevreci bir yönelimle genişletilmesi. Yeni iş alanlarının oluşturulması.
- Ekosistem hizmetlerinin uzun dönemli faydalanması – Üretim ve tüketimin sürdürülebilirliğini sağlayacak şekilde ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması ve fiyatlandırılması. Bunun için ekosistem hizmetlerinin planlama ve karar verme süreçlerine dâhil edilmesi.
- Yeşil ekonomi bağlamında ormancılık sektörünün politika geliştirme – Ormancılık politikalarına yön verecek şekilde veriler geliştirilmesi için iyi bir izleme sistemi şart. Bu sistem hem veri üretmeli hem de politik kararların etkinliğini değerlendirmeli.
- REP Hedeflerine ulaşılabilmesi için 2020 yılına kadar aşağıdaki prensiplerin uygulamaya konulmuş olması gerekmektedir. Ormancılık sektörü;
 - Atıklarını azaltarak, geri dönüştürerek ve yeniden kullanarak özellikle ormandan elde edilen tüm kaynaklarını akılcı ve ekonomik şekilde kullanmaktadır. Sadece sürdürülebilir üretime konu olduğu belgelenen orman ürünlerini kullanmaktadır
 - Ormanlarda ve orman ürünlerinde karbon tutarak ve yenilenebilir odun bazlı ürünleri ve yakıtları, yenilenemez ürün ve yakıtlarla ikame ederek iklim değişikliği ile mücadelede azaltım rolünü yerine getirmelidir
 - Orman işçilerinin iş güvenliği ve sağlığına önem verilmeli ve kadın erkek dengesinin sağlanarak iş gücünün geliştirilmesi gerekmektedir
 - Ormancılık eğitiminin sürekli gözden geçirilmesi ve geliştirilmesi sağlanmalıdır
 - Tüm dışsal faydaların, özellikle ekosistem hizmetlerinin, politika geliştirme sürecinde dikkate alınması gerekir
 - İdare anlayışı kanıt temelli karar verme sürecine dayandırılmalı ve sürdürülebilir orman idaresi şeffaflık ilkeleri doğrultusunda izlenmelidir
 - Yüksek değerde ürün ve hizmetler sunulmalıdır
 - Halkın ve özel sektörün aktif katılımını sağlanmalıdır

4.3

BMİDÇS'nin
AKAKDO
Kararları

BMİDÇS farklı oturumlarında AKAKDO sektörü raporlaması ile ilgili çeşitli kararlar almıştır. Bu kararlar ve içerikleri aşağıda özetlenmiştir;

Kyoto Protokolü (KP) Kapsamındaki Kararlar ise;

KP Madde 3, Paragraf 3

Kyoto Protokolü kapsamında azaltım taahhüdü veren Ek-B taraf ülkeleri Ağaçlandırma/Yeniden Ormanlaştırma/Ormansızlaşma (ARD) faaliyetlerinden ortaya çıkan salım ve tutumlarını yıllık sera gazı hesaplamalarına dâhil edeceklerdir. ARD faaliyetleri Madde 7 ve 8 e uygun biçimde şeffaf ve doğrulanabilir şekilde raporlanacaktır.

KP Madde 3, Paragraf 4

Her Ek-1 ülkesi SBSTA ya sunulmak üzere 1990 ve ardışık yıllara ait karbon stok tahmini ile ilgili verilerini sunacaktır. Bu süreçte SBSTA tarafından sağlanacak tavsiye kararları ile diğer (ARD dışındaki) tarım ve ormancılık faaliyetleri birinci ve takip eden KP dönemlerinde hesaplamalara katılabilir. Bu ek faaliyetler opsiyonel olacaktır, taraf ülkeler ek faaliyetleri hesaplamalarına katıp katmamayı seçeceklerdir.

7bis Maddesi (Düzeltilmiş 7. Madde)

İkinci KP taahhüt döneminde (2013-2020) Ek-1 ülkeleri için belirlenmiş salım miktarı (Assigned Amount) Ek-B tablosunun 3. Sütununda verilen yüzde değerinin Ek-A da yer alan 1990 veya seçilen baz yıl salımının çarpılması ile elde edilen miktardır.

Karar 16/CMP.1

AKAKDO uygulama kararlarını açıklayan 2005 tarihli KP birinci taraflar konferansı kararı.

Karar 2/CMP.6

Orman Yönetimi (FM) Referans Seviyelerini tanımlayan 2010 tarihli KP 6. Taraflar konferansı kararı. Ek-B ülkelerinin göndermiş oldukları referans seviyeleri de bu kararın altında verilmiştir.

4.4

KYOTO
PROTOKOLÜ
(KP)

Birleşmiş Milletlerin 1992 Rio Zirvesi'nde diğer küresel anlaşmalar ile beraber BMİDÇS'nin de kabul edilmesi ve yürürlüğe girmesinden sonra gelişmiş ülkelere daha ciddi bir sorumluluk ve hedef yüklemek amacıyla Kyoto Protokolü, 11 Aralık 1997 tarihinde Japonya'nın Kyoto Kentinde kabul edilmiştir. Protokolün genel yaklaşımı geçmişte ve halen sera gazı salım seviyesi yüksek olan taraf ülkelere uluslararası bağlayıcılığı olan azaltım hedefleri getirmektedir. Bu ülkeler sanayi devrimi süresince yani son 150 yıldır atmosferi kirletmekte, dolayısıyla bunun çözümünde sorumluluk almaları gerekmektedir. KP tümüyle BMİDÇS altında bir mekanizmadır ve paralel toplantılardan oluşan bir süreçte yürütülmüştür. Örneğin her yıl aralık ayında BMİDÇS taraflar toplantısı (COP) yapılırken aynı anda KP taraflar toplantıları (CMP) da yapılmıştır. Müzakere süreçleri de geçici çalışma grupları (Ad-Hoc Groups) oluşturularak gerçekleştirilmiştir.

KP 1997 yılında kabul edilmesine karşın, uygulama kuralları ayrıntılı olarak 2001 Marakeş-Fas taraflar toplantısında (COP7) "Marakesh Accords" adı altında kabul edilmiş, yürürlüğe girmesi ise 16 Şubat 2005'te olmuştur. Marakeş kararlarına göre ilk KP dönemi 2008-2012 arası 5 yıllık dönemi kapsamıştır.

Doha-Katar'da yapılan COP18-CMP8 oturumlarında KP'nin 2013-2020 arası ikinci dönemi "Doha Amendment to the Kyoto Protocol" kararı ile kabul edilmiştir. Bu karar KP2'nin KP1'e göre farklılaştığı, bir başka deyişle geliştiği bazı kuralları da içermektedir.

Bu değişiklikler kapsamında;

- Raporlanacak sera gazlarının listesi gözden geçirilmiş ve yenilenmiştir,
- Bazı hesaplama kuralları değiştirilmiştir. Örneğin Orman Yönetimi aktivitesinin raporlanması ve hesaba katılması zorunlu hale getirilmiş ve "Forest Management Reference Level" yöntemi uygulanmasına karar verilmiştir
- KP1 döneminde 37 sanayileşmiş ülke azaltım taahhüdü vermiş ve protokolün Ek-B listesinde yer almıştır. KP1 döneminde (2008-2012) azaltım oranı 1990 yılına göre %5 iken KP2 döneminde (2013-2020) %13'tür fakat ikinci döneme daha az sayıda ülke katılmıştır. Her iki dönemde de salımların karşılaştırıldığı baz yıl 1990'dır fakat bazı doğu blokundan geçmiş taraf ülkeler kendilerine daha fazla avantaj sağlayacak baz yıllar seçmişlerdir. Örneğin Romanya 1989, Slovenya 1986, Polonya 1988

İlk KP döneminde Ek-1 grubunda (azaltım yapması beklenen gelişmiş ülke grubu) olmasına karşın azaltım taahhüdü vermemiş olan ülkeler ABD, Türkiye, Malta ve Belarus'tur. ABD gayri resmi olarak %7 azaltım hedefi (1990'a göre) belirlemiş fakat bunu tutturamamıştır. ABD, Clinton başkanlığı döneminde KP'yi imzalanmış olmasına rağmen, ABD ekonomisine zarar verme riski nedeniyle onaylanmak üzere senatoya gönderilmemiştir. ABD senatosunda 1997 yılında alınan Byrd-Hagel kararına göre gelişmekte olan ülkelere de azaltım zorunluluğu getirmeyen ve ABD ekonomisine zarar verebilecek hiçbir uluslararası anlaşmanın ABD senatosuna kabul edilmesi mümkün değildir. Öte yandan 2011 yılında Kanada, Japonya ve Rusya azaltım hedeflerini tutturamayacaklarını görüp KP1'den çekilmişlerdir.

Küresel salımların az bir oranını ifade ediyor olsa da BMİDÇ sekreteryasına göre KP1 döneminde azaltım taahhüdü veren ülkelerin azaltım oranları ortalama %22.6 ile hedeflenen %5'in çok üzerinde olmuştur. Bu durum taahhüt veren taraf ülkelerin yapabilecekleri azaltımın çok daha az bir miktarını taahhüt ettiklerini ortaya koymaktadır. Öte yandan küresel salımların büyük kesiminden sorumlu Çin, ABD ve Hindistan'ı kapsamayan bir anlaşmanın ne denli başarılı olabileceği de tartışma konusudur. 2015 itibariyle Çin küresel salımların %23'ünü, ABD %14.7'sini, Hindistan ise %5'ni temsil etmektedir. Ülkemizin payı %1'in altındadır.

Kyoto Protokolü azaltım taahhüdü veren ülkelere hedeflerini tutturmaları için bazı mekanizmalar da getirmiştir. Bunlara esneklik mekanizmaları adı verilmektedir. Aşağıda bu mekanizmalara kısaca değinilmiştir. Ancak öncesinde her Ek-B ülkesinde (azaltım taahhüdü vermiş olan ülke grubu) izin verilebilir salım miktarlarının nasıl hesaplandığı üzerinde durulacaktır.

Her Ek-B ülkesinin bir salım kotası hesaplanmıştır. Buna Belirlenmiş Miktar Birimi³ (Assigned Amount Units: AAUs) adı verilmektedir. Bu hesaplanırken ülkenin temel yılı salımı ve azaltım taahhüt oranından yararlanılmaktadır. Ülke belirlenen AAU'ya eşit veya daha az salım yaparsa KP hedefini tutturmuş olmaktadır. AAU'nun hesaplanması ile ilgili bir örnek aşağıda verilmiştir. Bir ülkenin (Ek-B ülkesi) AAU miktarı ile salım miktarı arasında pozitif fark varsa (AAU>Toplam Salım) bu durumda Kyoto Protokolü Madde 17'ye göre ülke, fazla gelen AAU'sunu başka bir ülkeye satabilmekte, tam tersi durumda (AAU<Toplam Salım) da satın alabilmektedir. Bu da ortaya ticareti yapılabilecek yeni bir "değer" çıkarmış ve "karbon piyasası" adı altında yeni bir yapının oluşumunu sağlamıştır.

KP1 kapsamında AAU hesaplama örneği:

AAU hesaplanırken ülkenin baz yıldaki Ek-A salımlarının toplamı (AKAKDO sektörü hariç) Kyoto hedef yüzdesi ile çarpıldıktan sonra KP1 için 5, KP2 için 8 ile çarpılarak elde edilir (KP1 5 yıl, KP2 8 yıl süreceği için).

Macaristan'ın KP1 dönemi azaltım hedefi -%6, Norveç'in +%1 ise;

Macaristan baz yılı Ek-A salım toplamı 115.3 M ton CO₂ eq alınırsa;

Azaltım oranı;

= 1.00 - 0.06 = 0.94 hesaplanır;

= 115.3 x 0.94 x 5

= 542 M t CO₂ eq veya AAU hesaplanır.

Norveç baz yılı Ek-A salım toplamı 53.2 M ton CO₂ eq alınırsa;;

= 1.00 + 0.01 = 1.01 hesaplanır;

= 53.2 x 1.01 x 5

= 250 M t CO₂ eq veya AAU hesaplanır.

³ Bir ton CO₂ eşdeğeri 1 AAU'ye eşit kabul edilmektedir.

KP1 sona ermiş ve azaltım taahhüdü veren ülkelerin performansları ortaya çıkmıştır. AB ülkeleri İtalya hariç baz yıla göre %8 azaltım kolektif Kyoto hedefini tutturmuş hatta %11.8 ile bunun ötesine geçmiştir. Fakat bu azaltımın belli bir yüzdesinin (%30-50 arası) AB ekonomisindeki daralmadan kaynaklandığı ifade edilmektedir (EEA Technical report No 18/2014⁴). Diğer faktörler ise azalan enerji yoğunluğu ve yenilenebilir enerji payının artırılmasıdır.

Uluslararası Emisyon Ticareti (Int. Emission Trading veya ET)

Karbon ticaretinde AAU ya miktar olarak eşit fakat orjin ve özellik yönünden farklı birimler de ortaya çıkmıştır. Bunlar;

- AKAKDO projelerinden ortaya çıkan azaltım birimi (Removal Unit: RMU)
- Ortak Uygulama (JI) projelerinden ortaya çıkan azaltım birimleri (Emission Reduction Units: ERU)
- Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) projelerinden ortaya çıkan azaltım birimleri (Certified Emission Reduction Units: CER)

Tüm bu birimler ülkelerin Kyoto Protokolü kayıt sistemlerinde (registry) tutulmakta ve ülkeler arası transferleri de KP mekanizmalarınca (International Transaction Log: ITL) kontrol edilmektedir. Bir ülkenin fazla miktarda azaltım birimi satıp kendi hedefini tutturamaması söz konusu olmasın diye bir de “taahhüt dönemi rezervi” kavramı protokole konulmuştur. Buna göre her Ek-B ülkesi kayıt sisteminde belli bir RMU, ERU, CER veya AAU tutmak zorundadır. Bu miktar o ülke için taahhüt dönemi boyunca belirlenmiş miktarın (assigned amount) %90’ının veya son envanterindeki salım biriminin 5 katından (KP1 için 5, KP2 için 8) daha az olamaz (hangisi daha düşükse ona bakılır). Böylece önce ülkenin kendi hedefini tutturması eğer fazla azaltım birimi kalırsa bunu satabilmesi garanti edilmiştir. Fakat KP1 döneminde baz yılın 1990 (bazı ülkelerde daha farklı) olması komünist rejimden çıkan ve ekonomisi piyasa ekonomisine geçen birçok doğu bloku ülkeye avantaj sağlamıştır. Hatta ekonomisi geçiş sürecinde olan ülkelere sağlanan esneklik sayesinde yukarıda örnek verilen bazı Doğu Avrupa ülkeleri baz yıllarını 1988, 1989, vs. alarak bu avantajı daha da artırmıştır. Örneğin Polonya baz yıl olarak 1988’i seçmiştir ve zaten 1990’a geldiğinde yani 2 yıl içinde ağır sanayisinin çökmesi nedeniyle Polonya’nın salım miktarının %20 azalmış olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle eski teknoloji doğu bloku sanayisinin en yüksek salım yaptığı bir yılı baz almak suretiyle bu sanayinin çöküşüyle zaten gerçekleşecek azaltımı sanki iklim değişikliği ile mücadele ederek gerçekleşmiş gibi yansıtmaya olanağına sahip olmuştur. Hatta taahhüdünden fazla bir azaltım yapmış olacağı için fazla azaltım birimini satma imkânı da doğmuştur. Buna sıcak hava (hot air) adı verilmektedir.

⁴ EEA Technical report No 18/2014. Progress towards 2008–2012 Kyoto targets in Europe.

Diğer doğu blokundan geçiş ülkeleri de benzer stratejiler uygulamışlardır.

Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism veya CDM)

Gelişmiş ülkeler geliştirmekte olan ülkelerde gerçekleştirdikleri azaltım projeleriyle kazandıkları karbon kredilerini (CDM kapsamında 1 ton CO₂ eq 1 azaltım birimi (CER) kredisi adını almakta) Kyoto Protokolü azaltım hedeflerini tutturmakta kullanabilmektedirler. Bu mekanizmaya “Temiz Kalkınma Mekanizması” adı verilmektedir. CDM sayesinde hem geliştirmekte olan ülkelerdeki karbon çıktısı üretilen çevre projelerine finansal destek sağlanmakta hem de gelişmiş ülkelere azaltım hedeflerini tutturmada esneklik sağlanmış olmaktadır. Ayrıca her azaltım birimi (CER) için alınan %2 lik vergi de Adaptasyon Fonu’nun finansmanında kullanılmaktadır. CDM mekanizması Adaptasyon Fonu’nun başlıca finansal kaynağı konumundadır. CDM projelerinde 7 aşama söz konusudur⁵;

Proje tasarımı: Proje tasarım dokümanının (CDM-PPD) doldurulması, projesiz durum ve izleme metodunun ortaya konulması ve daha önceden kabul edilmiş bir metodolojinin kullanımı.

Ulusal otoritenin kabul beyanı: Projenin yapılacağı ülkedeki Atanmış Ulusal Otoriteden (Designated

National Authority: DNA) kabul beyan mektubu sağlanmalıdır. Bu mektupta ülkenin Kyoto Protokolünü onayladığı, ilgili projede gönüllü olarak yer alacağı ve projenin gerçekleştirileceği ülkede sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayacağı ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Projenin onaylanması: Proje dökümanı akredite olmuş tarafsız bir kurumca onaylanır.

Kayıt: Onaylanan proje CDM Yürütme Kuruluna kayıt edilmek üzere gönderilir.

İzleme: İzlemeden sorumlu kuruluşca proje emisyonları kabul edilen metodolojiye uygun biçimde izlenir.

Doğrulama: Doğrulayıcı kurum tarafından metodolojiye uygun biçimde projede hedeflenen emisyon azaltımının gerçekleştiği doğrulanır.

CER Kredisi sağlanması: CDM Yürütme Kurulunca inceleme sonrası proje için CER azaltım kredisi sağlanır.

Ortak Uygulama (Joint Implementation veya JI)

Ortak Uygulama Kyoto Protokolünün 6. Maddesi ile tanımlanmış, bir Ek-B ülkesinin (azaltım taahhüdü olan ülke grubu) diğer bir Ek-B ülkesinde azaltım veya tutum projesi gerçekleştirerek azaltım birimi (ERU) kazanmasını sağlayan mekanizmadır. Sadece Ek-B ülkeleri arasında yapılabildiğinden Türkiye’yi yakından ilgilendiren bir proje şekli değildir. Bazı ayrıntılı koşulları söz konusudur, örneğin projelerin 2000 yılından sonra başlamış olması veya 2008 sonrası kredi kazanımı hesaplanması gerekir.

⁵ <https://cdm.BMİDÇS.int/Projects/diagram.html>

4.5

PARIS
İKLİM
ANLAŞMASI

Paris İklim Anlaşması; 2100 yılı için ısınma miktarını sanayi devrimi öncesi seviyesinin 2°C üzerine çıkmadan durdurmayı, 2050 sonrasında ise netsalımı sıfırlamayı (salım=tutum) hedefleyen ve önümüzdeki on yıllar süresince küresel boyutta iklim değişikliği ile mücadeleyi yürütecek ana mekanizmadır. Anlaşmaya göre 1.5°C civarı bir seviyeye ulaşılması hedeflenmiştir fakat bu hedefi gerçekleştirmek olası görünmemektedir. Mevcut durumda ısınma 1880 yılına göre 0.85°C ve yüzyıl sonunda 3.0-3.5 °C' ye ulaşacak şekilde artmaktadır.

Anlaşmanın müzakereleri süresince, gelişmekte olan ülkeler 1.5 dereceyi ısrar etmiş, gelişmiş ülkeler tarafı ise 2 dereceyi savunmuştur. Bu iki farklı derece tartışmasının gerekçesi ülkelere istenecek azaltım miktarının seviyesiyle ilgilidir. Eğer doğrudan 1.5 derece hedeflenseydi gelişmiş ülkelere daha fazla bir azaltım istenecekti. Dolayısıyla yeni anlaşma önemli bir başarı olmasına karşın, iklim değişikliğinin etkilerine doğrudan maruz kalan, özellikle deniz seviyesine yakın bazı ada ülkeleri için çok yeterli sayılmamaktadır.

2015 yılında kabul edilen Paris Anlaşması 2016'da yürürlüğe girmiştir.

Anlaşma mekanizması şu şekilde özetlenebilir; gelişmiş veya gelişmekte olan her taraf ülke "azaltım katkısı" adında bir hedef sunacak ve 5 yılda bir bu hedefini güncelleyecektir. Bu arada yenilenen her azaltım katkı hedefi bir öncekinden daha güçlü bir azaltımı ifade ediyor olacaktır. Hedeflenen azaltım miktarı tutturulmak zorundadır; aksi takdirde yaptırım uygulanacaktır. Buna kısaca yasal bağlayıcılık denmektedir. Henüz bu yasal bağlayıcılığın ne olduğu belli değildir.

Anlaşma 12 sayfalık kısa bir metin. Çoğu ayrıntı önümüzdeki yıllarda yapılacak toplantılarda belirginleşecektir. Anlaşma sonrası kurulan Paris Anlaşması Geçici Çalışma Grubu (APA) bundan sonraki süreci yönlendirecektir. Ayrıca 2018'de bir durum değerlendirmesi raporu hazırlanacak ve hedeflere yaklaşıp yaklaşmadığı ortaya konulacaktır.

Anlaşmanın çok detay içermemesi ve zaman içinde geliştirilecek olması biraz hayal kırıklığı yaratmıştır çünkü gelişmekte olan ülkeler daha net ve ayrıntılı bir anlaşma beklemekteydiler. Daha önceki bağlayıcı anlaşma olan Kyoto Protokolünde (2008-2020) sadece gelişmiş ülkeler içinde az sayıda ülkenin azaltım hedefi vardı. Paris anlaşmasında ise tüm taraf ülkeler azaltıma "özel koşulları" çerçevesinde katkı yapacak. Gelişmekte olan ülkeler azaltım hedeflerine ulaşmak üzere finansal, teknoloji transferi ve kapasite geliştirme desteği alacaklar. Bu desteğin en önemlisi 2020 de 100 milyar dolar/yıl' a ulaşması hedeflenen Yeşil İklim Fonu. Bu fonun mekanizması daha önce kurulmuştu. 2020 sonrası hemen tüm proje fonlamaları Yeşil İklim Fonu üzerinde olacak. Ayrıca GEF'e (Global Environmental Facility) önemli yetki ve sorumluluk yüklenmiş durumda.

Anlaşmada ormanlara da önemli yer ayrılmış durumdadır. Beşinci maddede bu konuda çok açık ifadeler yer almaktadır:

Madde 5

1. Taraf ülkeler Sözleşmenin Bölüm 4, Paragraf 1(d) sinde belirtildiği üzere ormanlar dahil tüm yutak ve rezervurları korumalı ve artırmalıdır.

2. Taraf ülkeler sonuç odaklı ödemeler dahil olmak üzere Sözleşme altında kabul edilmiş mevcut çerçeve kapsamında gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşmanın ve orman bozulmasının önlenmesi aktiviteleri ve ormanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi ve karbon stoklarının artırılması (REDD+), ve sürdürülebilir alternatif politik yaklaşımların hayata geçirilmesi için karbon dışı faydaların da dikkate alınacağı ortak entegre azaltım ve uyum yaklaşımlarını uygulama ve desteklemeye çağırılmaktadır.

Türkiye sera gazı salımları en hızlı artan Ek-1 ülkesidir. Yani gelişmiş ülkeler arasında yer almaktadır. Enerji sektörü ana salım kaynağı konumundadır ve hızla artmaktadır. INDC hedefi olarak 2030 yılını alan bir azaltım katkısı sunulmuş durumda. Mevcut koşullarda 2030 yılında salım değeri 1 milyon 175 bin ton seviyesine çıkmış olacak fakat Türkiye bu azaltım hedefiyle kendi iç kaynakları yanında uluslararası destekle (özellikle Yeşil İklim Fonu) mevcut artış trendini düşürüp 2030 yılında olması gereken değer %21 altına yani 929 milyon tona ulaşacağını ifade etmektedir. Bu da 246 milyon ton azaltım anlamına geliyor. Bu azaltım hedefi birçok çevrelerce eleştiri konusu olmakta, Türkiye'nin çok daha fazlasını yapabileceği ifade edilmektedir. Fakat altı çizilmesi gereken nokta, müzakere masasında en alttan başlamak ve diğerlerinin ne yapacağını görmek de stratejik bir yaklaşımdır.

Anlaşmaya taraf olduğunda bu durum Türkiye'ye ne getirecek ne götürecektir diye bakıldığında; bir kere uyumlu yeni yasaların ve mekanizmaların ortaya çıkması gerektiği kesin çünkü yasal bağlayıcı bir anlaşmadan söz ediyoruz. Türkiye bugüne dek İklim Değişikliği ile Mücadele kapsamında yasal bağlayıcılığı olan bir anlaşmada azaltım taahhüdü almamıştır. Birleşmiş Milletlere gönderdiği bildirimler sadece bilgi anlamında ele alındığından yasal mekanizmalarla azaltımını artırma yoluna gitmemiştir. Genellikle azaltımın iki temel mekanizması vardır: (1) Piyasa ve (2) Vergi. Türkiye anlaşmaya taraf olursa bunlardan birini veya her ikisini de tercih ederek kendi iç piyasasında her sektörde sera gazı salımlarına çeki düzen verme yoluna gitmelidir. Dışarıda da GEF ve Yeşil İklim Fonlarından yararlanmak için müzakeresini ciddi şekilde devam ettirmelidir.

En önemlisi de Türkiye orman ve benzeri ekosistemlerini koruyarak tutum kapasitesini artırmalıdır. Çünkü ormanlar sayesinde tutulan karbonun artırılması da sanayi sektöründe salımın azaltılması da azaltım mekanizmaları gibi görünse de aslında aralarında büyük fark vardır. Ormanlar karbonu tutmanın yanında su üretimi, biyoçeşitlilik, yaban hayatı gibi birçok hizmeti insanlara sunmaktadırlar.

5.

IPCC RAPORLAMA STANDARTLARI

BMİDÇS'nin 4 ve 12. Maddeleri taraf ülkelerin sözleşmeyi uygulama süreçlerini ortaya koymaları için bildirim yapmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu bildirimlerin nihai hedefi sözleşmenin karar alma organı olan COP yani taraflar toplantılarını iklim değişikliği ile mücadele sürecinde bilgilendirmektir. Diğer hedefler ise diğer taraf ülkelerle bilgi ve tecrübe paylaşımıdır. Bu kapsamda taraf ülkeler BMİDÇS sekreteryasına;

- Sera gazı salımlarının yıllık envanter bildirimini
- Sözleşme kapsamındaki sera gazı azaltım hedeflerini tutturmak için ortaya koymuş olduğu politika ve önlemleri
- Bu politika ve önlemlerin raporlamayı yapan taraf ülkenin sera gazı salımları üzerindeki tahmini etkilerini farklı bildirim çeşitleri ile sunmaktadır.

Türkiye'nin de dâhil olduğu Ek-1 grubu ülkeler BMİDÇS kapsamında 3 tip bildirimde bulunmaktadır;

- Yıllık Sera Gazı Envanter Raporu ve tabloları (NIR ve CRF)
- İki yılda bir hazırlanan Bienal raporlar ve tabloları (BR ve CTF) ve
- Dört yılda bir hazırlanan Ulusal Bildirimler (UB)

Ek-1 dışı ülkeler ise,

İki yılda bir Bienal Güncelleme Raporu (BGR) ve dört yılda bir Ulusal Bildirim (UB)⁶ sunmaktadırlar. Ek-1 dışı ülkeler (gelişmekte olan taraf ülkeler) sera gazı envanterlerini ayrı bir raporlama şeklinde değil BGR ve UB kapsamında raporlamaktadırlar. Ek-1 dışı ülkelerin raporlamaya konu olması ilk kez 2002 yılındaki taraflar toplantısında 17/CP.8 Ulusal Bildirim hazırlama kılavuzu kararıyla olmuştur. Bu kılavuz daha sonra Bienal Güncelleme Raporları (BGR) kılavuzuna da altlık oluşturmuştur (2011 Durban Platformu). Gelişmekte olan ülkelerle ilgili MRV karar ve süreçleri de bu kararla başlamıştır. COP 13'teki Bali Eylem Planı 1/CP.13 kararı ile gelişmekte olan ülkelerin raporlamaları da gözden geçirmeye ve MRV sürecine konu olmuştur. Bu da ICA (International Consultation and Analysis) süreci ile gerçekleştirilmektedir. Bali Eylem Planında NAMA süreci de müzakerelere dâhil olmuştur. 2009'daki Kopenhag toplantısı sonrasında da gelişmekte olan ülkeler NAMA'larını BMİDÇS sekreteryasına yollamaya başlamışlardır. BGR ve ICA süreçleri ile ilgili kararla bu yıldan sonra (Cancun Kararları, Durban Platformu) çıkmış ve ilk BGR'ların 2014 sonu gerçekleşmesi kararlaştırılmıştır. BUR Kılavuzu ve ICA süreci kılavuzları 2011 Durban toplantısında karara başlanmıştır.

Ek-1 dışı ülkelerin BUR'larının ICA'ya konu olmasının nedeni ulusal ve uluslararası azaltım faaliyetlerinin

⁶ Gelişmekte olan taraf ülkelerin ulusal bildirim kılavuzu Ek-1 ülkelerinden farklıdır ve 17/CP.8 kararının ekinde yer almaktadır. Ek-1 dışı ülkelerin 4 yılda bir Ulusal Bildirim hazırlamaları Cancun COP toplantısı 1/CP.16 para.60 kararı ile olmuştur. Yine E-1 dışı ülkelerin sera gazı envanteri ve azaltım faaliyetlerini de içerecek şekilde BGR göndermeleri bu kararla ortaya çıkmıştır. Aynı kararın 63. paragrafında da BUR raporlarının Uluslararası Danışma ve Analize (ICA: International Consultation and Analysis) konu olacağı yer almıştır.

şeffaflığının sağlanması yani uluslararası tarafsız gözden geçirmeye konu olmasıdır. Bunun için ulusal bir MRV sistemi kurulması ve işletilmesi öngörülmektedir. COP 19'da bu MRV sürecine ana bileşenler eklenmiştir. Bunlar;

- ICA için teknik uzman ekiplerinin (Team of Technical Experts: TTE) oluşturulması
- Ulusal MRV yapılarının oluşturulma kılavuzu
- REDD+ için Varşova çerçevesi

Ek-1 ülkeleri raporlamalarının gözden geçirilmesi ile ilgili kurallar "Guidelines for technical review of information reported under the Convention related to greenhouse gas inventories, biennial reports and national communications by Parties included in Annex I to the Convention" de verilmiştir⁷.

Bu gözden geçirme kılavuzu 5 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; a) Kılavuzun içeriği, b) Genel Yaklaşım, c) Sera Gazı Envanteri Gözden Geçirme Süreci, d) BR Gözden Geçirme Süreci, e) UB Gözden Geçirme Süreci'dir.

Ek-1 ülkeleri raporlamaları ERT (Uzman Gözden Geçirme Ekipleri) 2 şekilde gerçekleştirilmektedir; merkezi veya ülke içi (in country).

Ek-1 dışı ülkeler ise farklı raporlama kurallarına haiz olmakla beraber UB ve Biental Güncelleme Raporu (BGR) göndermek zorundadırlar.

⁷ http://BMİDÇS.int/tools/ncbr_training_files/course_1/lesson_1/08_review_gls_new-2.pdf

5.1

SERA GAZI
ENVANTER
RAPORU

BMİDÇS'ne taraf ülkeler her yıl ulusal sera gazı envanter raporlarını Birleşmiş Milletler Sekreteryasına sunmak zorundadır. Ülkemizin de dâhil olduğu Ek-1 ülkeleri 4 sektörde sera gazı salımlarını hesaplamakta sadece AFOLU sektöründe ise hem salım hem de tutumları hesaplamaktadır. Bu sektörler;

- Enerji
- Endüstriyel İşlemler
- Tarım
- Atık
- AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık)

Yıllık Sera Gazı Envanter raporlaması BMİDÇS'nin 24/CP.19⁸ kararı çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Bu kararda geçen bazı önemli noktalar şunlardır;

- Sera gazı envanter raporları TACCC prensipleri ile uyumlu olmalıdır
- Sera gazı envanter raporlarının hazırlanmasında doğru zamanda gönderim de önemli bir husus olarak dikkate alınmalıdır. Her bildirim NIR raporu ve CRF tablolarından oluşur
- Envanter hesaplama ve tahminde baz yıl 1990 olarak alınmalıdır. Geçiş ekonomisi ülkeleri baz yılı daha farklı olabilir
- Hesaplama ve raporlamalarda IPCC 2006 kılavuzu ve IPCC Wetlands Supplement 2013 kullanılmalıdır
- Şeffaf biçimde açıklanmak ve bilimsel temele dayanmak kaydıyla Ek-1 ülkeleri kendi metodlarını kullanma serbestiyetine sahiptirler
- Anahtar kategori olarak belirlenen kategorilerde ülkeler IPCC 2006 da yer alan karar ağaçları (decision trees) tarafından önerilen yöntemi kullanmalıdırlar. Aksi halde bu durumu açıklamaları beklenir
- Hesaplamalarda mümkün olduğu ölçüde ulusal emisyon faktörü (EF) ve aktivite verisi (AD) kullanılmalıdır. Eğer ulusal veriler yeterli değilse EF veritabanı (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>) kullanılabilir. Bu durumda EF veritabanından alınan EF değerlerinin ulusal koşullara uygun olduğu ve kullanılmalarının IPCC 2006 kılavuzu geçerli (default) değerlerine göre daha uygun olacağı konusu açıklanmalıdır. Hesaplamalarda nihai hedef Seviye-3 olmalıdır
- Tüm yutak ve salım kategorileri için belirsizlik hesaplaması en azından birinci yaklaşım ile yapılmalıdır. Bu yapılırken de en azından baz ve son raporlama yılı ile bu yıllar arasındaki yönelimin belirsizliği hesaplanmalıdır. Ayrıca NIR Raporunda, başta anahtar kategoriler olmak üzere, veri belirsizliğinin nedenleri ve seviyesi de açıklanmalıdır
- Tutarlılık, hassasiyet ve bütünlüğü korumak kaydıyla yaklaşım veya yöntem değişikliklerinde yeniden hesaplama yapılmalıdır
- Bazı durumlarda geçmişe ait aktivite verileri bazı yıllar için eksik olabilir. Bu durumlarda eksik veriler IPCC 2006 da verilen yöntemlerle tamamlanabilir
- Envanter hesaplamalarının tümü kalite kontrol ve kalite güvencesinden (QA/QC) geçirilmelidir

⁸ http://www.ciesin.columbia.edu/repository/entri/docs/cop/FCCC_COP19_dec24.pdf

Mevcut yılın ulusal sera gazı envanteri 2 yıl sonra Nisan ayında raporlanmaktadır. Yani 2017 yılı envanteri 2019 yılının Nisan ayında Birleşmiş Milletlere gönderilecektir. Aylar süren bir gözden geçirme sürecinden sonra gerekli düzeltmeler yapılarak kabul edilecektir. Gözden geçirme işlemi Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen “uzman havuzundan” belirlenen kişilerce yapılmaktadır. Bu gözden geçirme ekiplerine ERT (Uzman Gözden Geçirme Ekibi) adı verilmekte ve ekipler her sene Eylül-Ekim aylarında bir araya gelerek Ek-1 ülkelerinin sera gazı envanterlerini gözden geçirmektedir. Bu gözden geçirme öncesinde envanterler Birleşmiş Milletler Sekreteriyasında eksiklik ve kaba hatalar yönünden değerlendirilmektedir ve bir rapor hazırlanarak hem taraf ülkeye hem de envanteri gözden geçirecek ekibe ulaştırılmaktadır. Bu rapora Sentez ve Değerlendirme Raporu (Synthesis and Assessment Report, S&A Report) adı verilmektedir. Gözden geçirme süreci oldukça şeffaf gerçekleştirilmektedir.

Kyoto Protokolüne (KP) taraf Ek-1 ülkeleri yani bir diğer deyişle KP'nin Ek-B sinde yer alan taraf ülkeler ulusal sera gazı envanterine ek olarak bir de KP envanteri sunmaktadırlar. KP envanterinde yapılan hata veya yanlışların parasal cezası bulunmaktadır.

Yıllık olarak BM sekreteriyasına gönderilen ulusal sera gazı envanteri (NIR) beraberinde gönderilen CRF (Common Reporting Format) tabloları ile uyumlu olmalıdır. CRF tabloları yukarıda ifade edilen sektörlerde hesaplanan salım ve tutumların yer aldığı tablolardır. CRF tablolarından AFOLU sektörü açısından öneme sahip olanları aşağıdadır;

- 3s1 ve 3s2 Tarım sektörü özet tablosu
- 3A Enterik fermentasyon (CH₄ salımları)
- 3Ba (s1) ve (s2) Hayvansal atık yönetimi (CH₄ salımları)
- 3Bb Hayvansal atık yönetimi (N₂O salımları)
- 3C Çeltik üretimi (CH₄ salımları)
- 3D (s1) ve (s2) Tarım topraklarından salımlar (N₂O salımları)
- 3E Mera ve benzeri ekosistemlerde kontrollü yakma (CH₄ ve N₂O salımları)
- 3F Tarımsal atıkların arazide yakılması (CH₄ ve N₂O salımları)
- 3G-I Kireç, üre ve karbon içerikli gübrelerle yapılan uygulamalar sonucu gerçekleşen salımlar (CO₂ salımları)
- 4 nolu tablo arazi kullanımı arazi kullanım değişikliği ve ormancılık sektörü özet tablosu
- 4A orman alanları için salım ve tutum hesaplarının yer aldığı (CO₂ salımları)
- 4B tarım alanları için salım ve tutum hesaplarının yer aldığı (CO₂ salımları)
- 4C mera alanları için salım ve tutum hesaplarının yer aldığı (CO₂ salımları)
- 4D sulak alanlar için salım ve tutum hesaplarının yer aldığı (CO₂ salımları)
- 4E yerleşimler için salım ve tutum hesaplarının yer aldığı (CO₂ salımları)
- 4F Diğer alanlar için salım ve tutum hesaplarının yer aldığı (CO₂ salımları)
- 4 (I) Gübreleme yapılıyorsa bunun sonucunda hesaplanan N₂O salımlarının hesaplandığı ve raporlandığı
- 4 (II) Toprak ve sulak alanların drenajı sonucu ortaya çıkan CO₂ dışı sera gazlarının salımlarının hesaplandığı ve raporlandığı

- 4 (III) Arazi kullanım değişikliği nedeniyle (başta tarıma dönüşüm) doğrudan gerçekleşen N₂O salımlarının hesaplandığı ve raporlandığı
- 4 (IV) Arazi kullanım değişikliği nedeniyle (başta tarıma dönüşüm) dolaylı gerçekleşen N₂O salımlarının hesaplandığı ve raporlandığı
- 4 (V) Tüm arazi kullanımlarında biyokütle yakılması sonucu gerçekleşen seragazi salımlarının (CO₂, CH₄ ve N₂O salımları)
- 4Gs Odun ürünlerinin (CO₂ salımları) hesaplandığı ve raporlandığı

Tablo açıklamalarından da görüleceği gibi 3 numaralı tablolar Tarım sektörü hesaplamalarının yer aldığı tablolar, 4 numaralı tablolarsa Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılığın yer aldığı tablolardır. Tarım arazilerinden gerçekleşen CO₂ salımları 4 nolu tablolarda yani Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık sektöründe CO₂ dışı gazlarsa Tarım sektöründe yer almaktadır.

Yıllık sera gazı envanter rapor ve CRF tablolarına birleşmiş milletlerin bu konudaki web sayfasından ulaşılabilir;

http://BMİDÇS.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php

Ülkemizin de içinde yer aldığı Ek-1 ülkeleri yıllık sera gazı envanter raporu (NIR) ve CRF tablolarının yer aldığı yıllık bildirimlerine ek olarak birkaç yılda bir (genellikle 4 yıl) "ulusal bildirim" raporlaması yapmaktadırlar. Bugüne dek yapılmış bildirimler için;

http://BMİDÇS.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/7742.php

Ulusal bildirim Ek-1 dışı ülkelerce de hazırlanmakta ve sekreteryaya iletilmektedir. Bugüne dek gönderilmiş Ek-1 dışı ülkelere ait ulusal bildirimlere

http://BMİDÇS.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php

sayfasından ulaşılabilir. Ulusal bildirimlerde ulusal koşullar, kırılgenlik analizleri, finansal kaynaklar, teknoloji transferi, eğitim, kapsite geliştirme, kamuoyu bilinçlendirme, politika ve önlemlerle ilgili gerçekleştirilen çalışmalara yer verilmektedir. Ayrıca yıllık sera gazı envanterlerinin durumu ve iyileştirme çalışmaları da ulusal bildirimlerde yer almaktadır.

Ulusal bildirim ve yıllık raporlamalar ile ilgili SBSTA'nın açıklayıcı kılavuzuna (FCCC/SBSTA/2006/9)

<http://BMİDÇS.int/resource/docs/2006/sbsta/eng/09.pdf>

web adresinden ulaşılabilir.

BMİDÇS kapsamında yapılacak sera gazı hesaplama ve raporlamaları için IPCC tarafından kılavuzlar geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Arazi kullanma sektöründeki ilk kılavuz 1996 yılında yayınlanan "AKAKDO"dur. Bunu 2003 yılında yayınlanan GPG-AKAKDO (Good Practice Guidance for Land Use, land Use Change and Forestry) izlemiştir. Son olarak 2006 da kabul edilen AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Uses) kılavuzu 2015 yılından itibaren kullanılmaya başlanacaktır. Arazi kullanma sektöründe kılavuzların sürekli güncellenmesi gerekmektedir çünkü her kılavuzda birçok geliştirilmesi gereken eksik yön ve tutarsızlık bulunmaktadır. Sektörün doğası gereği yeni bulgu ve araştırma sonuçları ortaya çıkmakta bunların da kılavuzlara dahil edilmesi gerekmektedir.

Herhangi bir IPCC kılavuzunun hazırlık süreci şu şekilde gerçekleşmektedir: (1) IPCC taraf ülkelere yazı göndermekte ve geliştirilecek sektör için uzman ismi istemektedir; (2) Taraf ülkeler bu isimleri IPCC ye ulaştırmakta, IPCC ise bu listeden uzmanları seçmektedir. Uzman seçiminde gelişmiş ülkelerle gelişmekte olan ülkeler arasında bir denge oluşmasına gayret edilmektedir; (3) Seçilen uzmanlar belli bir süre zarfında bir iş programı kapsamında yeni bir kılavuz hazırlamakta veya mevcut bir kılavuzu güncellemektedir. Bunu yaparken de genel olarak izlenen yol en son yayınlanmış bilimsel bulguları bir araya getirerek tablolar oluşturmak ve bu tablolar yardımıyla basit, anlaşılabilir ve pratik denklem ve katsayılar geliştirmektir. Zira envanteri yapan kişiler her zaman bilim insanı olmayabilir ve İngilizce bilgileri üst düzeyde olmayabilir.

Kısaca özetlemek gerekirse kılavuz hazırlama görevi BMİDÇS tarafından istenen, IPCC tarafından koordine edilen ve tarafsız bilim insanlarının yürütülen bir süreç olup yeni bilimsel bulgular ışığında birkaç yılda bir yinelenen bir işlemdir. Yeni kılavuz hazırlandığında ne zaman kullanıma geçeceği ise yine BMİDÇS tarafından belirlenir.

Arazi kullanım sektörlerinde bugüne dek hazırlanan ve yayınlanan kılavuzlarda çözülemeyen temel konulardan biri arazi kullanma tiplerinin birbirleriyle çakışmasıdır. Bu konuda net bazı çizgiler sunulamıyor olması envanter sürecinde tutarsızlıklara yol açabilmektedir. Örneğin, bir turbalık üzerinde yer alan orman alanının hangi arazi kullanım tipine kabul edileceği gibi. Bu tip sorunları ortadan kaldırmak için envanter içinde en başta arazi kullanım tiplerinin tanımlanması istenir. Örneğin orman alanlarının, tarım alanlarının vb. tanımlanması gibi.

Kyoto Protokolü kapsamında azaltım taahhüdü olan ülkeler her yıl hem sözleşme gereği olan raporlarını (NIR ve CRF tabloları) hem de KP kapsamındaki Kyoto Muhasebelerini (Accounting) sekreteryaya sunarlar.

5.2

İKİ YILLIK
RAPOR –
BIENAL
RAPOR (BR)

Bienal raporlama kılavuzu 16. Taraflar Toplantısında kabul edilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Ulusal Bildirimler (UB) iklim değişikliği ile mücadelede raporlama yapan ülkenin tüm çabalarını yansıtırken, BR sadece 2 temel noktaya odaklanmakta ve bunların güncel takibini (2 yılda bir) gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. İlgili Ek-1 ülkesiyle ilgili odaklanılan bu iki nokta aşağıda yer almaktadır:

- Emisyon azaltımına yönelik ilerleme durumu ve bununla ilgili azaltım faaliyetleri
- Gelişmekte olan ülkelere sağlanan finansal destekler, teknoloji transferi desteği ve kapasite artırımına yönelik destekler

BR şu kısımlardan oluşmaktadır;

- Sera gazı emisyon ve trendleri ile ilgili bilgi
- Sayısal emisyon azaltım hedefi
- Sayısal emisyon azaltım hedefine yönelik ilerleme
- Azaltım faaliyetleri ve etkileri
- Emisyon azaltım ve tutum tahminleri yanında piyasa mekanizması ve AKAKDO sektörü kapsamında azaltım birimi kullanımları
- Sera gazı projeksiyonları
- Gelişmekte olan ülkelere sağladığı finansal, teknoloji transferi ve kapasite artırımına yönelik destekler

BR ile paralel sunulan CTF (Ortak Tablo Format) tabloları ise aşağıda verilmiştir;

Tablo 1. Emisyon trendleri özeti

Tablo 2. Sayısal azaltım hedefi tanımlama tabloları (a-f)

Tablo 3. Sayısal azaltım hedefine yönelik ilerleme: azaltım faaliyetleri ve etkileri

Tablo 4. İlerlemelerle ilgili raporlar (a ve b)

Tablo 5. Projeksiyon analizinde kullanılan temel varsayım ve değişkenlerle ilgili özet

Tablo 6. Güncellenen sera gazı projeksiyonları ile ilgili bilgi (a-c)

Tablo 7. Sağlanan finansal destekler (a ve b)

Tablo 8. Sağlanan teknoloji geliştirme ve transfer destekleri

Tablo 9. Sağlanan kapasite geliştirme desteği

⁹ http://BMİDÇS.int/tools/ncbr_training_files/course_1/intro/03_07_cp17_2_report_gls_pg_31_35.pdf

5.3

ULUSAL
BİLDİRİM (UB)

Ulusal bildirim en genel anlamda BMİDÇS taraf tüm ülkelerin (Ek-1 veya Ek-1 dışı) gerçekleştirmek oldukları bir raporlama tipidir. Dört yılda bir gerçekleştirilmekte ve taraf ülkenin İklim değişikliği ile mücadeledeki tüm çabalarını ve faaliyetlerini kapsamaktadır. Ülkemiz gibi BMİDÇS kapsamında raporlama yapan taraf ülkeler için UB'de yer alan kısımlar şunlardır;

- Sera gazı salım ve tutumları ile ilgili ülkeye özgü koşullar
- Sera gazı envanteri ile ilgili bilgi
- Politika ve önlemler
- Projeksiyonlar ve azaltım politika/önlemlerinin toplam etkisi
- Kırılganlık değerlendirmesi, iklim değişikliği etkileri ve uyumla ilgili önlemler
- Finansal, teknoloji transferi ve kapasite artım destekleri
- Araştırma ve sistematik gözlem
- Eğitim, öğretim ve farkındalık

Kyoto Protokolü (KP) kapsamında azaltım taahhüdü olan ülkeler (Ek-B) bunlara ek olarak aşağıdaki kısımları da UB kapsamında sunmaktadır. Ayrıca KP ile ilgili tüm gözden geçirme raporları Uyumluluk Komitesine (Compliance Committee) sunulmaktadır. Eğer gözden geçirme raporlarında bir sorun (question of implementation) saptanmışsa, Uyumluluk Komitesi, raporu ya Kolaylaştırma ya da Uygulama Şubesine gönderir.

- Ulusal sera gazı envanter sistemi
- Ulusal kayıt sistemi (National Registry)
- Ulusal azaltım çabalarına KP mekanizmalarının katkısı
- KP Madde 2 kapsamındaki politika ve önlemler
- Ulusal ve bölgesel yasal düzenlemeler yanında zorlayıcı ve yönetsel prosedürler
- KP Madde 10 kapsamında teknoloji transferi, kapasite geliştirme, araştırma ve işbirliği faaliyetleri
- Gelişmekte olan taraf ülkeler finansal destek

UB hazırlama kılavuzunda tablolar da sunulmaktadır. Bu tablolar;

Tablo 1. Politika ve önlemlerin sektörel dağılımı

Tablo 2. Projeksiyon analizinde temel varsayım ve değişkenlerin özeti

Tablo 3. Küresel Çevre Fonuna (GEF) yapılan finansal katkı

Tablo 4. Uluslararası kurum ve programlara yapılan finansal katkı

Tablo 5. Sözleşmenin uygulanması ile ilişkili olarak ikili ve bölgesel düzeyde finansal katkılar

Tablo 6. Çevre teknolojilerine ulaşmayı kolaylaştıran veya finansal destek sağlayıcı bazı seçilmiş proje ve programların bilgileri

UB ve BR hazırlanmasında kullanılan kılavuzların gelişimi şu şekildedir (BMİDÇS eğitim dökümanları);

1992 – BMİDÇS kabul edilmiş, yürürlüğe girmiş ve ilk ulusal bildirimlerin 6 ay içinde hazırlanması kararlaştırılmıştır

1993 – 1994 Çoğu taraf ülke ilk UB hazırlamış ve sekreteryaya sunmuştur

1994 – UB'lerin gözden geçirme süreci başlamıştır. 2013 yılına kadar gözden geçirme kılavuzu olmadan yürütülmüştür.

1995 – COP1 gerçekleştirilmiş ve UB Raporlama Kuralları kabul edilmiştir

1996 – UB hazırlanması için Revize Raporlama Kuralları kabul edilmiştir (Karar 9/CP.2)

1997 – Kyoto Protokolünün kabulü

2005 – Kyoto Protokolü yürürlüğe girmiştir

2007 – Bali Aksiyon Planı ile MRV konsepti kabul edilmiştir

2008 – Kyoto Protokolünde birinci taahhüt dönemi başlamıştır

2010 – BMİDÇS ve Kyoto Protokolü kapsamında 5. Ulusal Bildirimler sunulmuştur. Ayrıca Bienal Raporlar ve IAR (Uluslararası Değerlendirme ve Gözden Geçirme Süreci) kabul edilmiştir (Karar 1/CP.16)

2011 – Bienal Raporlama Kılavuzu kabul edilmiştir. IAR süreci için usul ve prosedürler kabul edilmiştir (Karar 2/CP.17).

2012 – Bienal Raporlar için Ortak Tablo Formatı (CTF) kabul edilmiştir (Karar 19/CP.18).

2013 - BR ve UB kılavuzlarının kabulü (Karar 23/CP.19). Bu kılavuzlar 6. UB ve sonrası için geçerli olmuştur.

2014 – Altıncı UB ve ilk BR'lerin BMİDÇS sekreteryasına sunumu, IAR ilk aşamasının başlangıcı, KP birinci taahhüt dönemi muhasebesinin tamamlanması.

2015 – Paris Anlaşmasının kabulü

2016 – İkinci BR sunumu ve IAR ikinci aşamasının başlangıcı.

2017 – UB raporlama kılavuzunun 2019 yılında yenilenmesi kararı
Ulusal Bildirim ve Bienal Rapor içeriklerini karşılaştırmak gerekirse;

Tablo 6. Ulusal Bildirim ve Bienal Rapor İçeriklerinin karşılaştırılması

Ulusal Bildirim (UB)	İki Yıllık /Bienal Rapor (BR)
Sera gazı salım ve tutumları ile ilgili ülkeye özgü koşullar	Sera gazı emisyon ve trendleri ile ilgili bilgi
Sera gazı envanteri ile ilgili bilgi	Sayısal emisyon azaltım hedefi
Politika ve önlemler	Azaltım faaliyetleri ve etkileri
Projeksiyonlar ve azaltım politika/önlemlerinin toplam etkisi	Sera gazı projeksiyonları
Kırılganlık değerlendirmesi, iklim değişikliği etkileri ve uyumlu ilgili önlemler	Emisyon azaltım ve tutum tahminleri yanında piyasa mekanizması ve AKAKDO sektörü kapsamında azaltım birimi kullanımları
Finansal, teknoloji transferi ve kapasite artım destekleri	Gelişmekte olan ülkelere sağladığı finansal, teknoloji transferi ve kapasite artırımına yönelik destekler
Araştırma ve sistematik gözlem	Sayısal emisyon azaltım hedefine yönelik ilerleme
Eğitim, öğretim ve farkındalık	

Hem BR hem de UB’de azaltım ile ilgili politika ve önlemlere yer verilmektedir (Tablo 7). BR raporlama kılavuzuna göre taraf ülkeler 2020 yılı için baz yılın yüzdesi şeklinde bir azaltım hedefi (QEERT: Quantified Economy Wide Emission Reduction Target) belirtmek zorundadır. Bu hedef belirtilirken yararlanılan varsayım ve gerekçelere de yer verilmelidir. Örneğin hesaba katılan baz yıl, AKAKDO sektöründen veya piyasa bazlı mekanizmalardan faydalanılıp faydalanılmayacağı gibi. Ek-1 ülkeleri bu hedef yanında şartlı hedef de belirtebilmektedir. Şartlı hedef bazı koşullar altında veya diğer ülkelerin durumuna göre belirlenen hedeflerdir. QEERT hedefini gerçekleştirmek üzere taraf Ek-1 ülkeleri BR’deki PaM (Politika ve Önlemler) kısmını doldurmaktadırlar. Burada her PaM faaliyeti ve azaltıma katkısına yer verilir. PaM faaliyetinin doğrudan iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik olması gerekmez. İklim değişikliği ile mücadele ikinci veya üçüncü hedef de olabilir. Önemli olan azaltıma yaptığı katkıdır. Bir ülkenin azaltım faaliyetlerini (PaM) anlamak için o ülkenin iklim değişikliği ile ilgili “Politika Yaklaşımını (Policy Context)” anlamak gerekir. “Politika yaklaşımı” ülkenin kısa, orta ve uzun vadeli azaltım hedeflerini, genel hedeflerini, sektörel yaklaşımlarını, diğer ilişkili hedefleriyle (örn. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri) etkileşimini ifade eden genel çerçevedir. İklim değişikliği ile mücadelede sıkça sözü geçen PaM kapsamında hem BR hem de UB’lerde yer alan “politika” kavramı taraf ülke hükümetleri tarafından alınan karar veya kararları (yasa, yönetmelik, vergi düzenlemesi vb.), “önlem” ise bu kararların hayata geçmesini sağlayan somut faaliyet veya faaliyetleri ifade etmektedir.

Azaltım politika ve önlemlerinin BR ve UB’de raporlanma kapsam ve şekli farklıdır. Bunu bir tabloda özetlemek gerekirse;

Tablo 7. İklim Değişikliği azaltım politika ve önlemlerinin raporlama içerik ve formatları.

İki yıllık Rapor - Bienal Rapor (BR)	UB (Ulusal Bildirim)
BMİDÇS BR raporlama kılavuzunun 6 ve 7. Maddelerine göre Ek-1 ülkeleri bir önceki BR veya NC raporundan beri gerçekleşen tüm azaltım PaM’larını sektör ve sera gazına göre gruplandırarak raporlamak zorundadır.	BMİDÇS UB raporlama kılavuzuna göre Ek-1 ülkeleri raporlanacak PaM’leri belirler, planlanan, kabul edilen ve uygulanan olarak ve ülke, eyalet, şehir, bölge ve yerel ölçeklerde sınıflandırır. Bu bir zorunluluktur fakat raporlanacak PaM ile ilgili bir mecburiyet bulunmamaktadır.
Yine BR raporlaması yapan ülkeler bu azaltım PaM’ları ile ilişkili olarak kurumsal yapılarında gerçekleşen tüm değişiklikleri ve düzenlemeleri raporlamakla yükümlüdür. QEERT’e ulaşmak üzere PaM’leri izlemek, raporlamak ve değerlendirmek ile sorumlu kurumsal yapılarıdaki herhangi bir değişiklik raporlanmak zorundadır.	UB’de ise böyle bir zorunluluk yoktur. Taraf ülkeler PaM’ların zaman içinde etkilerini izlemek, raporlamak ve değerlendirmekle ilgili kurumsal yapı hakkında bilgi vermek yönünde sadece teşvik edilmektedir.
BMİDÇS 19/CP.18 kararına göre Ek-1 ülkeler tarafından PaM’larla ilgili bilgiler CTF Tablo 3’te verilmelidir. Bu, zorunlu bir raporlamadır.	UB raporlama kılavuzu paragraf 17-19’a göre ülkeler PaM hakkında yazılı bilgi ve sektör bazında ayrılmış tablolar sunmak zorundadır. Bu tablolarda spesifik yıllar için ser gazı azaltım etkilerini gösteren bir sütun da bulunmaktadır.
CTF Tablo 3’ün UB raporlamasından farkı; azaltım faaliyetinin başlangıç yılı verilmelidir, ayrıca herbir azaltım faaliyetinin 2020 yılı azaltım etkisi hesaplanıp tabloya girilmelidir.	Kısacası UB’de de taraf ülkeler PaM’lerini sektör ve gaz olarak sınıflandırmak zorundadır. Buna ek olarak önemli (azaltım gücü yüksek) PaM’larını yazılı olarak açıklamak ve sonunda da özet bir tablo sunmak zorundadır.
BR raporlamalarında AKAKDO sektörü ve piyasa mekanizmalarından elde edilen kredilerin raporlanması mecburidir. AKAKDO sektörü katkısı hem baz yıl hem de raporlanan yıl için raporlanırken piyasa mekanizmalarından kullanılan krediler sadece raporlanan yıl için verilir.	UB raporlamasında spesifik olarak AKADO sektörü veya piyasa mekanizmaları katkısının raporlanması şart değildir.
	UB’de yer verilmek üzere seçilen PaM ile ilgili olarak; <ul style="list-style-type: none">Adı ve kısa açıklamasıAmacıEtkilediği sera gazlarıPaM türüUygulama durumuUygulayan kurumlar açıklanmalıdır.
	UB’de PaM’ların toplam etkisinin raporlanması zorunludur. Tek tek veya gruplar halinde etkilerin raporlanması zorunlu olmayıp teşvik edilmektedir.

Yedinci UB ve üçüncü BR sunum tarihi 1 Ocak 2018'dir. UB 4 yılda bir BR 2 yılda bir sunulduğundan bazı yıllarda çakışmaktadır. Bu tip çakışma yıllarında BR, UB'nin eki olarak sunulabilmektedir. Ayrıca her iki raporda çakışan birçok kısım olduğundan aynı bilgiye her iki raporda da yer vermek yerine yeri geldiğinde raporlar arası atıfta bulunulabilir. Önemli olan raporlardaki bilgiler ve veriler arasındaki tutarlılığın korunmasıdır. Tabii her iki rapor da ulusal sera gazı envanter verileri ile tutarlılık göstermelidir.

UB ve BR'nin aynı yıl (örn. 2018) gönderildiği durumlarda gözden geçirme kurallarına göre, gözden geçirme şekli "Ülke İçi" olmaktadır. Diğer yıllarda ise "Merkezi" yapılmaktadır. Dolayısıyla sunulan her UB ülke içi gözden geçirmeye konu olmaktadır. Bunun istisnası ekonomisi küçük olan ülkelerdir. Salm toplamı (AKAKDO hariç) 50 Mt altında olan ülkeler merkezi gözden geçirmeyi tercih edebilirler. Gözden geçirme süreci gözden geçirme haftasından sonraki 16 haftada tamamlanıp rapor yayınlanmalıdır.

Kısaca özetlemek gerekirse UB'lerde Ek-1 ülkelerinin iklim değişikliği ile mücadelede geniş perspektifte tüm çabasının ortaya konulması amaçlanırken; BR'lerde daha güncel ve azaltım hedefine yönelik ilerleme yer almaktadır. Yine BR'lerde gelişmekte olan ülkelere yapılan desteklerle ilgili güncel bilgilere yer verilmektedir.



Mangrovlar

5.4

ULUŞLARARASI
DEĞERLEN-
DİRME VE
GÖZDEN
GEÇİRME
SÜRECİ (UGS)

Onaltıncı taraflar toplantısında (COP16) Ek-1 ülkelerinin bildirimlerinin şeffaflığını ve karşılaştırılabilirliğini değerlendirmek üzere Uluslararası Değerlendirme ve Gözden Geçirme Süreci (UGS) süreci başlatılmış. UGS'nin usul ve araçları 2/CP.17 kararının Ek-2 sinde verilmiştir. UGS şu aşamalarla işlemektedir;

- BR'nin sekreteryaya sunulması (2 yılda bir)
- Sunumdan sonra 2 ay içerisinde Teknik Gözden Geçirme Sürecinin başlatılması ve sonucunda Teknik Gözden Geçirme Raporunun (TRR) hazırlanması
- Tüm taraf ülkelere açık SBI (BMİDÇS Uygulama Alt Organı) toplantısında ilgili Ek-1 ülkesinin emisyon azaltım hedefini gerçekleştirmeye yönelik ilerlemesinin çok yönlü değerlendirilmesi
- Sürecin SBI tarafından sonuçlandırılması ve ilgili Ek-1 ülkesinin kayıtlarının tutulması

UGS'nin genel hedefleri;

- İlgili taraf ülkenin emisyon azaltımındaki ve gelişmekte olan ülkelere sağladığı destek performansını değerlendirmek
- Emisyon azaltım hedefine paralel olarak ilgili ülkenin ulusal koşullarını da dikkate alarak salım ve tutumlarını değerlendirmek
- Karşılaştırılabilirliği sağlamak yanında bildirimlere güveni artırmak
- Raporlama ve metodlarla ilgili gereksinimlerin ilgili ülke tarafından gerçekleştirildiğini doğrulamak

UGS'nin girdileri ise aşağıdaki rapor ve verilerdir;

- Bienal Rapor (BR)
- BR için hazırlanmış TRR (Teknik Gözden Geçirme Raporu)
- Ulusal Bildirim (UB)
- UB için hazırlanmış Gözden Geçirme Raporu (In Depth Review Report)
- Sera Gazı Envanteri (NIR ve CRF tabloları)
- Sayısal azaltım hedefini gerçekleştirmeye yönelik ek doküman ve veriler

6.

KÜRESEL KARBON DÖNGÜSÜ

Dünya atmosferi içerdiği bazı gazlar sayesinde ısıyı hapsetme eğilimindedir buna sera etkisi adını veriyoruz. Bu gazlar genellikle görünen ışığa karşı geçirgen fakat cisimlerden yansıyan kızılötesi ışınları absorbe etme özelliğine sahiptir. Eğer bu etki söz konusu olmasaydı gezegen sıcaklık ortalaması -30 ile -20 aralığında olacaktı ve bu durumda canlı yaşamını desteklemeyecekti. Dolayısıyla bu doğal etki gezegendeki yaşam için gerekli ve önemlidir. Sorun hızlı sera gazı salımları nedeniyle stabil dengenin küresel bazda bozulması ve sera etkisinin insan faaliyetleri sonucu gittikçe artıyor olmasıdır.

Dünyanın oluşumundan günümüze atmosfer, okyanuslar ve karasal ekosistemler arasında karbon bileşikleri yönünden hassas bir denge oluşmuştur. Bu denge son iki yüzyıldır fosil yakıtların kullanımı sonucu artan bir oranda bozulmaktadır.

Küresel karbon havuzlarından en büyüğü okyanuslardır. Sistemdeki toplam 48.000 Gt karbonun 39.000 Gt'si okyanuslarda yer alır (1 Gt = 1 Pg = 109 ton). Fosil kaynaklarda bulunan karbon miktarı 6.000 Gt'dir. Ormanlarda ve diğer ekosistemlerde (toprak dahil) tutulan miktarı 2.500 Gt, atmosferde tutulan miktar ise 800 Gt'dir (Hairiah ve ark., 2010).

Fosil yakıt ve çimento kullanımı yılda ortalama 6.3 Gt C salımına neden olurken bunun 2.3 Gt C'ü okyanuslarca, 0.7 Gt C'lik kısmı ise karasal ekosistemlerce tutulmaktadır. Geriye kalan 3.3 Gt C atmosferde kalmaktadır. Oldukça az miktarda (0.2 Gt C) organik karbon her yıl sedimentlerle deniz ve okyanuslarda fosilleşmek üzere birikmektedir. Okyanuslar hem karbon tutmakta hem de salmaktadır. Sıcak okyanus suları atmosfere net CO₂ salarken daha serin yüksek enlemlerdeki okyanus suları net CO₂ tutumu yapmaktadır. Benzer şekilde karasal ekosistemlerde yıllık 60 Gt C tutumu gerçekleşirken neredeyse aynı boyutta karbon salımı (solunum, yangın vb.) gerçekleşmektedir. Net tutum 0.7 Gt C/yıl'da kalmaktadır (Hairiah ve ark., 2010).



Üzüm bağları Denizli

7.

EKOSİSTEM- LERDE KARBON DÖNGÜSÜ

Fosil yakıtların kullanımı, çimento sanayisi, ormansızlaşma ve artan tarımsal faaliyetler nedeniyle sanayi devrimi öncesi 280 ppm seviyesinde olan karbondioksit konsantrasyonu 2008'de 385 ppm'ye ulaşmış, 2016 itibarıyla de 400 ppm'yi aşmıştır¹⁰.

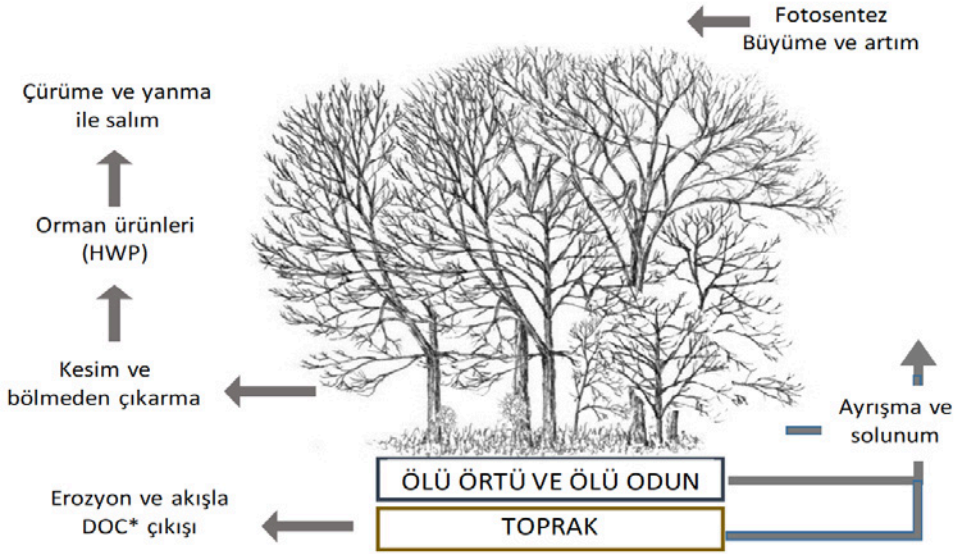
Küresel karbon döngüsü atmosfer, biyosfer, hidrosfer, pedosfer ve litosferde karbonun dolaşımını kapsamaktadır. Atmosferden karbonu çekip tutan mekanizma, proses veya ortama "yutak" adı verilmektedir. Karbon ve ilişkili bileşiklerin dünya üzerinde bir uzun dönemli döngüsü (anakaya ayrışması ile karbon tutumu, okyanuslarda kalsiyum ve magnezyum karbonat formlarında birikimi vb.) ve buna bağlı bütçesi, bir de kısa dönemli döngü ve bütçesinden söz edilebilir. Ekosistemlerdeki karbon döngüsü daha çok kısa dönemli döngünün parçasıdır. Kısa dönemli döngü kapsamında büyük miktarlarda karbon okyanuslar, atmosfer ve ekosistemler arasında geçiş yapar.

Okyanuslar ve atmosfer arasında sürekli bir karbon alışverişi söz konusudur. Okyanuslarda yüzeye yakın kesimlerde çözünmüş inorganik karbon (DIC) oluşumu gerçekleşir. DIC suyun soğuk olduğu okyanus kesimleri ve kış aylarında derine inmekte, yaz ayları ve sıcak su ortamlarında ise biyotik ve abiyotik mekanizmalar ile yeniden atmosfere geçmektedir.

Küresel ölçekte en büyük karbon havuzu okyanuslar olmakla beraber insan kontrolündeki en önemli karbon havuzu ekosistemlerdir. Toplam 48.000 Gt karbonun 39.000 Gt'lık kısmı okyanuslardadır. Fosil yakıtlardaki karbon miktarı 6.000 Gt, toprak dahil ekosistemlerdeki karbon miktarı 2.500 Gt, atmosferdeki miktar ise 800 Gt civarındadır. Fosil yakıtların kullanımı ve çimento üretimi nedeniyle yıllık 6.3 Gt karbon atmosfere salınmakta, bunun 2.3 Gt'lık kısmı okyanuslarca, net 0.7 Gt karasal ekosistemlerce tutulmakta (yaklaşık 60 Gt tutulmakta, bir bu kadar da solunum, ayrışma ve yangın ile salınmakta), geriye kalan 3.3 Gt karbon ise atmosferdeki havuza eklenmektedir. Fosil yakıt yakılması ile 6.3 Gt karbon atmosfere yayılırken, fosilleşme ile (deniz ve okyanus diplerinde sedimentlerde birikme) tutulan karbon miktarı 0.2 Gt C yıldır (Hairiah ve ark., 2010).

Farklı zaman ölçeklerinde ekosistemler karbon net karbon tutumu veya net karbon salımı durumuna geçebilirler. Bu geçiş çok kısa zaman dilimlerinde gerçekleşebilir. Örneğin bir orman ekosistemi güneşli bir günde net tutum, bulutlu bir günde ise net salım kaynağı olabilir. Hızlı büyüme gösterdiği dönemlerde net tutum yapan bir ekosistem, büyümenin yerini ayrışmaya bıraktığı dönemlerde net salım kaynağı olabilir. Yine geceleri solunumla CO₂ salan bitkiler, gündüzleri fotosentezle CO₂ tutarlar. Fotosentez "ışıkla bir araya getirme" anlamına gelir ve ışık+CO₂ ile şeker+O₂ salımı ile sonuçlanır. Bitkiler daha sonra şekeri bünyelerinde diğer yapıtaşlarına dönüştürürler. Solunumda ise karbon bileşikleri oksijenle birleşerek CO₂ üretirler (Şekil 13). Organik madde ayrışması ile CO₂, oksijensiz ortamda ayrışma ile CH₄ salımı ortaya çıkar. Yangınlarla da yine diğer gazlarla beraber CO₂, CH₄ ve N₂O salımı gerçekleşir.

¹⁰ <http://www.co2.earth/>



*DOC: Çözünmüş Organik Karbon.

Şekil 13. Karbon hesaplamalarına dönük ormanlarda karbon döngüsü.

Yıllık temelde ise ekosistemler (ormanlar dahil) bu salım (solunum ve ayrışma) ve tutumlara (fotosentez) nazaran çok düşük oranda bir karbon stoğunu bünyelerine katarlar. Çünkü fotosentez ve solunum, CO₂ yönünden genellikle birbirlerini dengeler. Bazı orman zararları ve kurak dönemlerde ise net kaynak haline alabilirler. Bu durum ekosistemdeki biyokütlenin net değişimi ile ilişkilidir.

Diğer önemli bir konu da artan atmosferik CO₂ konsantrasyonunun bitki büyümesine nasıl yansıtacağı konusudur. Bu olguya "CO₂ gübrelemesi" adı verilmektedir zira fotosentez hızını ve büyümeyi belli bir oranda hızlandırması beklenmektedir. Bu sayede belki de ekosistemlerce halen 3-4 Gt C arası yıllık depolanan CO₂ miktarı önümüzdeki on yıllar içinde artış gösterebilir (Körner ve ark., 2007). Fakat artması öngörülen karbon depolama seviyesi ile ilgili önemli belirsizlikler söz konusudur çünkü bu konuda yapılmış olan binlerce araştırma sonucu CO₂ alışverişi ile büyüme arasında doğrudan bir ilişki olmadığını ortaya koymaktadır (Körner ve ark., 2007). Bir başka deyişle artan CO₂ konsantrasyonunun büyümeyi ve bunun sonucu karbon depolama miktarını ne ölçüde artıracığı konusu henüz netlik kazanmamıştır ve bu konudaki tahminlerin belirsizlik düzeyi oldukça yüksektir. Bu belirsizliğin önemli nedenlerinden birisi de artan CO₂ konsantrasyonuna eşlik etmesi beklenen diğer çevresel parametrelerin büyümeyi ve CO₂ dengesini ne yönde etkileyeceği konusudur. Dünyamız son IPCC raporuna göre zaten sanayi devrimi öncesine göre 0.85°C ısınmış durumda. Isınmanın yüzyıl sonunda en iyimser tahminle 1.5-2.0°C aralığında kalması beklendiğinden en az yaklaşık 1°C'lik bir ısınmanın daha gerçekleşeceği söylenebilir. Sıcaklık bir orman ekosisteminde topraktan solunumu, ölü örtü ayrışmasını, azot ayrışmasını, nitrifikasyonu,

Fotoğraf 5: Sulak alanlar önemli oranda karbon depolama kapasitesine sahiptir. Erikli Lagün'ü/İğneada



denitrifikasyonu, CH₄ salımını, ince kök dinamiklerini, büyümeyi, su kullanımını ve bitki besin maddesi alımını etkileyen temel parametrelerden birisidir (Norby ve ark., 2007). Sıcaklık artışına ekosistemlerin tepkisi ile ilgili de birçok araştırma sonucu ortaya konulmuştur. Genel bazı sonuçları sıralamak gerekirse (Norby ve ark., 2007);

- Sıcaklık artışı topraktan solunumu artırmaktadır. Artışın miktarı %20'ye kadar çıkabilmekte
- Organik toprak horizonunda azotun mineralleşmesini %46'lara kadar hızlandırmakta
- Bitkisel büyümeyi %19'a kadar artırmakta
- Ekosistemlerin sıcaklık artışına reaksiyonu enlem derecesine ve ekosistem tipine bağlı gerçekleşmektedir

Bulgular, bu konudaki genel hipotezi desteklemektedir, yani ısınmanın mikrobiyal ve fiziko-kimyasal süreç ve reaksiyonları hızlandıracağı, bunun sonucunda ölü örtü ayrışması ve mineralleşmenin hızlanacağı, böylece artan bitki besin maddesi sayesinde başta besin maddesi noksanlığı olan ekosistemler olmak üzere birçok ekosistemde büyümeyi hızlandıracağı tahmin edilmektedir.

Ekosistemlerde biriken karbonun bir kısmı akarsulara, göllere ve denizlere ulaşır oralarda birikebilir, turbalıklara ulaşabilir veya odun üretimi kapsamında yakacak odun veya endüstriyel odun olarak depolanır.

Orman ekosistemlerinde gerçekleşen büyük salım ve tutumlar (flux: akışlar) yıllık bazda küçük artışlar sağlarlar ve bu uzun yıllar biriken bu karbon stokları kesim veya yangın, böcek, vb. zararlar ile aniden salıma dönüşebilir. Orman ve benzeri arazi kullanımlardan gerçekleşen yıllık salımlar, toplam sera gazı salımları içinde %10-20 aralığında bir değere sahiptir (Dolman ve ark., 2010).

Fotosentezle tutulan karbon kökler vasıtasıyla ve ölü örtü ayrışmasıyla toprağa geçer. Topraktaki karbon havuzu genellikle toprak üstü biyokütleden fazladır. Topraktaki karbon miktarının topraküstü karbon havuzuna oranı için genel bir rakam vermek gerekirse, soğuk kuşakta 5:1, ılıman kuşakta 2:1, tropikal kuşakta ise 1:1 civarındadır.

Bazı ekolojik koşullar nedeniyle ayrışma hızı organik madde birikim hızından fazla olursa o bölgede bir organik madde birikiminden söz edilebilir. Taban suyu seviyesinin yüksek olduğu düşük oksijen ortamlarında, ılıman ve nemli iklim koşulları bile söz konusu olsa turbalık oluşumu gerçekleşebilmektedir. Turba oluşumu yüzyıllar hatta bin yıllar sürebilmektedir. Turbalıklar karasal karbon havuzları içinde önemli bir yere sahiptir.

7.1

EKOSİSTEM- LERDE KARBON HAVUZLARI

Ekosistemlerden gerçekleşen CO₂ gazı salım ve tutumlarını hesaplamada 2 temel yaklaşım söz konusudur;

a) Karbon stoklarında zaman içinde meydana gelen net değişimlerin dikkate alındığı Karbon Stok Değişimi (CSC) yaklaşımı

b) Atmosferle ekosistem arasındaki gaz akışlarının (flux) belirlenmesine dayanan yöntemler (akı odacıları, eddy kovaryans vb.)

CSC yaklaşımının dayandığı varsayım, yeryüzü ile atmosfer arasında sürekli bir CO₂ değişiminin gerçekleştiği ve herhangi birindeki artışın bir diğerinde azalışa neden olduğudur. Örneğin bir meşcerede ağaçların büyümesi ile tutulan karbonun artış gösterdiği, bunun bir sonucu olarak da atmosferde aynı oranda bir azalış olduğu kabul edilmektedir. Yine tam tersi olarak ağaçların kesilmesiyle atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artış gösterdiği varsayılmaktadır. Bu genellikle doğru bir yaklaşım olmakla beraber doğrusal veya orantısız bir ilişki her zaman görülmez. Örneğin topraktaki organik maddenin erozyonla uzaklaşması veya kesilen ağaçlardan uzun süre dayanabilen mobilyalar yapılması bu ilişkiyi karmaşık bir hale getirebilir. Yine de CSC yaklaşımı diğerine göre çok daha net ve kolaydır.

Orman ekosistemlerinde sera gazlarının salım ve tutumları zamansal ve mekansal olarak büyük değişim gösterir. Örneğin yukarıda açıklandığı gibi fotosentez gün içerisinde güneşlenme şiddeti ve diğer meteorolojik parametrelere bağlı olarak gece en düşük seviyededir, gündüz ise birçok faktörün etkisiyle dalgalanalar gösterir ve zirve yapar. Fotosentezin zamanla değişimini ifade eden grafiğe Fotosentez Zaman Eğrisi adı verilir. IPCC kılavuzlarının amacı bu gibi değişkenlikleri olası en yakın ve basit değerlerle ifade etmek ve sera gazı salım ve tutumlarını standardize etmektir. Bu bakımdan IPCC kılavuzları akı (flux) yaklaşımını değil karbon stok değişimi (CSC) yaklaşımını esas alır. Buna göre her bir karbon havuzu ve insan etkisiyle ortaya çıkan değişimleri tahmin edilir.

Bir orman ekosisteminde GHG salım ve tutumları çevresel faktörlere, orman tipine, yaşına ve uygulanan amenajman yaklaşımlarına bağlı olarak değişim gösterir. Korumaya yönelik ormanın veya genç bir meşcere ile yaşının aynı oranda büyüme gerçekleştirmesi beklenemez. Dolayısıyla yıllık CSC de farklılık gösterecektir. Bir bölgedeki veya ülkedeki ormanları bu özelliklerine göre ne ölçüde sınıflandırılabilirse o ölçüde ayrıntılı ve doğru bir değerlendirme yapma olasılığı artar. Bir başka deyişle hesaplamalardaki belirsizlik (uncertainty) azalır.

Bir ekosistemde (orman, mera, tarım ve benzerleri) IPCC kılavuzlarına göre 5 ana karbon havuzu olabilir. Bunlar;

- Toprak Üstü Biyokütle (AGB)
- Toprak Altı Biyokütle (BGB)
- Ölü Odun (DW)
- Ölü Örtü (L)
- Toprak (S)

IPCC (2006) kılavuzunda Odun ürünleri(HWP) havuzu da buna eklenmiş ve aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir;

$$\Delta CLU = \Delta CAB + \Delta CBB + \Delta CDW + \Delta CLI + \Delta CSO + \Delta CHWP \quad (\text{Denklem 1})$$

ΔCLU = Ekosistemlerde karbon stokları ve değişimleri.

AB = Toprak üstü biyokütle (above-ground biomass)

BB = Toprak altı biyokütle (below-ground biomass)

DW = Ölü odun (deadwood)

LI = Ölü örtü (litter)

SO = Toprak (soils)

HWP = Odun ürünleri(harvested wood products)

Tablo 8. Ekosistemlerde Karbon havuzları (IPCC, 2006).

Karbon Havuzu		Açıklama
Biyokütle	Toprak üstü biyokütle	Gövde, dal, kabuk, tohum ve yaprakтан oluşan odunsu veya otsu tüm canlı biyokütle
	Toprak altı biyokütle	Tüm canlı kök biyokütlesi. Toprak organik maddesi ve ölü örtüden ayırt edilmesi güç olduğundan genellikle 2 mm çapından küçük kökler göz ardı edilmektedir
Ölü organik madde	Ölü odun	Ölü örtüden ayrılabilen dikili, yatay konumda veya toprak içindeki cansız tüm biyokütle. Genellikle 10 cm çaptan daha kalın toprak üzerinde yer alan ölü dal, gövde ve kökler bu kapsamdadır
	Ölü örtü	Toprak organik maddesinden daha büyük çaptaki (genellikle 2 mm) ve ölü odun için belirlenen minimum çaptan (genellikle 10 cm) küçük cansız biyokütle. Farklı ayırma safhasında ve toprak tipi üzerinde olabilir. Belirlenen minimum toprak altı biyokütle değerinden (genellikle 2 mm) daha küçük boyutta ve toprak üzerinde yer alan canlı kökler de bu havuza dahil edilebilir
Toprak	Toprak organik maddesi	Ülke bazında belirlenen bir derinliğe kadar mineral topraklarda bulunan organik karbondur. Belli boyuttan (genellikle 2 mm) küçük canlı/cansız kökler ve ölü organik madde eğer toprak organik maddesinden ayırtedilemiyorsa bu havuzda yer alabilir. Toprak organik maddesi için belirlenen genel değer 30 cm'dir

Hesaplamalarda elde edilen veriler kısıtlı ise kullanılacak seviyeye göre (Seviye 1,2,3) bazı kabuller yapılabilir;

- Toprak altı biyokütledeki yıllık değişim, Seviye-1 düzeyindeki bir hesaplamada sıfır kabul edilebilir
- Yine Seviye-1 hesaplama düzeyinde ölü örtü ile ölü odun birleştirilerek "Ölü organik madde" olarak ifade edilebilir
- Orman dışı arazi kullanımlarında (tarım, mera, yerleşim, sulak alan, diğer alanlar) ölü organik madde havuzu sıfır kabul edilebilir. Fakat eğer arazi kullanım değişikliği söz konusuysa o zaman IPCC, 2006'da verilen Seviye-1 için geçerli (default) değerler kullanılmalıdır

Fotoğraf 6: Kızılcam Ormanı'nda topraküstü biyokütle ve ölü organik madde karbon havuzları



Karbon havuzları aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır.

BİYOKÜTLE

Toprak üstü ve toprakaltı bitki kısımlarını kapsayan biyokütle havuzu ekosistemlerce atmosferden CO₂ tutumunun temel aracı konumundadır. Fotosentez yoluyla CO₂ tutulmasına Genel Birincil Üretim (Gross Primary Production - GPP) adı verilir. Tutulan bu CO₂'nin bir kısmı solunum yolu ile atmosfere geri verildiğinde kalan kısım Net Birincil Üretim (Net Primary Production - NPP) dir. NPP toplam biyokütle üretimi ve yıllık ölü organik madde üretimini ifade eder. Yani bir orman ekosisteminde yıllık artım, dökülen yaprak ve dallar yıllık NPP olarak da ifade edilebilir.

NPP'den ölü örtü, ölü odun ve topraktaki organik madde ayrışması çıkarıldığında Net Ekosistem Üretimi (Net Ecosystem Production - NEP) elde edilir;

$NEP = NPP - \text{Heterotrofik solunum (organik madde ayrışması)}$

NEP'in zamansal ortalaması (belli sürede örneğin 20 yıl) o ekosistemin karbon stoğu olarak da düşünülebilir. Eğer ormancılık faaliyetleri söz konusuysa (managed) ve diğer kayıplarla (yangın, böcek vb.) beraber hasaba alınırsa o zaman NEP, Net Biyom Üretimi (Net Biome Production - NBP) adını alır.

$NBP = NEP - \text{Ormancılık uygulamalarından kaynaklanan karbon kaybı (üretim vb.)}$

Ormanların karbon tutma fonksiyonu önemli bir ekosistem hizmetidir. Farklı rotasyon periyotları bu hizmetin farklı oranlarda gerçekleşmesini sağlar. Odun üretimi için belirlenen optimum rotasyon periyodu karbon tutumu ile birebir örtüşmeyebilir. Keleş (2010) Ardahan'da sarıçam için minimum kesim çağının odun üretimi ve karbon tutma üzerindeki ekonomik etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre hâlihazırda iyi yetişme ortamları için uygulanan 100 yıllık periyodun karbon için hesaplanan net ekonomik değer için optimal, odun üretimi için ise 110 yıl için hesaplanan net ekonomik değerden yaklaşık %10 düşük bulunmuştur.

Biyokütledeki CSC hesaplamada 2 yöntem önerilmektedir (IPCC, 2006);

12-Kazanç-Kayıp (Gain and Loss) Yöntemi

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L \quad (\text{Denklem 2})$$

ΔC = Karbon havuzundaki yıllık CSC, ton C yıl-1

ΔC_G = karbon kazancı, ton C yıl-1

ΔC_L = karbon kaybı, ton C yıl-1

Bu yöntemde atmosferden herhangi bir havuza CO₂ geçişi “tutum” (removal), herhangi bir karasal karbon havuzundan atmosfere CO₂ geçişi ise “salım” (emission) olarak adlandırılmaktadır. Yalnız dikkat edilmesi gereken nokta, havuzlar arası geçişlerin de olduğudur. Örneğin toprak altı biyokütle (kökler), zaman içinde toprak karbonuna dönüşebilir veya toprak üstü biyokütleden bazı bileşenler (yaprak, dal) ölü örtüye geçebilir. Bu durumda bir bileşen alıcı bir bileşen ise vericidir.

Kazançların (Karbon tutumu) Hesaplanması (ΔC_G)

Denklemdaki ΔC_G ise aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{toplaml_{i,j}} \cdot CF_{i,j}) \quad (\text{Denklem 3})$$

ΔC_G : İklim ve bitki örtüsü tipine göre aynı arazi kullanma kategorisinde (FL-FL, CL-CL, GL-GL vb.) kalan alanlarda biyokütle artımına bağlı olarak karbon stoğundaki artış (ton C / yıl)

A : Alan (ha)

Gtoplaml : Yıllık ortalama hacim artımı (ton kuru madde/ha yıl)

i : Ekolojik zon (1 den n'e kadar)

j : İklim sınıfı (1'den m'e kadar)

CF : Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C /ton kuru madde)(Geçerli değerler için bkzn. Ek Tablo 2)

Burada Gtoplaml hem toprak altı hem de toprak üstü biyokütleyi kapsamaktadır. Toprak altı biyokütle kök-gövde oranı (R) sayesinde hesaplanabilir. Hesaplamalarda R için kullanılacak geçerli değerler Tablo 9 de verilmiştir.

Aşağıda da gösterildiği gibi Seviye-1 hesaplamalarında toprak üstü biyokütle için verilen geçerli değerler yine geçerli kök-gövde oranı değerleriyle çarpılarak Gtoplaml hesaplanabilir. Seviye-2 ve 3

hesaplamalarında ise yıllık net artım (I_w) odun yoğunluğu (D) ve biyokütle genişleme faktörü (BEF_1) ile çarpılır veya doğrudan biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF_1$) ile çarpılabilir.

$$G_{toplam} = \Sigma\{G_w \cdot (1+R)\} \quad \text{Seviye-1} \quad (\text{Denklem 4})$$

$$G_{toplam} = \Sigma\{I_v \cdot BCEF_1 \cdot (1+R)\} \quad \text{Seviye-2,3} \quad (\text{Denklem 5})$$

Burada;

G_{toplam} : Yıllık ortalama toprak üstü ve toprak altı biyokütle artımı (ton kuru madde/ha yıl)

G_w : Belli odunsu bitki örtüsü tipi için yıllık ortalama topraküstü biyokütle artımı (ton kuru madde/ha yıl)

R : Belli bitki örtüsü için kök-gövde oranı (ton toprakaltı kuru madde/ton topraküstü kuru madde. (Seviye-1 düzeyi hesaplamalarda toprakaltı biyokütlelerin değişmediği varsayıldığında R değeri sıfır kabul edilir.)

I_v : Belli bitki örtüsü tipi için yıllık ortalama net artım (m³/ha yıl)

$BCEF_1$: Belli bitki örtüsü için yıllık hacim artımını (kabuklu) topraküstü biyokütle artımına dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü (ton topraküstü biyokütle artımı/m³ net yıllık artım.

Eğer odun yoğunluğu ve biyokütle genişleme katsayısı mevcutsa;

$$BCEF_1 = BEF_1 \cdot D \quad (\text{Denklem 6})$$

BEF : Kesilip kullanılacak odun hacmini topraküstü biyokütleyle genişleten katsayı (boyutsuz). Bu sayede ticarete konu olmayan toprak üstü biyokütle kısımları da hesaba katılır.

Makilikler, çok yıllık tarım alanları ve çay, fındık gibi bitki örtüsü için katsayısı bulmak sorun olabilir. Bu durumda benzerlik gösteren türlere ait katsayısı kullanılabilir.

Ülkemizde yapılmış biyokütle araştırmalarına ait sonuçlar Tablo 9 ve 10'da verilmiştir. Seviye-2 düzeyinde hesaplama yapmak için bu değerlerin kullanılması yararlı olacaktır.

$BCEF_s$: Dikili hacim için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü. Ticari gövde hacmini topraküstü biyokütleyle dönüştürmektedir.

$BCEF_f$: Net yıllık artım için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü. Net yıllık artımın ticari hacmini topraküstü biyokütle artımına dönüştürmektedir.

$BCEF_R$: Odun üretim hacmi için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü. Ticari biyokütle hacmini kabuk dahil toplam biyokütleyle dönüştürmekte. Üretim kayıplarından ötürü $BCEFR$ değeri dikili hacimden daha yüksek olabilir. Ülkeye özgü üretim kaybı değerleri mevcut değilse geniş yapraklı türler için %10, iğne yapraklılar için %8 değerleri kullanılabilir (Kramer ve Akca, 1982).

Tablo 9. Ülkemizde yapılmış olan biyokütle araştırmalarının sonuçlarına göre hesaplamalarda kullanılacak odun yoğunluğu, BEF_i ve BCEF_i değerleri (Tolunay, 2011).

Ağaç türü	Örnek ağaç sayısı	Göğüs çapı -1.3 m (cm)	Odun yoğunluğu (D) (Mg m ⁻³)	BEF _i	BCEF _i (Mg m ⁻³)	Kaynak
<i>Pinus sylvestris</i>	10	19.5 – 31.0	0.426	1.242 ± 0.092	0.529 ± 0.039	Uğurlu 1976
<i>Pinus sylvestris</i> ^a	33	17.0 – 66.0		1.198 ± 0.032	0.510 ± 0.014	Atmaca 2008
<i>Pinus sylvestris</i>	13	6.1 – 10.9		1.263 ± 0.050	0.535 ± 0.043	Tolunay 2010
<i>Pinus sylvestris</i>	55	7.1 – 63.2		1.279 ± 0.106	0.545 ± 0.058	Çömez 2010
<i>Pinus brutia</i>	14	9.0 – 39.8	0.478	1.225 ± 0.062	0.586 ± 0.029	Sun ve ark., 1980
<i>Pinus brutia</i> ^a	33	8.0 – 52.0		1.349 ± 0.022	0.645 ± 0.011	Ünsal 2007
<i>Pinus nigra</i> ^a	44	12.0 – 60.0	0.470	1.071 ± 0.026	0.503 ± 0.012	Çakıl 2008
<i>Picea orientalis</i> ^a	30	20.0 – 52.0	0.358	1.132 ± 0.009	0.405 ± 0.003	Özkaya 2004
<i>Quercus sp.</i>	32	10.0 – 31.0	0.570	1.324 ± 0.157	0.755 ± 0.089	Durkaya 1998
<i>Fagus orientalis</i> ^a	32	11.0 – 46.0	0.530	1.228 ± 0.072	0.651 ± 0.042	Saraçoğlu 2000
<i>Castanea sativa</i> ^a	34	15.0 – 37.0	0.400	1.320 ± 0.068	0.528 ± 0.027	İkinci 2000
<i>Alnus glutinosa</i> ^a	86	7.0 – 30.0	0.407	1.103 ± 0.051	0.449 ± 0.020	Saraçoğlu 1998

Bu değerler ibrel ve yapraklı şeklinde gruplandırıldığında Tablo 10'daki ortalama değerler elde edilir.

Tablo 10. İğne yapraklı ve yapraklı şeklinde gruplandırıldığında hesaplanan ortalama katsayılar (Tolunay, 2011).

	D (Mg m ⁻³)	BEF _i	BEF _s	BEF _R	BCEF _i (Mg m ⁻³)	BCEF _s (Mg m ⁻³)	BCEF _R (Mg m ⁻³)
İbrel	0.446	1.195	1.240	1.378	0.533	0.553	0.614
Yapraklı	0.541	1.230	1.260	1.400	0.665	0.682	0.757

Orman envanterleri genellikle dikili hacmi, yıllık net artımı ve ticari üretim hacmi konularında veri sağlar. Ağaç tepe çatısı, dallar, yapraklar ve toprak altı kök bileşenleri hakkında veriler envanterlerde yeterli hassasiyette yer almaz. Biyokütle ve karbon hesaplamalarında ise bu sözü geçen ağaç kısımlarını da kapsayan ticari ve ticari değeri olmayan tüm biyokütlenin kuru ağırlığı (ton d.m.) dikkate alınmalıdır.

Toprak üstü biyokütle ve değişimi iki şekilde hesaplanabilir

- 1- Örnek ağaçların çap ve boylarını ölçüp allometrik denklem veya biyokütle tablolarından yararlanmak,
- 2- Orman envanterlerinde yer alan hacim verilerinden (dikili hacim, yıllık artım ve üretim) yararlanmak.

Sıkça kullanılan ikinci yaklaşımda eldeki veriler biyokütle regresyon denklemleriyle (biyokütle ile dikili hacim arasında) veya daha yaygın ve kolay bir yaklaşım olarak transformasyon faktörleri ile toprak üstü biyokütleye dönüştürülür.

Biyokütle Genişleme Faktörleri (BEF) ticari değeri olan dikili hacmin, yıllık net artımın veya üretim hacminin ticari olmayan biyokütleyi de kapsayacak şekilde genişletilmesini sağlar. Bunun için önce ticari hacim (m³) kuru ağırlığa (ton d.m.) dönüştürülmelidir. Bunun için ticari hacim odun yoğunluk değeriyle (D) çarpılır. BEF boyutsuz bir değerdir, D'nin birimi ise ton/m³tür. Elde kuru ağırlığa göre hesaplanmış BEF değerleri varsa bu en iyi yaklaşımdır.

Biyokütle Dönüşüm ve Genişleme Faktörleri (BCEF) ise bu hesaplamayı basitleştirmek ve tek bir işleme indirgemek üzere geliştirilmiştir. Birimi t/m³ olup dikili hacmi, yıllık net artımı ve üretim hacmi (m³) değerlerini toprak üstü biyokütle, toprak üstü biyokütle artımı ve biyokütle alımı (t) değerlerine dönüştürür.

Matematiksel olarak

$$BCEF = BEF \cdot D$$

Şeklinde ilişkilendirilebilir.

Hem BEF hem de BCEF meşcere yaşı ile ters orantılı olarak değişim gösterir. Bunun nedeni hektardaki dikili hacmin ve ticari hacmin tüm hacimdeki oranının yaşla paralel olarak artmasıdır.

1-Kayıpların (Karbon salımı) Hesaplanması (ΔC_i)

Yıllık biyokütle ve bununla ilişkili olarak karbon kayıpları kesimlerle alınan emval, yangın, fırtına devriği, böcek ve hastalık zararları sonucu ortaya çıkabilir. Bu kayıplar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$\Delta CL = \text{Lhasat} + \text{Lyakacak odun} + \text{Lorman zararları} \quad (\text{Denklem 7})$$

Burada;

ΔCL : Aynı arazi kullanma kategorisinde kalan alan için biyokütle kaybı sonucu karbon stoğunda gerçekleşen yıllık azalma (ton C/yıl)

Lhasat : Hasat sonucu karbon stoğunda gerçekleşen yıllık azalma (ton C/yıl)

L yakacak odun : Yakacak odun kesimi sonucu karbon stoğunda gerçekleşen yıllık azalma (ton C/yıl)

Lorman zararları : Orman zararları sonucu karbon stoğunda gerçekleşen yıllık azalma (ton C/yıl)

$$\text{Lhasat} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1 + R) \cdot CF\} \quad (\text{Denklem 8})$$

Lhasat : Kesim sonucu yıllık biyokütle kaybı, ton C/yıl.

H : Yıllık yuvarlak odun üretimi, m³/ yıl

R : Belli bitki örtüsü için kök-gövde oranı (ton toprakaltı kuru madde/ton topraküstü kuru madde). Seviye-1 düzeyi hesaplamalarda toprakaltı biyokütlenin değişmediği varsayıldığında R değeri sıfır kabul edilir.)

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C /ton kuru madde

$BCEF_R$ = Odun üretim hacmi için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü. Ticari biyokütle hacmini kabuk dahil toplam biyokütleye dönüştürmekte (ton biyokütle/m³ . Eğer BCEFR değeri elde yoksa ve biyokütle genişleme katsayısı (BEFR) ve odun yoğunluğu (D) ayrı ayrı hesaplanmışsa o zaman:

$$BCEF_R = BEF_R \cdot D \quad (\text{Denklem 9})$$

şeklinde hesaplanabilir.

Ülke ölçeğinde hesaplama yapılacaksa ve elde yuvarlak odun üretim verisi yoksa FAO üretim istatistikleri kullanılabilir. FAO verisi kabuksuz hacim değeridir. Bunu kabuklu ticari oduna çevirmek için geçerli genişleme faktörü olarak 1.15 alınabilir (IPCC, 2006).

$$\text{Lyakacakodun} = \{[FGağaç \cdot BCEF_R \cdot (1 + R)] + Fgağaç \text{ kısmı} \cdot D\} \cdot CF \quad (\text{Denklem 10})$$

Lyakacakodun : sonucu yıllık biyokütle kaybı, ton C/yıl.

FGağaç : Yıllık yakacak odun üretimi (tüm ağaç), m³/ yıl

FGağaç kısmı : Yıllık yakacak odun üretimi (ağaç kısımları), m³/ yıl

R : Belli bitki örtüsü için kök-gövde oranı (ton toprakaltı kuru madde/ton toprak üstü kuru madde). Seviye-1 düzeyi hesaplamalarda toprakaltı biyokütlenin değişmediği varsayıldığında R değeri sıfır kabul edilir)

CF : Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C /ton kuru madde

D : odun yoğunluğu, ton d.m./ m³

BCEFR : Odun üretim hacmi için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü. Ticari biyokütle hacmini kabuk dahil toplam biyokütleyle dönüştürmekte (ton biyokütle/m³. Eğer BCEFR değeri elde yoksa ve biyokütle genişleme katsayısı (BEFR) ve odun yoğunluğu (D) ayrı ayrı hesaplanmışsa o zaman:

$$BCEFR_R = BEFR_R \cdot D$$

şeklinde hesaplanabilir.

ÖRNEK

İstanbul Bahçeköy orman işletmesinin önümüzdeki 5 yıl için planlanan yıllık olağan kesim etası (hasılat) 5000 m³/yıl endüstriyel, 1000 m³/yıl yakacak odundur (kabuklu). Bu dönemde gerçekleşecek karbon emisyon değerini hesaplayınız (ortalama 80 yaşında meşe ağırlıklı yapraklı orman). Bu örnek Seviye-1 düzeyinde hesaplanacak olursa

Denklem 8 ve 10'dan yararlanılarak;

Endüstriyel odun için

$$\text{Lhasat} = \{H \cdot BCEFR_R \cdot (1 + R) \cdot CF\}$$

Lhasat = 5000 • 1.55 • (1+0.30) • 0.48 (1.55 değeri Tablo 5, 0.30 değeri Ek Tablo 3, 0.48 değeri ise Ek Tablo 2' den alınmıştır.)

$$\text{Lhasat} = 4836.0 \text{ ton C/yıl}$$

Yakacak odun için(yakacak odunun 800 m³ünün gövde 200 m³ünün dal olduğunu varsayalım)

$$\text{Lyakacakodun} = \{[\text{FGağaç} \cdot \text{BCEFR} \cdot (1 + R)] + \text{FGağaç kısmı} \cdot D\} \cdot \text{CF}$$

$$\text{Lyakacakodun} = (800 \cdot 1.55 \cdot (1 + 0.30) + 200 \cdot 0.57) \cdot 0.48 \quad (0.57 \text{ değeri Tablo 9' dan alınmıştır})$$

$$\text{Lyakacakodun} = 829.4 \text{ C/yıl}$$

Toplam emisyon 5665.4 ton C/yıldır. Bu değer kesilen tüm odunun aynı yıl yakılarak ortadan kaldırılması durumunda gerçekleşecek emisyon değerini ifade etmektedir. Bu varsayım yakacak odun için geçerli olmakla beraber endüstriyel odun için genelde geçerli değildir. Dolayısıyla hesaplanan 829.4 ton C/yıl değeri doğrudan emisyon (enstantane oksidasyon) olarak endüstriyel odun kısmı ise odun ürünleri (HWP) kapsamında hesaplanarak ifade edilmelidir. Bu durumda kesilen endüstriyel odundaki karbonun seçilecek yöntemle göre uzun yıllar boyunca her yıl belli bir miktar emisyon yapacağı kabul edilir.

Kesilen tüm odunun C salım değerini CO₂ eşdeğeri olarak ifade edersek 44/12 ile çarpmamız gerekir. Bu durumda;

$$\begin{aligned} &= 5665.4 \cdot 44/12 \\ &= 20773.1 \text{ ton CO}_2 \text{ eq} \end{aligned}$$

Sonucu yorumlamak gerekirse: Önümüzdeki 5 yıl boyunca endüstriyel ve yakacak odun amaçlı olarak kesilecek odun miktarı yıllık 6000 m³ olup bu kesim düzeninin toplamda yıllık 20773.1 ton karbondioksit eşdeğeri salıma eşit olacağı ve bu miktar karbondioksit eşdeğeri salımın yakacak odun kısmının hemen kesim yılı, endüstriyel odun kısmının ise yıllara yayılacak şekilde gerçekleşeceği söylenebilir. Hesaplama Seviye-1 düzeyinde yapıldığından belirsizlik düzeyi yüksektir. Daha hassas bir hesaplama için ülkeye özgü katsayıların kullanılmasına özen gösterilmesi gerekir.

$$\text{Lorman zararları} = \{A_{\text{orman zararları}} \cdot BW \cdot (1 + R) \cdot CF \cdot fd\} \quad (\text{Denklem 11})$$

Lorman zararları : Orman zararları sonucu yıllık karbon kaybı, ton C/yıl

Aorman zararları : Etkilenmiş olan alan, ha/yıl

BW = Zararın olduğu alanda ortalama topraküstü biyokütle, ton kuru madde/ ha

R : Belli bitki örtüsü için kök-gövde oranı (ton toprakaltı kuru madde/ton topraküstü kuru madde). Seviye-1 düzeyi hesaplamalarda toprakaltı biyokütlenin değişmediği varsayıldığında R değeri sıfır kabul edilir.)

CF : Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C /ton kuru madde

fd : Zarar sonucu kaybolan biyokütlenin toplam biyokütleyle oranı. Tüm biyokütleyi ortadan kaldıran

bir zarar söz konusuysa $fd = 1$ alınır. Böcek zararı gibi kısmi zararalarda fd oranı 0.1-1.0 arası bir değer alabilir.

2- Stok Farkı (Stock Difference) Metodu

$$\Delta CB = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \quad (\text{Denklem 12})$$

ΔCB = Karbon havuzundaki yıllık CSC, ton C yıl⁻¹
 C_{t1} = t_1 zamanında havuzdaki karbon stoğu, ton C
 C_{t2} = t_2 zamanında havuzdaki karbon stoğu, ton C

$$C = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot V_{i,j} \cdot BCEF_{s,i,j} \cdot (1 + R_{i,j}) \cdot CF_{i,j})_{i,j} \quad (\text{Denklem 13})$$

Burada t_1 ve t_2 zamanlarındaki C hesaplanırken (C_{t1} , C_{t2});

C: t_1 ve t_2 zamanlarındaki biyokütledeki toplam karbon

A: Arazi kullanım kategorisinin alanı (orman, mera vb.) (ha)

V: Dikili hacim (m³/ha)

İ: Ekolojik zon i (i= 1'den n'ye kadar)

J: İklim zonu (j= 1'den m'ye kadar)

R: Kök-gövde oranı (ton kuru madde / ton kuru madde)(dm)

CF: Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C / ton dm)

BCEFs: Dikili hacmi toprak üstü biyokütleye dönüştürme ve genişletme katsayısı (toprak üstü biyokütle/dikili hacim). BCEFs katsayısı kesilebilir dikili hacmi doğrudan toprak üstü biyokütleye dönüştürebilmektedir. Hacim esaslı envanter verilerinden toprak üstü biyokütle hesabı bu şekilde kolayca yapılabilir; eğer BCEFs değerleri elde yoksa o zaman BEFs(Biyokütle genişleme faktörü) ve D (odun yoğunluğu) değerlerini ayrı ayrı hesaba katmak gerekir;

$$BCEFs = BEFs \cdot D \quad (\text{Denklem 14})$$

Ulusal sera gazı envanterimizde literatüre dayalı olarak ibrelili türler için ortalama 0.5, yapraklı türler için ortalama 0.64 g/cm³ odun yoğunluğu değerleri kullanılmaktadır.

Stok farkı yönteminde eğer hektar bazında hesaplama yapılıyorsa elde edilen toplam alana oranlanır. Bazı durumlarda tüm ülke ölçeğinde hesaplama yapıyor olabilir. Örneğin HWP hesaplamalarında genellikle tüm ülkeye ait değerlerin farkı alınır ve gerekli dönüşüm faktörleri ile karbon stoğuna dönüştürülür.

Belli bir arazi kullanım kategorisi için kullanıldığında t1 ve t2 zamanlarındaki alanların aynı olmasına dikkat edilmesi gerekir. Aksi takdirde alan değişimi ile karbon stok değişimi ayırt edilemez.

Eğer alan değişirse denklem

$$(C_{\text{stock/alan}})_{t_2} - (C_{\text{stock/alan}})_{t_1} \times \text{alan } t_2$$

şeklinde modifiye edilmelidir.

Kazanç-kayıp veya Stok Farkı yöntemlerinin uygulanmasında söz konusu alan envanter başlangıcında veya sonunda aynı arazi kategorisinde (orman, mera vb.) yer almalıdır. Aksi takdirde arazi kullanım değişikliği söz konusu olur. Arazi kullanım değişikliği durumunda eğer ülkeye özgü bir değer belirlenmemişse geçerli geçiş süresi 20 yıldır. Yani geçiş dönemi 20 yıl kabul edilir. Örneğin bir mera alanı 2003 yılında ormana dönüşmüşse, bu alan 2023 yılına kadar meradan ormana dönüşen alan kategorisinde yer alacaktır. Ancak bu süre sonunda meradan dönüşen orman alanının karbon stokunun dengeye geldiği ve artık IPCC kılavuz değerlerinin kullanılması mümkün olabilir.

Stok farkı yöntemi ulusal orman ve diğer arazi kullanımları için periyodik envanter yapan ülkeler için çok uygundur. Ülkemizde 1972 ve 2004 yıllarına ait ulusal orman envanterleri mevcut olup 1990-2004 dönemi sera gazı salım ve tutumları doğrusal enterpolasyonla daha sonraki yıllar ise ENVANIS veri tabanına dayalı olarak hesaplanmaktadır. Ulusal Sera Gazı Envanterimizde biyokütledeki karbon stok değişimi Stok Farkı yöntemine göre hesaplanmaktadır (NIR, 2014).

Gerek Stok Farkı gerekse Kazanç-Kayıp yöntemleri tüm arazi kullanım kategorileri (FL-FL, CL-CL, GL-GL vb.) için kullanılabilir. Diğer bir nokta da biyokütleden karbon kaybı sadece CO₂ şeklinde olmayabilir. Örneğin termitler ve diğer yaban hayvanlarınca otlanarak da metan (CH₄) salımı söz konusudur (IPCC, 2006).

ÖRNEK

İzmir ilinde 100 ha'lık bir kızılçam ormanındaki toprak üstü biyokütle ve karbon stokunu ve karbon stok değişimini hesaplayalım.

Amenajman planından hektardaki dikili kabuklu hacim ortalama 70 m³ olarak hesaplanmış Hacim artımı ise yine amenajman planlarından ortalama 4.2 m³/ha olarak alınmıştır.

Kızılçam için D değeri 0.478 ton/m³, BEF1 katsayısı 1.319, kök-gövde oranı 0.29 (Tolunay, 2011) alınabilir. R değeri için Tablo 3 de verilen 0.46 değeri, BCEF için Tablo 4 deki ibreliler için önerilen BCEFs=0.75 ton/m³ (stok) ve BCEFI=0.6 ton/m³ (artım) değerleri de kullanılabilir. Fakat IPCC 2006 da verilen geçerli genel katsayıların kullanılması hesaplama seviyesini 2 den 1 e düşürür. Bu nedenle hesaplamada ulusal katsayı ve değerler kullanılmıştır.

Denklem 5 ve 6'yı kullanalım.

$$G_{topl} = \Sigma \{ I_v \cdot BCEF_i \cdot (1+R) \}$$

$$BCEF_i = BEF_i \cdot D$$

$$BCEF_1 = 1.319 \cdot 0.478 = 0.63 \text{ ton/m}^3$$

Meşceredeki toplam biyokütle;

$$G_{topl} = 70 \cdot 0.63 \cdot (1+0.29)$$

$$= 56.9 \text{ ton/ha'dır.}$$

Meşceredeki yıllık biyokütle artımı;

$$G_{topl} = 4.2 \cdot 0.63 \cdot (1+0.29)$$

$$= 3.4 \text{ ton/ha dır.}$$

Kuru odunun karbon fraksiyonu (CF) 0.51 ton C/ton d.m. olarak kabul edilirse (IPCC, 2006). CF değeri ölü örtü için 0.37 ton C/ton d.m. alınabilir. Ağaç kısımları için Tablo 2 kullanılabilir (IPCC, 2006).

Karbon stoku;

$$56.9 \cdot 0.51 = 29 \text{ ton C/ha}$$

$$\text{Karbon stok artışı is } 3.4 \cdot 0.51 = 1.7 \text{ C/ha}$$

olarak hesaplanır.

ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİKLİĞİ DURUMUNDA KARBON STOK DEĞİŞİMİ (CSC)

Bazı durumlarda arazi kullanım değişikliğinin neden olacağı karbon salım ve tutumlarını hesaplamak gerekebilir. Örneğin bir meranın veya tarım alanının ağaçlandırılması gibi. Bu durumda toprak karbon stokunun 20 yılda dengeye geldiği varsayılırken toprak üstü ve altı biyokütle havuzlarının durumu farklılık gösterir. Biyokütle değerlendirmesinde yapılan uygulamaya göre varsayımlar geliştirilmelidir. Örneğin meradan yerleşime dönüşümde tüm biyokütlenin dönüşüm yılında salım olarak uzaklaştığı varsayılabilir. Meradan ormana dönüşümde ise diri örtü temizliği, fidan dikimi gibi tüm ilgili faaliyetler dikkate alınır.

Hesaplama prosedürü olarak yukarıda açıklanan Kazanç-Kayıp yöntemi ($\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$) kullanılabilir.

Kazançlar (ΔCG) hesaplanırken arazi kullanım değişikliği olmayan alanlar için kullanılan yıllık biyokütle artımını belirlemeye yönelik denklemden yararlanılabilir (Denklem 3). Bu durumda daha önceki arazi kullanımının karbon stokunun arazi kullanım değişiminden etkilenmediği varsayılmaktadır. Bu varsayım eğer önceki arazi kullanımı bilinmiyorsa makul kabul edilebilir. Fakat biliniyorsa o zaman Seviye-2 ve 3 düzeyinde hesaplamaya gitmek ve önceki kullanımın sahip olduğu karbon stokunun değişimini ortaya koymak gerekir. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir (IPCC, 2006 Denklem 2.15);

$$\Delta CB = \Delta CG + \Delta C_{\text{dönüşüm}} - \Delta CL \quad (\text{Denklem 15a})$$

Burada;

ΔCB = Başka arazi kullanımına dönüştürülen alanlardaki yıllık biyokütle karbon stok değişimi (ton C/yıl)

ΔCG = Dönüştürülen alanda büyüme sonucu biyokütlerdeki karbon stoklarındaki artış (ton C/yıl)

$\Delta C_{\text{dönüşüm}}$ = Biyokütlerde dönüşüm öncesi meydana gelen karbon stok değişimi (ton C/yıl)

ΔCL = Dönüşüme uğrayan arazide üretim, yakacak odun ve orman zararları sonucu biyokütle karbon stoklarındaki azalma (ton C/yıl)

Başka bir arazi kullanımına dönüştürüldüğünde biyokütle karbon stoğu değişebilir (örneğin diri örtü temizliği gibi). Bu dönüşüm öncesi biyokütlerdeki karbon stok değişimi ($\Delta CDÖNÜŞÜM$) aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$\Delta C_{\text{DÖNÜŞÜM}} = \sum_i \{ (B_{\text{SONRASI}} - i - B_{\text{ÖNCE}} - i) \cdot \Delta \text{ADİĞER_AK}_i \} \cdot CF \quad (\text{Denklem 15b})$$

Burada;

$\Delta CDÖNÜŞÜM =$ Biyokütlerde dönüşüm öncesi meydana gelen karbon stok değişimi (ton C/yıl)

$B_{SONRASI-I}$: Dönüşüm sonrası yeni i arazi kullanım tipindeki biyokütle stoğu ton kuru madde/ha

$B_{ÖNCESİ-I}$: Dönüşüm öncesi yeni i arazi kullanım tipindeki biyokütle stoğu ton kuru madde/ha

$\Delta ADİĞER_AK_I$: Başka bir arazi kullanım tipine dönüştürülen i arazi kullanımının alanı (ha/yıl)

CF: Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C / ton dm)

\dot{I} = Başka bir arazi kullanım tipine dönüştürülen arazi kullanım tipi.

Ortalama biyokütle karbon stoku 80 Mg C h⁻¹ olan bir orman arazisi tarım alanına dönüştürüldüğünde dönüştürülen alanın karbon stoku ile ormanın karbon stok farkı salım yapılan miktarı belirler. Tek yıllık bir tarım arazisi yaklaşık 3-5 Mg C h⁻¹ karbon stokuna sahiptir. Entansif tarımsal ormancılık uygulamalarında bu değer 30-60 Mg C h⁻¹ a kadar çıkabilir. Arazi kullanım tipinde yıllık karbon tutumu birbirine yakın olabilir fakat karbonun tutulduğu ve biriktiği süre farklılık gösterecektir. Ormanda onlarca yıl, tarımsal ormancılıkta daha kısa, tarımda ise tek yıldır.

Ülkemizde sera gazı envanteri daha önce yapılmış olan envanterlere ve son yıllarda da ENVANIS veri tabanına dayalı olarak yapılmaktadır. Daha önce yapılmış 2 envanter ve 2012 yılına ait ENVANIS sonuçları aşağıda verilmiştir. Buna göre orman alanımız yıllar itibariyle artış göstermektedir. Artış hızı Tablo 11 baz alındığında 1972-2012 arasında 36.069 ha/yıl olarak hesaplanabilir. Normal kapalıdaki orman alanının artışı ise bundan daha hızlı gerçekleşmektedir. Ortalama artış hızı yine aynı dönemde 65.908 ha/yıl olarak hesaplanabilir. Bu durum toplam orman alanı artarken bozuk orman alanlarının da normal kapalı orman alanları lehine azaldığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla hektardaki ortalama karbon yoğunluğunun (ton C/ha) gittikçe arttığı çıkarımı yapılabilir.

Tablo 11. Farklı tarihlerde yapılan envanter sonuçlarına göre orman alanları (OGM, 2012).

Orman Forumu		1973		2004		2012	
		ha	%	ha	%	ha	%
Koru	Normal	6.176.899	31	8.940.215	42	10.281.728	47
	Bozuk	4.757.708	23	6.499.380	31	6.978.864	32
Koru Toplam		10.934.607	54	15.439.595	73	17.260.529	79
Baltalık	Normal	2.679.558	13	1.681.006	8	1.276.940	6
	Bozuk	6.585.131	33	4.068.146	19	3.140.602	15
Baltalık Toplam		9.264.689	46	5.749.152	27	4.417.542	21
Genel Orman	Normal	8.856.457	44	10.621.221	50	11.558.668	53
	Bozuk	11.342.839	56	10.567.526	50	10.119.466	47
Genel Orman Toplamı		20.199.296	100	21.188.747	100	21.678.134	100

ÖLÜ ODUN VE ÖLÜ ÖRTÜ

Ölü odun ve ölü örtüden oluşan ölü organik madde havuzu orman ekosistemlerinde bazı durumlarda önemli bir karbon havuzu olabilir. Örneğin bir yangın sonucu kalan kökler önemli bir miktar ifade edebilir ve bunların ayrışması yıllar sürebilir. Bazı ormancılık uygulamaları daha fazla ölü örtü ve ölü odun birikimine neden olurken bazıları ayrışmayı hızlandırarak ölü örtü miktarını çok azaltabilir. Özellikle rekreasyon yapılan ormanlık alanlarda ölü örtü kalınlığı ve ölü odun miktarı çok az olabilir.

Eğer arazi kullanım değişikliği söz konusu değilse orman veya benzeri bitki örtülerinde Seviye-1 düzeyinde ölü organik madde havuzunun değişmediği varsayılır. Bu kabulde hektardaki ölü örtü ve ölü odun miktarı yıldan yıla sabittir ve değişmemektedir. Çoğu ülke sera gazı envanterinde bu kabulü yapmaktadır. Bunun bir sonucu olarak örneğin yangın gibi bir orman zararı durumunda ölü organik madde stokunun değişimi dikkate alınmamaktadır; sadece ölü organik maddenin yanması sonucu ortaya çıkan sera gazlarının salımları hesaplanmaktadır.

Ölü organik maddedeki değişimin hesaplanması Seviye-2 ve 3 kapsamındadır. Burada Kazanç-Kayıp ve Stok Farkı yöntemlerinden biri kullanılabilir. Fakat ölü örtü ve ölü odun özelliklerini içeren belli aralıklarda yapılmış envanterlere gereksinim vardır.

Arazide doğruluğu test edilmiş simülasyon modelleri de bu amaçla kullanılabilir. Ölü organik maddedeki yıllık değişim aşağıdaki denklemle ifade edilebilir;

$$\Delta C_{DOM} = \Delta C_{DW} + \Delta C_{LT} \quad (\text{Denklem 16})$$

Burada;

ΔC_{DOM} = Ölü organik madde karbon stoklarındaki yıllık değişim (ton C/yıl)

ΔC_{DW} = Ölü odun karbon stokundaki değişim (ton C/yıl)

ΔC_{LT} = Ölü örtü karbon stokundaki değişim (ton C/yıl)

Eğer Kazanç-kayıp yöntemiyle hesaplama yapılacaksa;

$$\Delta C_{DOM} = A \cdot \{ (DOM_{girdi} - DOM_{çikti}) \cdot CF \} \quad (\text{Denklem 17})$$

Burada:

ΔC_{DOM} = Ölü organik madde karbon stokunda meydana gelen yıllık değişim (ton C/yıl)

A = Hesaplamaya konu alan (ha)

DOM_{girdi} = Doğal sebepler veya insan etkisi/orman zararları ile biyokütlenin ölü odun/ölü örtüye geçen yıllık miktarı (ton dm/ha yıl)

$DOM_{çikti}$ = Ölü örtü/ölü odundaki biyokütlenin ayrışma ve çeşitli sebeplerle yıllık kaybı (ton dm/ha yıl)

CF: Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C / ton dm)

Denklemdaki girdi ve çıktılar yıllık doğal durumlar (yaprak dökülmesi, ayrışma) olabildiği gibi insan etkileri ile gerçekleşen farklı durumlar (kesim, aralama vb.) da olabilir. Seviye-2 ve 3 hesaplamalarında bu geçişlerin miktarı hesaplanır.

Eğer orman envanterinde ölü organik madde ile ilgili ölçmeler yer alıyorsa Stok Farkı yöntemi ile de hesaplama yapılabilir:

$$\Delta C_{DOM} = \left[A \cdot \frac{(DOM_{t2} - DOM_{t1})}{T} \right] \cdot CF \quad (\text{Denklem 18})$$

Burada;

ΔC_{DOM} : Ölü odun ve ölü örtü karbon stoklarında yıllık değişim (ton C/yıl)

A : Hesaplamaya konu alan (ha)

DOM_{t1} : t1 zamanındaki ölü odun/özü örtü stoku (ton dm/ha yıl)

DOM_{t2} : t2 zamanındaki ölü odun/özü örtü stoku (ton dm/ha yıl)

T (t2-t1): İki ölçüm arasındaki zaman farkı (yıl)

CF : Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C / ton dm)

Stok Farkı yönteminde hesaplamaya konu olan alanın t1 ve t2 zamanlarında eşit olması gerekir. Özellikle kesim esnasında ticari önemi olmayan dal, yaprak, kök veya gövdeler alanda bırakıldığında ölü organik madde havuzuna geçer. Ölen ağaçlar da aynı şekilde ölü odun olarak alanda kalabilir. Seviye-1 hesaplamalarında bu geçişlerin aynı yıl atmosfere salınacağı varsayılmaktadır. Ölü organik madde havuzuna biyokütleden geçen madde miktarı aşağıdaki denklemle hesaplanabilir;

$$DOM_{girdi} = \{L_{ölüm} + L_{artık} + (L_{orman zararları} \cdot f_{BLol})\} \quad (\text{Denklem 19})$$

Burada;

DOM_{girdi} : Biyokütleden ölü organik madde havuzuna geçen toplam karbon (ton C/yıl)

$L_{ölüm}$: Ağaç ölümleri sonucu biyokütleden ölü organik madde havuzuna geçen karbon (ton C/yıl)

$L_{artık}$: Alanda kalan artıklar ile ölü organik madde havuzuna geçen karbon (ton C/yıl)

$L_{orman zararları}$: Orman zararları ve çeşitli etkiler sonucu biyokütleden gerçekleşen karbon kaybı (ton C/yıl)

f_{BLol} : Orman zararları ve çeşitli etkiler sonucu ortaya çıkan biyokütlenin alanda çürümeye bırakılan kısmıdır. Bu kısım duruma göre ölü odun, ölü örtü, yanma sonucu salım veya odun ürünleri havuzlarının birine veya birkaçına geçiş yapabilir.

Bu eşitlikte yer alan aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$L_{ölüm} = \Sigma(A \cdot G \cdot CF \cdot m) \quad (\text{Denklem 20})$$

Burada;

Lmortality = Ağaç ölümleri sonucu biyokütleden kaybolan karbon (ton C/yıl)

A: Hesaplamaya konu alan (ha)

Gw = Toprak üstü biyokütle artımı, ton dm /ha yıl (see Equation 2.10)

CF: Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C / ton dm)

m = Toprak üstü biyokütle artımının ölüm oranı

Eğer ölüm oranı hacim artımının yüzdesi veya oranı olarak kullanılacaksa o zaman denklemdeki Gw hacim artımı ile değiştirilebilir. Ölüm oranı meşcerenin birçok özelliğine göre ve yaşa göre değişim gösterir.

Artık biyokütle kısımların (Aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Kesim sonrası veya yakacak odun alımı sırasında alanda terk edilen atıkları kapsar.

$$L_{artık} = \{H \cdot BCEFR_R (1+R)\} - \{H \cdot D\} \cdot CF \quad (\text{Denklem 21})$$

Burada;

$L_{artık}$: Toprak üstü biyokütleden ölü organik madde havuzuna geçen artık maddedeki (ölü kökler dâhil) karbon (ton C/yıl)

H: Yıllık odun hasadı (endüstriyel ve yakacak odun toplamı) m³/yıl (Eğer yakacak odun alımı tüm toprak üstü biyokütleyi kapsıyorsa o zaman ölü organik madde havuzuna herhangi bir geçiş olmadığı varsayılır).

B_{CEFR} : Odun atıkları için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü.

Ticari biyokütle hacmini kabuk dahil toplam biyokütleye dönüştürmekte (ton biyokütle/m³). Eğer BCEFR değeri elde yoksa ve biyokütle genişleme katsayısı (BEFR) ve odun yoğunluğu (D) ayrı ayrı hesaplanmışsa o zaman:

$$BCEFR_R = BEFR \cdot D \quad (\text{Denklem 22})$$

Şeklinde hesaplanabilir.

R: Kök-gövde oranı (ton kuru madde / ton kuru madde)(dm). Kök biyokütle artımı dikkate alınmayacaksa R=0 kabul edilir.

CF: Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C / ton dm)

Yukarıda ölü organik madde ile ilgili açıklanan yöntemler bir arazi kullanım değişikliği olmayan durumlarda geçerlidir. Eğer arazi kullanım değişikliği söz konusuysa (örn. ormandan meraya veya tarımdan ormana) o zaman hesaplama yöntemi bir miktar değişmektedir. Seviye-1 düzeyinde hesaplama yapılıyorsa orman dışındaki arazi kullanımlarında – mera, tarım gibi- arazi kullanım değişikliği sonrası DOM (ölü organik madde) sıfır kabul edilebilir. Ormandan diğer kullanımlara geçiş olduğu yıl tüm DOM stokunun salımla uzaklaştığı varsayılır. Ters durumda ise ölü organik madde havuzu sıfırdan başlayarak belli sürede (ülkeye özgü bir türe belirlememişse geçerli süre 20 yıldır) belli bir düzeye kadar artış gösterir. Bu sürenin ölü örtü için uygun fakat ölü odun için kısa olacağı açıktır dolayısıyla ulusal literatür veya en kötü ihtimalle uzman görüşü ile bu sürede değişiklik yapılabilir. Yirmi yıllık geçiş süresi içinde alanda DOM stoku artış gösterir ve sürenin sonunda orman olarak kalan ormanlık alan (FL-FL) kategorisine geçeceğinden dolayı yirminci yıldan sonra, eğer bir dış etki söz konusu değilse, DOM havuzunun da sabit kalacağı varsayılır.

Orman dışındaki arazi kullanımlarında da belli oranda DOM mevcut olabilir. Örneğin yerleşimlerde, meralarda veya tarım arazilerinde az da olsa ölü örtü ve ölü odun bulunabilir fakat bu tip arazi kullanımları çok değişkenlik gösterdiğinde ve DOM havuzu da bu kullanımlarda düşük olduğundan geçerli uluslararası değerler vermek mümkün olmamakta fakat bölgesel ve yöresel çalışmalar teşvik edilmektedir.

Arazi kullanım değişikliği nedeniyle DOM stokunun değişimi hesaplanacaksa değişiklik önceki ve sonraki karbon stokunun farkı alınıp eğer salımsa değişimin olduğu yıl (eğer tutumsa geçiş periyodu boyunca) üniform dağıtılarak hesaplama yapılır;

$$\Delta C_{DOM} = (C_n - C_o) \cdot A_{om} \quad (\text{Denklem 23})$$

T_{om}

ΔC_{DOM} : Ölü odun ve ölü örtüde karbon stoklarının yıllık değişimi (ton C/yıl)

C_o : Önceki arazi kullanımındaki ölü odun ve ölü örtü karbon stoku (ton C/yıl)

C_n : Yeni arazi kullanımındaki ölü odun ve ölü örtü karbon stoku (ton C/yıl)

A_{om} : Arazi kullanım değişikliğine konu alan (ha)

T_{om} : Eski arazi kullanım kategorisinden yenisine geçiş süresi. Stok artış durumunda 20 yıl, stok azalma durumunda 1 yıl.

Ölü örtü (<10 cm çap) ve ölü odun (>10 cm çap) için iklim ve toprak tipine bağlı geçerli değerler vermek mümkün değildir çünkü bu konuda yeterli literatür henüz oluşmamıştır. Ölü odun için genel geçerli değerler verilmemektedir fakat IPCC (2006) ölü örtü için geçerli bazı referans değerleri içermektedir (Tablo 14). Farklı orman tiplerinin ölü örtü ve ölü odunda içerdiği karbon stok değerlerini belirlemeye yönelik araştırma konuları bu bakımda teşvik edilmelidir. Tolunay (2011) tarafından Tolunay ve Çömez'e (2008) dayanılarak ölü örtü için hesaplanmış ortalama değerler Tablo 12' de verilmiştir. İstanbul çevresi için de ölü örtü karbon stok değerleri ise Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 12. Ülkemiz genelinde ibreli, yapraklı ve makilik ölü örtü için hesaplanmış karbon stok değerleri (Tolunay, 2011).

	Ölü örtü	
	Örnek sayısı	t C ha ⁻¹
İbreli	591	7.46
Yapraklı	371	3.75
Makilik	41	1.70

Tablo 13. İstanbul civarı için (sıcak-kurak, Akdeniz İklim Tipi, HAC toprak tipi) ölçülen ölü örtü karbon stok değerleri (Serengil ve ark., 2015).

	ÖÖ (t C/ha)		Örnek sayısı
	\bar{x}	σ	
Mera	0,06	0,07	20
Tarım (tek yıllık)	0,27	0,36	8
İbreli	4,43	3,27	14
Yapraklı	2,86	1,65	22
Karışık (İbreli-Yapraklı)	4,02	1,77	12
Yapraklı (Rekreasyon)	1,49	0,70	8

Ölü örtü karbon stok değerleri toprağa göre genellikle daha düşük düzeydedir ve değişkendir. Yukarıda verilen değerler kullanılırken dikkat edilmesi gereken nokta bu değerleri en son çözüm olarak değerlendirmektir. Zira ölü örtü birikimi ve ayrışması aynı ağaç türünde farklı iklim, yükseklik ve yönetim etkileri altında büyük değişim gösterir. Ayrıca dikkat edilirse ülkeye özgü ölü örtü karbon stok değerlerinin IPCC (2006) tarafından verilen geçerli (default) değerlerden oldukça düşük olmasıdır. IPCC (2006) tarafından önerilen değerler Tablo 14 da verilmiştir.

Tablo 14. Geçerli ölü örtü karbon stok değerleri (IPCC, 2006).

İklim	Orman Tipi			
	Geniş yapraklı	İğne yapraklı	Geniş yapraklı	İğne yapraklı
	Yaşlı ormanlarda ölü örtü karbon stok değeri		Yaşlı ormanlarda ölü odun karbon stok değeri	
	(ton C ha ⁻¹)		(ton C ha ⁻¹)	
Soğuk - kuru	25 (0 - 58)	31 (6 - 86)	n.a ^b	n.a
Soğuk - nemli	39 (11 - 117)	55 (7 - 123)	n.a	n.a
Ilıman Serin-kuru	28 (23 - 33) ^a	27 (17 - 42) ^a	n.a	n.a
Ilıman Serin-nemli	16 (5 - 31) ^a	26 (10 - 48) ^a	n.a	n.a
Ilıman Sıcak-kuru	28.2 (23.4 - 33.0) ^a	20.3 (17.3 - 21.1) ^a	n.a	n.a
Ilıman Sıcak-nemli	13 (2 - 31) ^a	22 (6 - 42) ^a	n.a	n.a
Yarı-tropikal	2.8 (2 - 3)	4.1	n.a	n.a
Tropikal	2.1 (1 - 3)	5.2	n.a	n.a

^a Kuru madde değeri 0.37 CF değeri ile çarpılarak elde edilmiştir.

^b Ölü odun karbon stok değeri için literatür verisi yeterli olmadığından geçerli değer hesaplanmamıştır.

Ülkemiz IPCC iklim sınıflamasına göre ılıman bölgeye girmektedir. Tabloda bu bölge için iğne yapraklılarda ölü örtü karbon stok değeri ortalaması nemli-kuru, serin-sıcak olmasına göre değişmekle beraber 20.3-27.0 ton/ha aralığında değişmektedir. Alt ve üst sınırlar da verilmiştir. Tolunay'a (2011) göre bu değer 7.46 ton/ha'dır.

Her türlü karbon hesaplama çalışmasında (ulusal veya proje bazında) ülkeye özgü katsayıları kullanmak tercih edilmelidir. Fakat ölü örtü hesaplamalarında IPCC geçerli değerleri orman çağı ve iklim tipine göre ayırım gösterdiği ve alt-üst sınır değerleri verdiği için ve uluslararası anlamda tutarlılık sağlaması yönünden ulusal değerlere göre daha önceliklidir. Ekosistemlerde karbon değerleri çalışmaları yapılırken ister toprak üstü ve toprakaltı, isterse ölü örtü-ölü odun ve toprak olsun mutlak suretle iklim ve toprak tipi değişkenlerini dikkate alarak hesaplamalar yapmak ve envanter sonunda verilecek belirsizlik analizlerinde kullanılmak üzere standart sapma değerlerini de sağlamak gerekmektedir.

TOPRAK KARBONU

İklim değışikliği ile mücadele amaçlı projelerin çoğu biyokütleyle odaklanmış olsa da (örneğin REDD+) aslında küresel ölçekte toprakta tutulan karbon miktarı biyokütlede ve atmosferde tutulandan fazladır. Küresel çapta toprakta tutulan organik karbonun boyutu hakkında farklı rakamlar ortaya konulmaktadır. Topraktaki organik karbonun miktarı küresel ölçekte 1500 Pg C (milyar ton karbon) civarındadır (Scharleman ve ark., 2014). Genel bir oran olarak topraktaki organik karbonun tüm toprak karbonundaki oranının 2/3 olduğu söylenebilir. Geri kalan ise inorganik karbondur. Toprak organik karbonunun ve karbon stoklarındaki değışimlerin iyi anlaşılması daha iyi yönetim stratejilerinin ortaya konulabilmesini sağlayabilir.

Dünya genelinde bozuk ekosistemlerde veya organik toprakların ağırlıklı olduğu bölgelerde toprak karbonu biyokütle karbonundan daha büyük bir paya sahiptir. Bu gibi durumlarda azaltım amacı toprak karbonunun korunmasına veya biyokütle karbonunun iyileştirilmesine yönelmelidir. Örneğin arazi kullanım değışikliği nedeniyle karbon stokunda gerçekleşebilecek bir azalma bazı tarımsal tekniklerle dengelenebilmektedir. Bu tekniklere örnek olarak; hayvansal atıklar veya gübreleme, azaltılmış veya sıfır sürüm, konservatif sürüm, malçlama verilebilir. İnorganik gübreler de özellikle düşük organik karbonlu topraklarda pozitif etki yapabilir. Topraktaki organik karbonu artırıcı diğer bazı örnekler ise; tarımsal ormancılık, biochar (odun kömürü uygulamaları), çok yıllık bitkilere ağırlık verilmesi gibi biyokütleyle ve toprakta organik maddeyi artırıcı uygulamalardır. Toprak organik karbonunu artırıcı uygulamaların iklim değışikliği ile mücadelede azaltım etkisi yanında ekosistem hizmetlerini iyileştirme yönünden de yararları olabilir. Örneğin su ve bitki besin maddesini tutmak, erozyonu önlemek gibi. Öte yandan sulak alanların ve turbalıkların drenajının önlenmesinde hem olumlu hem olumsuz etkilerinden söz edilebilir. Organik madde korunmakta ve bu sayede karbondioksit salımı azaltılmakta fakat bu arada metan ve N₂O emisyonları gerçekleşmektedir. Dolayısıyla toprak karbonunu tutacak ve karbon stokunu artıracak yönetim stratejileri belirlenir ve uygulanırken çelişen bazı durum ve koşulların da dikkate alınması gerekir.

Topraklarda karbon hem organik hem de inorganik formlarda bulunabilir. Arazi kullanma faaliyetleri daha çok organik karbon formlarını etkilediğinden hesaplamalarda daha çok organik karbon üzerinde durulur.

Öte yandan IPCC kılavuzları toprakları mineral ve organik olarak iki sınıfa ayırmaktadır. Organik topraklar en az yüzde 12-20 organik madde içeren topraklardır¹¹ ve genellikle sulak alanların kötü drenaj koşullarında gelişirler. Diğer tüm toprak tipleri mineral toprak sınıfına girer, daha düşük organik madde içeriğine sahiptirler ve orta ve iyi drenaj koşullarında gelişirler. Sulak alanlar dışındaki tüm ekosistemlerde ağırlıklı olarak mineral topraklar yer alır.

¹¹ Organik topraklar aşağıdaki kriterlere göre tanımlanır:

Bu kriterlere uymayan diğer tüm topraklar mineral olarak sınıflandırılır (FAO 1998'e dayanarak; IPCC, 2006).

1- Organik horizon kalınlığı en az 10 cm veya en az %12 organik madde içerecek şekilde 20 cm olan topraklar:

2- Yıl içerisinde en fazla birkaç gün su altında kalan ve ağırlığının en az %20'si kadar organik karbon içeren topraklar (yaklaşık %35 organik madde).

3- Zaman zaman su altında kalan topraklardan:

a. Kil içeriği çok düşük olup ağırlığının en az %12'si kadar organik karbon içeren (yaklaşık %20 organik madde) veya

b. Kil içeriği %60 veya daha fazla olup ağırlığının en az %18'i kadar organik karbon içeren (yaklaşık %30 organik madde) veya

c. Orta düzeyde kil içeriğine karşılık orta düzeyde ve orantılı miktarda organik karbon.

USDA (Amerikan Tarım Departmanı) ve World Reference Base for Soil Resources (WRB) taksonomisine göre mineral toprak tiplerinin sınıflandırılması Tablo 15’da verilmiştir.

Tablo 15. IPCC toprak sınıflamasının USDA ve WRB sınıflaması ile ilişkisi.

USDA	WRB	IPCC
%70’den fazla kum, %8’den az kil	%70’den fazla kum, %8’den az kil	Kumlu topraklar (Sandy soils)
Aquic	Gleysol	Sulak alan toprakları (wetland soils)
Andisol	Andisol	Volkanik topraklar (volcanic soils)
Spodisol	Podzol	Spodik topraklar (spodic soils)
Mollisols, Vertisols, High-base status, Alfisols, Aridisols,	Leptosols, Vertisols, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems,	Kil içeriğine göre; ▪ Yüksek aktiviteli kil
Inceptisols	Luvisols, Alisols, Albeluvisols, Solonetz, Calcisols, Gypsisols, Umbrisols, Cambisols, Regosols	toprakları (high activity clay soils) veya ▪ Düşük aktiviteli kil toprakları (low activity clay soils)

Toprakta organik madde içerisinde yer alan karbon, organik maddeyi etkileyen her türlü ormancılık faaliyetinden etkilenir. Eğer toprağa giren karbon miktarı veya çıkan miktar değişiyorsa o zaman karbon dengesi değişiyor demektir ve bu da çoğunlukla insan etkileri veya yönetim etkileri ile gerçekleşir. Birçok ormancılık uygulaması bu kapsamda ele alınabilir. Toprakların kompaktlaşması, dökülen yaprakların alandan uzaklaştırılması (örneğin rekreasyon), kapalılığın değiştirilerek ayrışma ve ölü örtü birikim süreçlerinin değiştirilmesi ve bunlara benzer tipik uygulamalar topraktaki karbon stokunu değiştirme potansiyeline sahiptir. Tarım ve mera alanlarında da insan etkilerinin ve çeşitli uygulamaların organik madde ve karbon stoku üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Örneğin toprağın sürülmesi organik madde ayrışmasını ve salımını teşvik edici bir uygulamadır. Mümkün olduğunca az sürüm yapacak şekilde tarım organize edilmelidir. Tek yıllık türler yerine çok yıllık türlerin yetiştirilmesi veya erozyonu önleyici tarımsal uygulamalar, karbon bütçesi ve dengesi yönünden de yarar sağlar. Tarımsal ormancılık (agroforestry) karbon yönetimi yönünden oldukça yararlı bir uygulamadır. Erozyon sonucu organik madde taşınımı Türkiye’de çok yaygın olup taşıma esnasında bir miktarı ayrılarak atmosfere salınmakta bir kısmı da başka yerlerde (baraj, göl, lagün vb.) birikmektedir. Biriken organik maddenin akıbeti oldukça karmaşık olabilir. Eğer turbalık gibi sulak alanlarda birikmişse o zaman sulak alanlardan sera gazı salımı kapsamında ele alınabilir. Bu durumda turbalık işletmesinin üretim kapasitesine göre salım hesaplanır.

Suyla doaygun oksijensiz ortamlarda örneğin subasar ormanları veya turbalıklar gibi sulak alanlarda organik madde birikimi ayrışmadan daha yüksek hızda gerçekleşiyor olabilir. Bu durumda organik madde birikimi gerçekleşir. Bu tip durumlarda taban suyu seviyesi, hidrolojik rejim, bitki örtüsü tipi gibi birçok değişken karbon birikim ve salım süreçlerini etkileyecektir (Thormann ve ark., 1999; Yavitt ve ark., 1997). Drenaj söz konusu olduğunda ise biriken bu organik maddenin ayrışmaya hazır hale geleceği söylenebilir (Armentano ve Menges, 1986; Kasimir-Klemedtsson ve ark., 1997). Drenaj, tarım ve ormancılıkta arazi koşullarını iyileştirmek için zaman zaman kullanılan bir yöntem olup Türkiye’de de geçen yüzyılın ortalarında yoğun biçimde gündeme gelmiştir. Birçok sulak alan drene edilerek tarım alanına dönüştürülmüştür. Drenaj ile organik topraklardan yüksek oranda CO₂ salımı gerçekleşirken sulak koşullarda gerçekleşen metan (CH₄) salımında azalma görülür. Sera gazı envanterlerinde doğal alanlarda doğal sebeplerden kaynaklanan salımlar ve tutumlar dikkate alınmadığından bu durum genellikle gözden kaçmaktadır.

Çeşitli uygulamalar sonucu organik ve inorganik topraklardan gerçekleşen karbon salım ve tutumları aşığıdaki denklemlerle ifade edilebilir;

$$\Delta C_{\text{toprak}} = \Delta C_{\text{mineral}} - L_{\text{organik}} + \Delta C_{\text{inorganik}} \quad (\text{Denklem 24})$$

ΔC_{toprak} : Topraktaki karbon stoğunda yıllık değişim (ton C/yıl)

$\Delta C_{\text{mineral}}$: Mineral topraktaki organik karbon stoğunda yıllık değişim (ton C/yıl)

L_{organik} : Drene edilen organik toprak karbon stoğunda yıllık kayıp (ton C/yıl)

$\Delta C_{\text{inorganik}}$: Topraktaki inorganik karbon stoğunda yıllık değişim (ton C/yıl)

Seviye-1 ve 2 hesaplamalarında topraktaki karbon stok değişimi sıfır kabul edilebilir.

Seviye 1 ve 2 hesaplamalarında mineral topraklar için organik karbon stokunun 30 cm derinliğe (ölü örtü kalınlığı dikkate alınmaz) kadarki kısmı hesaplanır. Organik topraklardan drenaj sonucu karbon kaybı ise emisyon faktörleri yardımıyla hesaplanır. İnorganik karbon havuzundaki değişiklikleri hesaplamaya yönelik bir yöntem ise henüz geliştirilememiştir. Bu nedenle bu havuzdaki karbon stok değişiminin sıfır olduğu kabul edilir.

Seviye-1 hesaplamalarında mineral topraklardaki karbon stokunun yönetim değişikliği olmadığı durumlarda sabit kaldığı, eğer bir yönetim değişikliği söz konusuysa belli bir süreç içinde zamanla arttığı veya azaldığı kabul edilir. Herhangi bir yönetim uygulaması sonucu bir karbon stoku değişimi hesaplanacaksa bu değişim referans durum baz alınarak ve şu varsayımlar dikkate alınarak yapılır;

- Topraktaki organik karbon; toprak, iklim, arazi kullanımı ve yönetim uygulamalarına bağlı olarak durağan bir değere ulaşır

- Yeni yönetim uygulamasında dengeye gelirken toprak organik karbon stoku doğrusal bir değişim gösterir

Aşağıdaki denklemde ifade edildiği gibi iki envanter yılı arasında (örneğin 2005-2010 yılları arası) karbon stok değişimi hesaplanacaksa önce ilk yıl karbon stoku (SOC_{0-T}) sonra da son yıl karbon stoku (SOC₀) hesaplanır, geçen yıl sayısına (örnekte 10 yıl) bölünür. Karbon stokları hesaplanırken referans karbon stok değerleri stok değişim faktörleri ile çarpılır.

$$\Delta C_{\text{mineral}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D} \quad (\text{Denklem 25})$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOCREF_{c,s,i} \cdot FLU_{c,s,i} \cdot FMG_{c,s,i} \cdot FI_{c,s,i} \cdot A_{c,s,i}) \quad (\text{Denklem 26})$$

Burada;

$\Delta C_{\text{mineral}}$:Mineral toprakta yıllık karbon stok değişimi (ton C/yıl)

SOC_0 : Envanterin son yılında topraktaki organik karbon stoku (ton C)

$SOC_{(0-T)}$: Envanterin başlangıç yılında topraktaki organik karbon stoku (ton C)

Her iki değer de SOC denkleminden yararlanılarak hesaplanmaktadır.

T : Envanter döneminin kapsadığı süre (yıl)

D : SOC değerlerinin dengeye gelmesi için gereken süre. Geçerli kabul 20 yıldır.

C : iklim zonu, s: toprak tipi, i : söz konusu yönetim sistemleri

SOC_{REF} = Referans karbon stoğu, (ton C/ha)

93

FLU = Belli bir arazi kullanma tipine ait arazi kullanma sistem ve alt sistemleri için karbon stok değişim faktörü (boyutsuz).

FMG = Yönetim rejimi için karbon stok değişim faktörü (boyutsuz).

FI = Organik madde girdisi için karbon stok değişim faktörü (boyutsuz).

A = Hesaplamaya konu alan (ha)

Gerek envanter, gerek proje bazındaki çalışmalarda hesaplamaların gerçekleştirileceği arazinin iklim ve toprak tiplerine göre katmanlara ayrılması gerekir. Burada iklim ve toprak tipleri IPCC tarafından belirlenmiş geçerli genel sistem de olabilir, ülkeye veya bölgeye özgü bir sınıflandırma sistemi de olabilir. IPCC sistemleri kullanıldığında stok değişim faktörleri için IPCC (2006) tarafından verilen geçerli değerler kullanılabilir. Bunlar belli bir arazi kullanım tipindeki karbon stokunu veren (FLU), arazi kullanım tipinde

ağırlıklı olarak yapılan uygulamaları ifade eden yönetim faktörü (FMG), ve farklı düzeyde organik madde uygulamalarını ifade eden girdi faktörüdür (FI).

Ülkeye özgü referans karbon stok değerleri geliştirmek üzere çeşitli yöntemler önerilmektedir (IPCC, 2006). Bu yöntemler içinde pratik olanlardan biri hacim ağırlığı ve organik madde yüzdesine dayalı hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde organik madde yüzdesi, derinlik, hacim ağırlığı ve iskelet içeriği olmayan toprak kısmının tüm toprak kütlelerine oranı çarpılır.

Organik madde yüzdesi 5 olan bir orman toprağının hacim ağırlığı 1.6 gr/cm^3 tür. Toprağın 40 cm derinliğe kadar organik madde içerdiği varsayılmaktadır. Toprağın iskelet içeriği yani 2 mm'den büyük taneciklerin oranı %10'dur. Hektardaki karbon stokunu hesaplayalım;

$$40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

$$0.4 \cdot 10000 = 4000 \text{ m}^3 \text{ toprak hacmi}$$

$$1.6 \text{ gr/cm}^3 = 1.6 \text{ ton/m}^3$$

$$4000 \cdot 1.6 = 6400 \text{ ton}$$

$$\text{Toprak / İskelet içeriği} + \text{toprak} = 0.90$$

$$\text{Organik madde oranı} = 0.05$$

$$6400 \cdot 0.05 \cdot 0.9 = 288 \text{ kg organik madde}$$

$$\text{CF değeri } 0.5 \text{ alınır}$$

$$288 \cdot 0.5 = 144 \text{ ton/ha C stok değeri}$$

Ülkemizde toprak karbonu veya organik maddesini tespit etmeye yönelik çeşitli araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bu çalışmaların karbon envanterinde kullanılabilmesi için IPCC toprak ve iklim tiplerine göre sınıflandırılmaları ve yeterli örnek sayısı ile ortaya konulmuş olmaları gerekir. Bir örnek vermek gerekirse Türkiye'nin çoğunlukla kurak bölgelerinde elde edilmiş toprak karbonu değerlerini nemli bir bölgede yapılacak bir projede veya tüm ülkeye mal edip ulusal envantere kullanılmaktansa IPCC kılavuzlarındaki referans değerleri kullanmak daha doğru olacaktır. İklim ve toprak tipine bağlı

olmadan çeşitli ağaç türlerinin bulunduğu bölgelerde elde edilmiş değerler Tolunay ve Çömez (2008) tarafından derlenmiştir. Bu değerlerin Türkiye'nin %98'ini oluşturan asli ağaç türlerine göre ağırlıklı ortalaması alınırsa ibrelili türler için 76.3 ton/ha , yapraklı türler için ise 80.4 ton/ha toprak karbonu stoku hesaplanabilir. Bu değerler envantere konu alanla ilgili elde herhangi bir veri mevcut değilse kullanılmalıdır zira toprak oluşumunda bitki örtüsü etkili faktörlerden sadece bir tanesidir (Balci, 1996). Toprak karbonu ile ilgili ulusal çalışmalar ve derlemeler aşağıda özetlenmiştir.

Tablo 16. İstanbul çevresi için hesaplanan toprak karbonu değerleri (Serengil ve ark., 2015)

	Toprak (t C/ha)		Örnek Sayısı
	\bar{x}	σ	
Mera	100,56	36,69	20
Tarım (tek yıllık)	50,49	NA	8
İbrelili	127,38	127,38	14
Yapraklı	97,29	29,98	22
Karışık (İbrelili-Yapraklı)	122,70	37,15	12
Yapraklı (Rekreasyon)	97,77	21,53	8

Tablo 17. Ülke genelinde tarım ve mera topraklarında yapılan çalışmalara dayalı olarak hesaplanan toprak karbon stok değerleri (Serengil, 2015).

İklim Tipi	\bar{x} (t C/ha)	σ (t C/ha)	Örnek sayısı
Çok Yıllık	33.6	7.7	10
Tek Yıllık	27.1	16.4	1787
Sıcak-Kurak	27.5	16.2	1555
Serin-Kurak	23.9	17.8	232
Mera	29.3	12.9	11

Tablo 18. Ülkemizin geneli için orman topraklarında karbon stok değerleri (Tolunay ve Çömez, 2008)

Orman tipi	ton C/ha
İğne Yapraklı	76,4
Yapraklı	80,4

İklim, topoğrafya ve ana kayanın toprak oluşumunda büyük etkisi vardır. Diğer önemli bir etken de ormancılık uygulamalarıdır. Meşcere tepe çatısını etkileyebilecek ve kapalılığı değiştirecek, meşcere tabanında da etkilere yol açabilecek çeşitli insan etkilerinden söz edilebilir. Örneğin rekreasyon ve aralama kesimler gibi.

Organik topraklardan gerçekleşen salımların hesaplanmasında temel yöntem emisyon faktörüyle çarpmaktır. Bu çarpım sonucunda drenaj nedeniyle meydana gelen yıllık karbon salımı hesaplanabilir.

$$L_{organik} = \Sigma(A \cdot EF)cc$$

(Denklem 27)

L_{organik} : Drene edilmiş organik topraklardan salınan yıllık karbon (ton C/yıl)

A : Drene edilmiş c iklim tipindeki organik toprağın alanı (ha)

EF : c iklim tipi için emisyon faktörü (ton C/ha yıl)

Eğer drenaj veya bir kullanım (management) söz konusu değilse salım hesaplaması yapmak gerekmez. Karbon envanterlerinde doğal süreçlerin etkileri hesaba katılmaz sadece insan etkisi söz konusu ise bir salım hesaplaması yapılır. Örneğin sulak alan topraklarında normal olarak CO₂ salımı ve tutumu, CH₄ ve N₂O salımı gerçekleşir. Bu salımlar eğer sulak alana herhangi bir insan müdahalesi yoksa karbon envanterinde dikkate alınmaz. Eğer sulak alanda drenaj, kesim veya torf üretimi söz konusuysa bu durumda karbon hesaplamalarına konu olabilir.

Ulusal Orman Envanteri eğer toprak karbonunu kapsamı isteniyorsa bazı ek protokoller buna eklenmelidir. Örneğin sadece orman değil tüm arazi kullanımları belirlenmelidir. Bu belirlenirken de önceki yıllara ait haritalardan geçmiş arazi kullanımları ve kullanım değişiklikleri saptanmalıdır. 1970'e kadar geri gidilmesi yararlı olacaktır çünkü arazi kullanımında toprak karbonunun 20 yılda oluştuğu varsayılır.

Tüm arazi kullanımlarında belli grid genişliğinde örnekleme ve ölçmeler yapılmalıdır. İki farklı seviyede örnekleme noktası dikkate alınabilir. Bunlardan birisi ileri örnekleme noktası olarak adlandırılabilir veya ICP Ormanları izleme sistemine benzer şekilde Seviye 2 olabilir, diğeri ise basit veya temel örnekleme noktası olarak adlandırılabilir veya Seviye 1 ileri noktalarda ölü örtü örnekleme de yapılmalıdır. Ormanlarda daha sık (2-8 km), mera ve makilik arazilerde daha seyrek (16 km) bir örnekleme sistemi benimsenebilir. ICP Ormanları izleme sistemi de bu amaçla kullanılabilir.

Parametreler şunlar olabilir;

- Ölü örtü
- Hacim ağırlığı
- İskelet içeriği
- Tekstür ve organik madde
- Toplam karbon organik karbon
- pH, N, P, K

TOPRAKLARDAN N₂O SALIMI

Tüm arazi kullanımlarında eğer aşağıdaki girdiler söz konusu ise nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin artması ve topraklardan daha fazla (insan etkili) N₂O salımı gerçekleşmesi beklenir (IPCC, 2006).

- Sentetik azot gübreleri (FSN)
- Organik azot gübreleri (hayvansal atık, kompost, atık çamuru, vb. organik atıklar) (FON)
- Otlak alanlarında gerçekleşen hayvansal atıklar (FPRP)
- Bitkisel atıklardaki azot (FCR)
- Arazi kullanımı veya yönetim değişiklikleri nedeniyle gerçekleşen azot mineralleşmesi (FSOM)
- Organik toprakların drenajı veya kullanımı (FOS)

Bu konuda IPCC 2006 Denklem 11.1 den yararlanılabilir. Buna göre;

$$N_2O_{\text{doğrudan}} - N = N_2O - N_{\text{Ngirdileri}} + N_2O - N_{\text{OS}} + N_2O - N_{\text{PRP}} \quad (\text{Denklem 28})$$

Burada:

$$N_2O - N_{\text{Ngirdileri}} = [(F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}}) \cdot EF_1] + [(F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}})_{\text{FR}} \cdot EF_{1\text{FR}}]$$

$$N_2O - N_{\text{OS}} = (F_{\text{OS,CG,Temp}} \cdot EF_{2\text{CG,Temp}}) + (F_{\text{OS,CG,Trop}} \cdot EF_{2\text{CG,Trop}}) + (F_{\text{OS,F,Temp,NR}} \cdot EF_{2\text{F,Temp,NR}}) + (F_{\text{OS,F,Temp,NP}} \cdot EF_{2\text{F,Temp,NP}}) + (F_{\text{OS,F,Trop}} \cdot EF_{2\text{F,Trop}})$$

$$N_2O - N_{\text{PRP}} = [(F_{\text{PRP, CPP}} \cdot EF_{3\text{PRP, CPP}}) + (F_{\text{PRP, SO}} \cdot EF_{3\text{PRP, SO}})]$$

Burada:

$N_2O_{\text{Doğrudan}}-N$ = Yönetilen topraklardan üretilen yıllık doğrudan N_2O-N emisyonları, kg N_2O-N yıl-1

$N_2O-N_{\text{Ngirdiler}}$ = N girdilerinden yönetilen topraklara yıllık doğrudan N_2O-N emisyonları, kg N_2O-N yıl-1

N_2O-N_{OS} = Yönetilen organik topraklardan yıllık doğrudan N_2O-N emisyonları, kg N_2O-N yıl-1

N_2O-N_{PRP} = İdrar ve gübredeki girdilerden otlatılan topraklara yıllık doğrudan N_2O-N emisyonları, kg N_2O-N yıl⁻¹

F_{SN} = Topraklara uygulanan yıllık sentetik gübre N'nin yıllık miktarı, kg N yıl-1

F_{ON} = Topraklara uygulanan hayvan gübresi, kompost, arıtma çamuru ve diğer organik N ilavelerinin yıllık miktarı (Not: Eğer arıtma çamuru içeriyorsa, arıtma çamurunda N'den N_2O emisyonlarının iki defa sayılmaması için Atık sektörü ile çapraz kontrol yapınız), kg N yıl-1

F_{CR} = N-bağlama bitkiler de dahil olmak üzere, ürün artıklarında (toprak üstü ve toprak altındaki) bulunan ve topraklara geri döndürülen, otlak/mera restorasyonundan yıllık N miktarı, kg N yıl-1

F_{SOM} = Arazi kullanımı veya yönetiminde değişikliklerin bir sonucu olarak toprak organik maddesinden toprak C'sinin kaybı ile bağlantılı olarak mineralize edilen mineral topraklarındaki yıllık N miktarı, kg N yıl-1

F_{OS} = Yönetilen/drene organik toprakların yıllık alanı, hektar (Not: Tarım Arazisi ve Mera Arazisi, Orman Arazisi, Sıcaklık, Tropikal, Besin Açısından Zengin ve Besin Açısından Zayıf için sırasıyla alt simgeler CG, F, Temp, Trop, NR ve NP karşılık gelmektedir)

F_{PRP} = Otlayan hayvanlar tarafından mera, tabii mera ve küçük otlaklarda bırakılan yıllık idrar ve gübredeki N miktarı, kg N yıl-1 (Not: Büyükbaş Hayvanlar, Kümes Hayvanları ve Domuzlar, Koyunlar ve Diğer hayvanlar için sırasıyla alt simgeler CPP ve SO karşılık gelmektedir)

EF_1 = N girdilerinden N_2O emisyonları için emisyon faktörü, kg N_2O-N (kg N girdi)-1 (Tablo 11.1)

$EF_{1\text{FR}}$ = N girdilerinden taşkına maruz kalmış pirince N_2O emisyonları için emisyon faktörü, kg N_2O-N (kg N girdi)-1 (Tablo 11.1)

EF_2 = Drene/yönetilen organik topraklardan N_2O emisyonları için emisyon faktörü, kg N_2O-N hektar-1 yıl-1; (Not: Tarım Arazisi ve Mera Arazisi, Orman Arazisi, Sıcaklık, Tropikal, Besin Açısından Zengin ve Besin Açısından Zayıf için sırasıyla alt simgeler CG, F, Temp, Trop, NR ve NP karşılık gelmektedir)

EF_{3PRP} = Otlayan hayvanlar tarafından mera, tabii mera ve küçük otlaklarda bırakılan yıllık idrar ve gübredeki N'den N_2O emisyonları için emisyon faktörü, $kg N_2O-N$ ($kg N$ gidi)-1; Tablo 11.1) (Not: Büyükbaş Hayvanlar, Kümes Hayvanları ve Domuzlar, Koyunlar ve Diğer hayvanlar için sırasıyla alt simgeler CPP ve SO karşılık gelmektedir)

Burada Seviye-1 hesaplaması için verilen IPCC 2006 geçerli katsayıları aşağıdaki Tablodan alınabilir (IPCC, 2006 Tablo 11.1).

TABLO 11.1		
YÖNETİLEN TOPRAKLARDAN DOĞRUDAN N_2O EMİSYONLARININ TAHMİNİ İÇİN VARSAYILAN EMİSYON FAKTÖRLERİ		
Emisyon faktörü	Varsayılan değer	Belirsizlik aralığı
EF_1 mineral gübreler, organik değişiklikler ve ürün artıklarından N ilaveleri ve toprak karbon kaybı sonucu mineral toprakları mineralize edilen N için [$kg N_2O-N$ ($kg N$) ⁻¹]	0,01	0,003 – 0,03
EF_{1FR} taşkın pirinç arazileri için [$kg N_2O-N$ ($kg N$) ⁻¹]	0,003	0,000 – 0,006
$EF_{2CG, Temp}$ ılıman organik tarım ve mera arazisi toprakları için ($kg N_2O-N ha^{-1}$)	8	2 - 24
$EF_{2CG, Trop}$ tropikal organik tarım ve mera arazisi toprakları için ($kg N_2O-N ha^{-1}$)	16	5 - 48
$EF_{2F, Temp, Org, R P}$ ılıman ve boreal organik besin değeri zengin orman toprakları için ($kg N_2O-N ha^{-1}$)	0,6	0,16 – 2,4
$EF_{2F, Temp, Org, P}$ ılıman ve boreal organik besin değeri zayıf orman toprakları için ($kg N_2O-N ha^{-1}$)	0,1	0,02 – 0,3
$EF_{2F, Trop}$ tropikal organik orman toprakları için ($kg N_2O-N ha^{-1}$)	8	0 - 24
$EF_{3PRP, CPP}$ sığır (günlük, günlük olmayan ve bufalo), kümes hayvanları ve domuzlar için [$kg N_2O-N$ ($kg N$) ⁻¹]	0,02	0,007 – 0,06
$EF_{3PRP, SO}$ koyun ve 'diğer hayvanlar' için [$kg N_2O-N$ ($kg N$) ⁻¹]	0,01	0,003 – 0,03
Kaynaklar: EF_1 : Bouwman ve ark., 2002a,b; Stehfest & Bouwman, 2006; Novoa & Tejada, 2006 basımda; EF_{1FR} : Akiyama ve ark., 2005; $EF_{2CG, Temp}$, $EF_{2CG, Trop}$, $EF_{2F, Trop}$: Klemetsson ve ark., 1999, IPCC İyi Uygulama Kılavuzu, 2000; $EF_{2F, Temp}$: Alm ve ark., 1999; Laine ve ark., 1996; Martikainen ve ark., 1995; Minkkinen ve ark., 2002; Regina ve ark., 1996; Klemetsson ve ark., 2002; $EF_{3, CPP}$, $EF_{3, SO}$: de Klein, 2004.		

YANGIN VEYA BİYOKÜTLE YAKILMASINDAN KAYNAKLANAN CO₂ HARİCİ SALIMLARIN HESAPLANMASI

Yangın sonucunda CO₂ dâhil birçok sera gazı salımı gerçekleşir. Bunlar karbon monoksit (CO), metan (CH₄), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve azot türevleridir (N₂O, NO_x) (Levine, 1994 sonrası IPCC, 2006). Tüm ekosistemlerde ve arazi kullanım tiplerinde eğer arazi yönetime tabiyse (managed) yangın (kontrollü yakma dâhil) ve biyokütle yakılması sonucu ortaya çıkan CO₂ ve CO₂ dışı salımların hesaplanması gerekir. Bir ormanın veya daha geniş anlamda ekosistemin yönetim altında (under management) olup olmaması durumu ulusal sera gazı envanterinde management tanımlaması ile belirlenir. Bir korunan alanı ele alalım. Eğer sera gazı envanterinde korunan alanlarında da belli ekosistem hizmetlerini ürettiği ve bir ölçüde de olsa yönetime tabi olduğu varsayılmışsa, o zaman bu tip alanlarda yani milli parklarda veya benzeri korunan alanlarda da insan etkisi ile gerçekleşen karbon salım ve tutumlarının hesaplanması gerekir. Fakat ulusal sera gazı envanterinde korunan alanların yönetim altında olmadığı varsayılmışsa, o zaman bu tip ormanlarda karbon tutum ve salımı hesaplamak doğru bir yaklaşım olmaz. Bu durumda aynı tutumların hesaplanmadığı gibi, bu tip yerlerde meydana gelen yangınlardan kaynaklanan salımların da hesaplanması gerekmez.

Her türlü yakma olayından (orman yangını, kontrolü yakma, anız yakımı vb.) kaynaklanabilecek sera gazı salımlarını hesaplamaya yönelik genel bir denklem aşağıda verilmiştir;

$$L_{\text{yangın}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3} \quad (\text{Denklem 29})$$

Burada;

$L_{\text{yangın}}$: Yangın sonucu gerçekleşen sera gazı salımı (ton CH₄, N₂O vb.)

A : Yanan alan (ha)

M_B : Yanıcı madde miktarı (ton/ha). Biyokütle, ölü örtü, ölü odun. Eğer bir arazi kullanma değişikliği yoksa seviye-1 hesaplamalarında ölü örtü ve ölü odun stokları sıfır kabul edilir.

C_f : Yanma faktörü (boyutsuz). Geçerli genel değerler Ek Tablo 10' da verilmiştir.

G_{ef} : Emisyon faktörü (gr/kg yanan d.m.). Geçerli genel değerler Ek Tablo 11 da verilmiştir.

Eğer M_B ve C_f değerleri bilinmiyorsa seviye-1 hesaplaması için birleştirilmiş geçerli genel değerler Ek Tablo 10' da verilmiştir.

Oldukça genel hesaplamalar için kullanılacak bu denklemde dikkate edilmesi gereken bazı hususlar şunlardır;

Yanıcı madde miktarı M_b yangın tipine göre değişiklik gösterebilir. Örneğin düşük şiddette bir örtü yangınının daha çok ölü örtü ve ölü odun biyokütlesini ortadan kaldırması, buna karşılık şiddetli bir tepe yangınının tüm biyokütle karbon stoklarını etkilemesi beklenir.

Yanma faktörü (C_f) yanıcı maddenin özelliklerine bağlı olarak gerçekten yanan kısmın tüm maddeye oranı olarak ifade edilebilir. Bu da madde türüne (dal, yaprak, kök vb.), nem içeriğine ve yangın tipine bağlı değişim gösterir.

Emisyon faktörü (G_{ef}) ise birim kuru maddeye bağlı olarak gerçekleşen ser gazı salımını ifade eder. Bu da yanan maddenin karbon içeriğiyle yakından ilişkilidir. NO_x ve N₂O için de aynı şekilde yanıcı madde azot içeriği etkili bir özelliktir.

CO₂ harici salım yapan çeşitli kaynaklardan söz edilebilir. Bunlar başlıca toprak, çiftlik hayvanları ve bunların gübreleri, biyokütle, ölü odun ve örtünün yakılmasıdır. AFOLU sektöründe sera gazı hesaplamalarında bunlar da göz önüne alınmalıdır. Burada hesaplama yöntemi doğrudan atmosfere salım şeklinde olabilir. Bunun için kaynak miktarı yani aktivite verisi (alan, hayvan sayısı vb.) ve emisyon faktörü bilinmelidir.

Salım miktarı = $A \cdot EF$

Burada;

Salım miktarı: ton birimiyle salım miktarı

A: Salım kaynağına bağlı olarak aktivite verisi (alan, hayvan sayısı veya kütle birimi)

EF: Kaynak kategorisine ve gaza göre emisyon faktörü (A birimi başına ton)

CO₂ harici önemli sera gazları CH₄ (metan) ve N₂O'dir (Diazot oksit). Bir yangın sonucu CO₂ harici gazların salım değerleri hesaplanmak isteniyorsa A hektar cinsinden alanı ifade eder, EF ise hektarda meydana gelmesi beklenen CO₂ harici gazın salım değeridir veya pirinç tarlasından gerçekleşecek metan salımını hesaplamak istiyorsak birim alandan salım değerini tarla alanıyla çarpmamız yeterli olacaktır.

8.

ODUN
ÜRÜNLERİ

Fotoğraf 7: Mekong Deltası'nda taşınmak üzere suya bırakılmış bambu gövdeleri. Ko Chu Min/Vietnam



Orman ve benzeri çeşitli ekosistemlerden gerçekleşen kesimler veya genel anlamda biyokütle alınmasının belli süre sonunda atmosfere salım olarak ulaşacağı ortadadır. Fakat kesilen odun ve diğer ağaç kısımlarının kullanım alanı bu salımın ne zaman gerçekleşeceğini belirler. Yakacak odun kesildiği yıl atmosfere salım olarak dönmekte iken masa yapılan bir odunun veya bina inşaatlarında kullanılan ahşap kısımların on yıllar boyunca atmosfere sera gazı olarak dönmeyeceği beklenebilir. Eğer kesilen odun ve ağaç kısımlarının kullanım amaç ve sektörleri biliniyorsa, o zaman Odun Ürünleri (Harvested Wood Products -HWP) hesaplamalarına konu olabilir. Fakat bilinmiyorsa o zaman kesildiği yıl içinde salım olarak hesaplanır (enstantane oksidasyon). HWP de biyokütle, toprak veya ölü odun gibi bir karbon havuzu olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla karbon hesaplamalarında diğer havuzlarla beraber dikkate alınmalıdır.

Odun ürünleri odun, dal, yaprak, kök, kabuk, vb. olabilir. Alanda bırakılan kesim artıkları ölü odun havuzuna geçmiş kabul edilir. Daha önceki kılavuzlar HWP hakkında bilgi ve metot içermemekteydi fakat IPCC (2006) bu konuda yeterli bilgi ve yöntemi sunmaktadır. Önceki kılavuzlarda hasat edilen odun ürünlerinin hemen aynı yıl salım olarak atmosfere karıştığı varsayılmaktaydı. Bu varsayımın dayandığı gerekçe dünyada odun ürünleri havuzunun sabit olduğu yani değişmediğiydi. Dolayısıyla yapılan kesimlere karşılık mutlaka aynı oranda çürüyen, yakılan veya bir şekilde ortadan kalkan odun ürünlerinin olduğu varsayılmaktaydı. Fakat son çalışmalar hasat edilen orman ürünü hacminin dünyada artmakta olduğunu ortaya koymuştur. IPCC de bu yeni bulgu ışığında HWP havuzunun hesaplanmasına yönelik yöntemler geliştirme yoluna gitmiştir.

Proje bazında yapılan hesaplamalarda basit bir yaklaşım kullanılabilir. IPCC (2006) tarafından verilen aşağıdaki tablo değerleri dikkate alınarak hesaplama yapılabilir:

Tablo 19. Birinci derece çürüme fonksiyonunda kullanılmak üzere IPCC tarafından önerilen geçerli yarı

	Diğer ürünler	Kâğıt ürünleri
Yarı ömür (yıl)	30	2
Çürüme oranı ($=\ln(2)/\text{yarı ömür}$)	0.023	0.347

ÖRNEK

Bir kavaklıktaki ağaçlar kesilmiş ve ambalaj sandığı yapmak amaçlı olarak kullanılması planlanmıştır. Ortaya çıkan emvaldeki karbon miktarı 2500 ton olarak hesaplanmıştır. Bu karbonun salım miktarını hesaplamak istersek;

$$= 2500 \cdot 0.023$$

$$= 57.5 \text{ ton C/yıl salım değerinin CO}_2 \text{ eşdeğeri}$$

$$= 57.5 \cdot 44/12$$

$$= 210.8 \text{ ton CO}_2 \text{ eşdeğeri /yıl}$$

Bu miktar yıllık salımın 2500/57.5 yani 43.5 yıl boyunca her yıl eşit oranda gerçekleşeceği varsayılır.

Ulusal envanterde HWP hesaplaması AFOLU sektöründe yer almaktadır. Enerji üretim amaçlı odun yakılması sonucu ortaya çıkan CO₂ salımı AFOLU sektöründe, CH₄ ve diğer gazların salımları Enerji sektöründe yer almalıdır. Yine katı atık depolama alanlarından gerçekleşen CO₂ salımları HWP, CH₄ salımları atık sektöründe yer alır. Bu karmaşık hesaplama prosedürü dikkatli yapılmalıdır aksi takdirde çift hesaplama (double counting) hatası oluşabilir.

Ulusal ölçekte HWP hesaplaması yapmak için IPCC (2006) kılavuzundaki aşamalar takip edilebilir. Bunun için bazı değişkenlere ait verilere ihtiyaç duyulacaktır. Bunlar;

- Ülkede HWP havuzunun yıllık değişimi. Hem ülkede üretilen hem de ithal edilen miktar (Gg C/yıl)
- Üretim sonucu HWP havuzundaki değişim. İhracat miktarı da dâhil (Gg C/yıl)
- Her türlü kâğıt ve odun malzemenin ithalat rakamları (Gg C/yıl)
- Her türlü kâğıt ve odun malzemenin ihracat rakamları (Gg C/yıl)
- Yıllık odun ürünleri üretim rakamları (Gg C/yıl)

HWP havuzunun toplam AFOLU sektörüne olumlu veya olumsuz katkılarını hesaplamak üzere IPCC (2006) tarafından önerilen tablo;

Tablo 20. HWP hesaplaması için IPCC tarafından önerilen tablo.

	Değişken										
	1A	1B	2A	2B	3	4	5	6	7	8	9
Envanter yılı	$\Delta C_{HWP IU DC}$	$\Delta C_{HWP SWDS DC}$	$\Delta C_{HWP IU DH}$	$\Delta C_{HWP SWDS DH}$	P _{IM}	P _{EX}	H	C _{HWP DC}	C _{HWP DH}		
	Gg CO ₂ / yıl									Gg CO ₂ / yıl	
1990											
.....											

- 1A: Tüketim sonucu kullanımdaki HWP karbon stok değişimi
 1B: Tüketim sonucu Katı atık depolama alanlarındaki HWP karbon stok değişimi
 2A: Odun üretimi sonucu kullanımdaki HWP karbon stok değişimi
 2B: Odun üretimi sonucu Katı atık depolama alanlarındaki HWP karbon stok değişimi
 3: Yıllık odun, kâğıt ürünleri, odun hamuru, yuvarlak ve yonga odun ithalatı
 4: Yıllık odun, kâğıt ürünleri, odun hamuru, yuvarlak ve yonga odun ihracatı
 5: Yıllık odun üretimi
 6: HWP kullanımından (yakacak odun, kullanılan ve katı atık alanlarından salımlar dâhil) gerçekleşen yıllık salım. Hesaplanışı (C HWP DC = H + PIM - PEX - ΔC HWP IU DC - ΔC HWP SWDS DC)
 7: Üretim kaynaklı HWP kullanımından (yakacak odun, kullanılan ve katı atık alanlarından salımlar dâhil) gerçekleşen yıllık salım. Hesaplanışı (C HWP DH = H - ΔC HWP IU DH - ΔC HWP SWDS DH)
 8: AFOLU sektörü CO₂ salım/tutum değerine HWP katkısı
 9: HWP katkısının hesaplanmasında kullanılan yaklaşım

Tablodaki 20deki değişkenlerin hesaplanma prosedürü ve aralarındaki ilişkiler Tablo 21’de aşağıda verilmiştir;

Tablo 21. AFOLU sektörüne yıllık HWP katkısını hesaplamakta kullanılacak değişkenler (IPCC, 2006).

HWP VARIABLES USED TO ESTIMATE ANNUAL HWP CONTRIBUTION TO AFOLU CO ₂ EMISSIONS/REMOVALS		
Değişkenlerin tanımları	Değişkenler	
	Kullanımdaki HWP	Katı atık alanlarındaki HWP
	Variable names	
Raporlama yapılan ülkedeki kullanımdaki (1A) ve Katı Atık alanlarındaki (1B) HWP'nin yıllık karbon stok değişimi. Ürünlerin ülke içinde kullanımından kaynaklanan karbon $\Delta C_{HWP DC} = \Delta C_{HWP IU DC} + \Delta C_{HWP SWDS DC}$	1A $\Delta C_{HWP IU DC}$	1B $\Delta C_{HWP SWDS DC}$
Raporlama yapılan ülkedeki kullanımdaki (1A) ve Katı Atık alanlarındaki (1B) HWP'nin yıllık karbon stok değişimi. Ürünlerin kaynağı ülke içinde kesilen ağaçlardır . Diğer ülkelere ihraç edilen HWP buna dahildir $\Delta C_{HWP DH} = \Delta C_{HWP IU DH} + \Delta C_{HWP SWDS DH}$	2A $\Delta C_{HWP IU DH}$	2B $\Delta C_{HWP SWDS DH}$
Raporlama yapılan ülkenin yıllık HWP ithalatı . Tüm odun bazlı ürünler (yuvarlak odun, kâğıt vb.) buna dahildir	PIM	
Raporlama yapılan ülkenin yıllık HWP ihracatı . Tüm odun bazlı ürünler (yuvarlak odun, kâğıt vb.) buna dahildir	PEX	
Raporlama yapılacak ülkenin yakacak odun dahil yıllık odun üretimi	H	

Envanter hazırlama sürecinde envantercinin öncelikle HWP karbon stoku ile ilgili genel bir değerlendirme yapması yerinde olur. Bu stokundaki yıllık değişimin (1A/1B veya 2A/2B) yeterince önemli olmadığı kararına varılırsa sıfır kabul edilebilir. Önemsiz olup olmadığına karar verilmesi için Seviye-1 düzeyinde bir hesaplama yapıp diğer anahtar kategorilerle (key category) karşılaştırılmalı, benzer boyuttaysa raporlanmalıdır. Benzer bir inceleme Katı Atık alanlarındaki HWP için de yapılabilir. Yine aynı şekilde anahtar kategori karbon salım/tutum değeriyle karşılaştırılarak karar verilmelidir. Eğer raporlanmasına karar verilirse ülke hangi seviyede raporlama yapacağına karar vermelidir. Seviye-1 raporlamasında FAO verilerinden yararlanılabilir.

Seviye-1 düzeyi bir hesaplamada yukarıdaki tabloda verilen 1A, 2A, 1B ve 2B değişkenlerinin hesaplanması HWP yarı ömürlerinin hesaplanması ile gerçekleştirilir. HWP çürüme sürecinin mevcut stokun sabit bir bölümü yani yüzdesi olduğu varsayılır (birinci dereceden çürüme fonksiyonu).

Kullanımdaki HWP değişimini ifade eden 1A, 2A, değişkenlerinin hesaplanması, kullanıma giren HWP ile kullanımdan çıkanın farkı ile bulunur. Kullanıma giren HWP miktarı önceki yıllara ait veriler üzerinden hesaplanır. Katı atık depolama alanlarındaki HWP karbon stokundaki değişim, yani 1B değişkeninin hesaplanmasında, atık sektörü Seviye-1 yöntemleri kullanılır. 2B değişkeni ise 1B değişkeninden yola çıkılarak hesaplanmaktadır.

Kullanımdaki HWP çıktı değeri yarı ömür ve birinci derece çürüme oranları yardımıyla hesaplanmaktadır. Yapılan işlem 1900 yılından itibaren her yıl HWP stokuna gerçekleşen girişler GİRDİ, stoktan ÇIKIŞLAR ise birinci derece çürüme fonksiyonuyla hesaplanır.

HWP hesaplamasında kullanılan PIM, PEX, ve H değişkenleri yıllık ithalat ve ihracat rakamlarından ve yıllık yapacak ve yakacak odun üretim değerlerinden hesaplanır.

Ülkemiz için HWP hesaplaması Bouyer ve Serengil (2015) tarafından Tier 2 seviyesinde yapılmıştır. Bunun için izlenen hesaplama adımları, katsayılar ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Önce önemli HWP kategorileri belirlenmiştir. Kâğıt ve benzeri kısa ömürlü (yarı ömür 2 yıl) ürünlerin hesaba katılması gereksizdir. Ülkemiz için yarı ömür uzun endüstriyel yuvarlak odundan üretilen 2 tip alt üründen söz edilebilir; Kereste ve kontrplak.

İlk aşamada FAO (BM Gıda ve Tarım Örgütü) ormancılık istatistikleri veri tabanından Türkiye için 1960 yılından bugüne, toplam yuvarlak odun, kereste ve kontrplak üretim rakamları derlenmiştir. Daha sonra OGM'den alınan 1976 sonrası üretim rakamları ile karşılaştırılmış ve FAO rakamları düzeltilmiştir. 1900-1960 arası üretim rakamları ise IPCC'de (2006) Avrupa için verilen artım oranına göre tahmin edilmiştir (IPCC, 2006 Tablo 12.3.).

Fotoğraf 8: Taşınmak için bekleyen tomruklar. Mekong Nehri/Vietnam



Daha sonra 1900-2013 arası odun üretim rakamları girdi olarak hesaplanmıştır. Bu aşamada m3 olarak verilen değerleri CO₂ eşdeğerine çevirmek gerekmektedir. Bunun için üretim değerlerinin Türkiye ormanlarındaki ağaç türleri için belirlenen Basit Odun Yoğunluğu (D) katsayısı ortalaması ve karbon fraksiyonu (CF) katsayısı ile çarpılması gerekir. Ülkemiz ormanları için D katsayısı değeri hesaplanmak istenirse;

Asli ağaç türlerimiz ve ENVANIS veritabanına göre yüzde dağılımları çıkartıldığında ilk on türün alansal olarak %98'e yaklaştığı görülmektedir. Dolayısıyla ortalama alınırken bu türler dikkate alınmıştır.

Tablo 22. Asli ağaç türlerimiz için odun yoğunluğu değerleri.

Asli türler	Alan (ha)	Alan (%)	D (kuru ağırlık/nemli hacim) (ton/m3)
Kızılçam	3.202.343	27,7%	0,478
Karaçam	2.564.720	22,2%	0,470
Meşe	2.137.486	18,5%	0,570
Kayın	1.621.257	14,0%	0,530
Sarıçam	738.495	6,4%	0,426
Göknar	406.498	3,5%	0,350
Ladin	228.786	2,0%	0,358
Sedir	220.328	1,9%	0,430
Kızılağaç	99.984	0,9%	0,407
Ardıç	89.474	0,8%	0,460

Ağırlıklı ortalama alındığında iğne yapraklılar için 0.458, yapraklı türler için 0.549, karışık meşcereler için ise 0.489 ton/m3 değeri hesaplanmıştır. IPCC (2006) ya göre HWP için geçerli CF değeri 0.5 ton C/ton dm dir. Dolayısıyla m3 cinsinden üretim değerleri D ve CF katsayıları ile çarpılmakta böylece ton karbon değeri hesaplanmaktadır. CO₂ eşdeğerine çevrilmek için ise 44/12 ile çarpılmaktadır.

HWP hesaplaması için ise son aşamada birinci derece çürüme fonksiyonu kullanılmaktadır;

(Denklem 30)

Denklem 12.1 IPCC 2006

$$C(i+1) = \exp(-k) \cdot C(i) + [(1-\exp(-k))/k] \cdot \text{girdi}(i),$$

İlk girdi $C(1900) = 0.0$ olacak şekilde

$$\Delta C(i) = C(i+1) - C(i)$$

Burada;

i: yıl

C (i): i yılının başında HWP havuzundaki karbon stoğu, Gg C

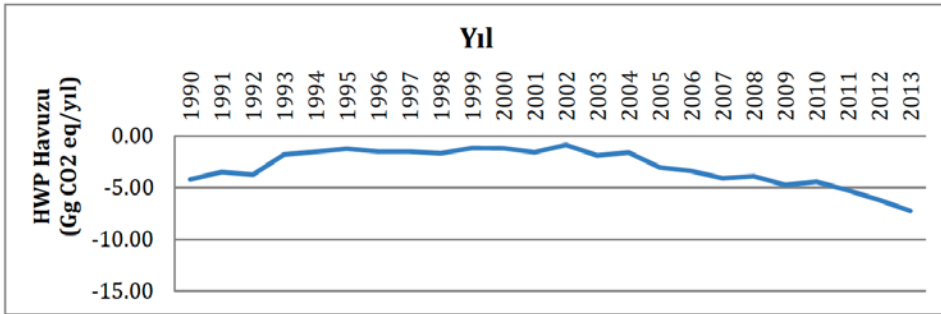
K: çürüme katsayısı ($k = \ln(2) / YÖ$)

YÖ: İlgili ürün için yarı ömür.

Girdi (i): i yılında HWP havuzuna giren miktar, Gg C/yıl

$\Delta C(i)$: i yılında HWP havuzunda gerçekleşen karbon stok değişimi, Gg C/yıl

Bu yöntem çerçevesinde Türkiye için HWP hesaplaması yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Türkiye için HWP havuzundaki karbon stoğunun 1990-2013 arası değişimi.

Buna göre HWP havuzunda 1990-2013 arasında 3.14 Gg CO₂ eq karbon birikimi gerçekleşmiştir. Bunun anlamı HWP havuzunun 3 milyon ton CO₂ salımını dengeleyecek düzeyde bir seviyede olduğudur. BMİDÇS ye gönderilen en son envantere AKAKDO sektörünün toplam tutum değeri 1990-2012 arasında 60 Gg CO₂ eşdeğeri olduğu dikkate alınırsa HWP havuzunda tutulan karbonun sektör toplamının %5 i civarında olduğu görülür.

Kyoto Protokolü HWP Muhasebesi

Kyoto Protokolü ikinci döneminde (KP-2) HWP hesaplamasını zorunlu kılmış ve bazı kurallar bağlamıştır. Taraflar Toplantısı 2/CMP.7 kararına göre aşağıdaki hesaplamalarda enstantane oksidasyon uygulanır;

- i. İthal edilen odundan üretilmiş HWP ile ithal edilmiş HWP,
- ii. Ormansızlaşmanın sonucunda elde edilmiş HWP,
- iii. Katı atık depolama alanlarına bırakılmış HWP,
- iv. Enerji üretimi için kullanılan HWP,
- v. Orman dışı alanlardan elde edilmiş HWP.

Dolayısıyla KP raporlaması yapan ülkeler HWP'leri orijinlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmalıdır;

- a) AR alanlarından üretilen odun hammaddesi
- b) D alanlarından üretilen odun hammaddesi
- c) FM alanlarından üretilen odun hammaddesi
- d) Ormansızlaşma sonucu üretilen odun hammaddesi
- e) Orman dışı alanlardan üretilen odun hammaddesi

Sözleşme ve KP altındaki HWP raporlama miktarları aynı olmak mecburiyetinde değildir fakat yakın olmalıdır. Yukarıda da ifade edildiği gibi ithal edilen HWP ve bunlardan üretilen HWP'ler KP raporlamasında yer almaz. Ayrıca ihraç edilen HWP için enstantane oksidasyon veya geçerli yöntem olan Birinci Derece Cürüme Fonksiyonu uygulanabilir.

HWP raporlamasında 2/CMP.7 kararına göre ürünler; 1) Kâğıt; 2) Ahşap Panel; 3) Kereste olarak FAO tanımlamasına göre kategorize edilmelidir. Ülkeler farklı kategoriler kullanabilir fakat yukarıdaki kategorilerin tamamen kapsanması gerekir.

Şekil 15. Odun ürünleri hesaplamalarında dikkate alınan ürün tipleri ve kaynakları.



9.

IPCC ARAZİ
KULLANIM
TIPLERİ VE
HESAPLAMA
YÖNTEMLERİ

İPCC tarafından hazırlanan kılavuzlarda arazi kullanım sektöründe 6 arazi kategorisi temel alınmaktadır. Bunlar;

Orman alanları (Forest Land)

BMİDÇS kapsamındaki ulusal raporlamalarda (NIR, BR, NC) belli bir orman tanımının kullanılması zorunlu değildir, ülke tarafından belirlenmiş ulusal tanım dikkate alınabilir. Nitekim ulusal sera gazı envanterimizde ulusal tanımımız ve bu yasal tanıma¹² uyan alanlar dikkate alınmaktadır. Oysaki ülkelerin farklı tanımlar kullanmaları uluslararası sözleşmelerde karşılaştırılabilirlik ilkesine zarar verebilir. Her ülke farklı bir orman tanımı kullandığında dünya üzerindeki orman alanını tespit etmek bile mümkün olmayabilir. Örneğin yasal orman tanımımızla 2014 itibarıyla 22.06 Kha olan orman alanımız FRA orman tanımı¹³ dikkate alındığında 12-15 Kha aralığına düşmektedir. Zira Türkiye’de kapallığı %10’dan düşük degrade orman alanları 12.3 Kha civarındadır. Öte yandan orman tanımımızda 3 ha sınırı FRA orman tanımında ise 0.5 ha sınırı vardır. Dolayısıyla FRA tanımına göre 3 ha’dan küçük, 0.5 ha dan büyük ağaçlıklar da orman alanına dâhil edilebilir.

Öte yandan Kyoto Protokülünde daha sıkı bir orman tanımı getirilmiştir. Buna göre taraf ülke belli sınırlar dâhilinde orman tanımını yapmalı ve buna göre hesaplarını raporlamalıdır. Bu sınırlar;

- Alan olarak 0.05-1.0 ha arası
- Minimum tepe kapallığı %10-30 arasında
- Büyüdüğünde en az 2-5 m boy

¹² 6831 Sayılı Orman Kanunu, Madde 1 – Tabii olarak yetişen veya emekle yetiştirilen ağaç ve ağaççık toplulukları yerleriyle birlikte orman sayılır. Ancak :

A) Sazlıklar, B) Step nebatlarıyla örtülü yerler, C) Her çeşit dikenlikler, Ç) Parklar; D) (Değişik: 23/9/1983 - 2896/1 md.) Şehir mezarlıklarıyla kasaba ve köylerin hudutları içerisinde bulunan eski (kadim) mezarlıklardaki ağaç ve ağaçlıklarla örtülü yerler, E) Sahipli arazide bulunan ve civarındaki ormanlarda tabii olarak yetişmeyen ağaç ve ağaççık nevelerinin bulunduğu yerler, F) (Değişik: 22/5/1987 - 3373/1 md.) Orman sınırları içinde veya bitişiğinde tapulu, orman sınırları dışında ise her türlü tasarruf belgeleriyle özel mülkiyette bulunan ve tarım arazisi olarak kullanılan, dağınık veya yer yer küme ve sıra halinde ki her nevi ağaç ve ağaççıklarla örtülü yerler, G) (Değişik: 22/5/1987 - 3373/1 md.) Orman sınırları dışında olup, yüzölçümü üç hektarı aşmayan sahipli arazideki her nevi ağaç ve ağaççıklarla örtülü yerler, H) (Değişik: 5/11/2003-4999/1 md.) Orman sınırları içinde veya bitişiğinde tapulu, orman sınırları dışında ise her türlü tasarruf belgeleri ile özel mülkiyette bulunan ve muhitin hususiyetlerine göre yetiştirilmiş veya yetiştirilecek olan (...) (1) fıstık çamlıkları ve palamut meşelikleri dahil olmak üzere her nevi meyveli ağaç ve ağaççıklar, İ) (Değişik: 23/9/1983 - 2896/1 md.) Sahipli arazideki aşılı ve aşısız zeytinliklerle, özel kanunu gereğince Devlet Ormanlarından tefrik edilmiş ve imar, ıslah ve temlik şartları yerine getirilmiş bulunan yabancı zeytinlikler ile 9/7/1956 tarih ve 6777 sayılı Kanunda tasrih edilen yabancı veya aşlanmamış fıstıklık, sakızlık ve harnupluklar; J) Funda veya makilerle örtülü orman ve toprak muhafaza karakteri taşımayan yerler, orman sayılmaz.

¹³ 0.5 hektardan büyük, üzerinde yer alan ağaçların 5 metreden uzun, tepe çatısı kapallığı en az yüzde 10 olan veya ilerde olması beklenen alanlar. Tarımsal veya kentsel yapının baskın olduğu alanlar hariç.

Örneğin bir ülke KP kapsamında orman tanımını yaparken “en az 1 ha büyüklükte, minimum tepe kapallığı %10 ve büyüdüğüde en az 2 metre boya ulaşan ağaç toplulukları” şeklinde bir seçim yapabilir. Ayrıca bir de genişlik sınırı verilmesi istenmektedir. Zorunlu olmamakla beraber orman olarak sınıflandırılan alanın minimum genişliğinin de belirtilmesi istenmektedir zira sadece alan sınırı verilmesi bazı hatalara yol açabilir. Alan olarak orman tanımına giren fakat çok dar şeritler orman niteliği göstermeyebilirler dolayısıyla bu duruma yol açacak herhangi bir uygulama ormansızlaşma olarak algılanmalıdır. Diyelim ki A ülkesi orman tanımında 1 ha’yı alt sınır kabul etti. Taahhüt döneminde de 3 ha’lık bir orman alanının ortasından yol geçirdi. Yolun her iki tarafında da yaklaşık 1’er hektarlık orman şeridi kaldı. Eğer bir genişlik sınırı kriteri yoksa bu yol geçirme uygulaması ormansızlaşma olarak kabul edilmez sadece yol ormansızlaşma olarak kayda geçer çünkü kalan her iki parça da 1 ha’dan büyüktür. Oysaki yol geçirildiğinde orman bütünlüğü bozulmuştur.

Kyoto protokolü kapsamında ormanlaştırma (afforestation) tanımı da yapılmıştır. Buna göre; En az 50 yıldır üzerinde orman bulunmayan bir alanın insan emeğiyle tohum veya dikim yöntemleriyle ormana dönüştürülmesine ağaçlandırma adı verilmektedir.

Daha önce orman olup da sonradan ormansızlaştırılan alanların insan emeğiyle tohum veya dikim yöntemleriyle ormana dönüştürülmesine ise yeniden ormanlaştırma (reforestation) adı verilmektedir. Kyoto protokolü kapsamında yeniden ormanlaştırma sayılabilmesi için bir alanın 31 Aralık 1989’da orman içermiyor olması gerekmektedir.

Görüldüğü gibi orman tanımı sayısal değerlere dayandığında, örneğin kapallığın artması ile veya alanın büyümesi ile ağaçlandırma yapılmış olmaktadır veya alan, bir otoyolla ikiye bölündüğünde bölünen parçaların alanları, orman tanımında belirtilen alt sınırın altındaysa, ormansızlaşma söz konusu olmaktadır.

Karbon hesaplamalarında önemli olan biyokütledir. Dolayısıyla biyokütleyi en iyi ifade edecek sayısal sınır değerlerinin yer aldığı orman tanımları amaca çok daha iyi hizmet edecektir. FRA veya Kyoto tanımlarının kullanılması yıllık karbon tutumumuzu azaltmaz, çünkü orman tanımı dışındaki alanlar da diğer ormanlık alanlar (Other Wooded Land “OWL”) kategorisi altında hesaba dâhil edilebilir.

Tarım alanları (Cropland)

Bu arazi kullanma kategorisi çeltik tarlaları, tarımsal ormancılık, meyve bahçeleri, tek yıllık tarım ürünlerinin yetiştirildiği araziler gibi orman tanımına girmeyen arazileri kapsar. Örneğin kapallık veya ağaç boyu yönünden orman tanımına girmeyen meyve bahçeleri bu kapsamdadır. Sözleşme kapsamında yapılan raporlamalarda ülke tanımı geçerlidir örneğin bir ülke kavaklıkları tarım arazisi kapsamına alabilir veya ormana katabilir. Kyoto Protokolü raporlamalarında ise tanımlarda belirtilen kesin değerlere uyulur. Ülkemizin tarım arazisi raporlamalarında tek yıllık ve çok yıllık tarım ürünleri yanında kavaklıklar da tarım arazisi kapsamında raporlanmaktadır.

Fotoğraf 9: Gazipaşa Ormanları/Alanya



Mera alanları (Grassland)

Bu kategoriye mera, çayır, çim, vb. bitki örtüsü ile kaplı, tarım alanı kapsamı dışındaki araziler girmektedir. Doğal veya yapay otsu ve odunsu bitki örtüsü ile kaplı araziler olup kapalılık veya odunsu türlerin özellikleri orman tanımına girmemelidir. Tarım arazileri ile net bir ayırım tanımlanmalıdır ve örneğin silva pastoral veya benzeri sistemlerin tarıma mı, meraya mı gireceği envanterin ilk bölümünde yapılacak bir tanımla ortaya konulmalıdır. Proje bazında yapılacak envanterlerde böyle bir sorun genellikle söz konusu olmaz.

Sulak alanlar (Wetland)

Bu kategoriye girmesi için arazinin orman, tarım, mera veya yerleşim kategorilerine girmiyor olması gerekir. Sulak alan kılavuzu 2013 yılında yayınlanmasına karşın halen önceki kılavuzlar kullanılmaktadır. Buna göre barajlar ve turbalıklarda sera gazı salım ve tutumu hesaplanmaktadır. Bir bölgeye baraj inşa edildiğinde su altında kalan bitki örtüsünün tümünün toprağıyla beraber ortadan kalktığı varsayılmakta ve buna göre salım hesaplanmaktadır. Turbalıklarda ise turbalığın işletilmesi durumunda ne ölçüde salım ortaya çıkacağı işletme kapasitesine bağlıdır. Ülkemizde turbalıklarsakonumu, alanı ve kapasitesi ile işletme bilgileri konusunda veri sıkıntısı vardır.

Yerleşimler (Settlements)

Yerleşim alanları, sanayi ve merkezler bu kapsama girmektedir. Yine envanterde hangi alanların kapsandığı hangilerininin kapsanmadığı yer almalıdır.

Diğer alanlar (Other Land)

Bu kategoriye diğer kategorilere girmeyen alanlar girmektedir. Bunlar çıplak toprak, kaya, buz, vb. arazilerdir.

9.1

ORMANLAR-
DA SERA
GAZI
BÜTÇESİ

Ormanlar gerek toprak gerekse biyokütle bakımından küresel karbon döngüsünde önemli bir yere sahiptir. Küresel düzlemde karasal ekosistemlerde tutulan karbonun yarısı ormanlarda yer alır (1146×10^{15} g). Bu karbonun $2/3$ 'ü ise toprak karbonudur. Yıllık bazda ayrışma ile toprağa giren karbon miktarı (61.4×10^{15} g) solunumla çıkandan (60×10^{15} g) biraz daha fazladır. Dolayısıyla küresel düzlemde topraklar net karbon tutumu yaparlar (Nave ve ark., 2010).

Öte yandan çeşitli ormancılık uygulamalarının bir ormanın karbon havuzlarında değişim ortaya çıkarması beklenir. Kesim ve aralama bunlardan bazılarıdır. Araştırmalar kesim sonrası toprak karbonunda ± 3 (95 güven aralığında) azalma olabileceğini, ölü örtüde ise bundan daha büyük bir azalma beklenebileceğini ortaya koymaktadır. Ölü örtüdeki düşüşün ± 6 civarında olması beklenebilir. İbrelili ve karışık meşcerelerdeki azalış ± 20 civarındayken, yapraklı türlerde ortalama ± 36 civarındadır (Nave ve ark., 2010).

Toprak karbonundaki azalma toprak türüne göre de değişim göstermektedir. Organik madde içeriği düşük olan topraklarda önemli bir değişim olmazken yüksek organik madde içeriğine sahip topraklarda azalma daha önemli düzeyde olabilmektedir. Örneğin alfisol ve spodosollerde önemli bir değişim görülmezken inseptisol ve ultisollerde mineral toprak karbonunda sırasıyla ± 13 ve ± 7 azalma tespit edilmiştir. Ölü örtü karbon kaybının toplam toprak karbonundaki payının Alfisol, Inseptisol ve Ultisollerde düşük, Spodosollerde daha önemli düzeyde olması beklenebilir (Nave ve ark., 2010). Kesim sonucu ortaya çıkan karbon stok düşüşü iklim, topoğrafya, toprak, yönetim, vb. etkenlere bağlı olarak belli sürede dengelenmesi beklenebilir. IPCC kılavuzlarındaki (1996, 2003, 2006) genel kabul bir arazi kullanımındaki karbon stoklarının 20 yıllık bir sürede dengeye geleceği yönündedir.

Küresel ölçekte en önemli karasal karbon depolarından birini tropikal ormanlar oluşturmaktadır. Ormansızlaşma ve bozulmadan en çok etkilenen vejetasyon formu da yine bu ekosistemlerdir. Göğüs çapı (1.30 m yükseklikten ölçülür) 10, 30, 50 ve 70 cm olan tekil ağaçların toprak üstü biyokütle değerleri için yaklaşık 135, 2250, 8500 ve 20.000 kg d.m./ağaç değerleri verilebilir. Rakamlardan görüleceği gibi çap artımı toplam biyokütlede büyük artış ortaya çıkarmaktadır (Hairiah ve ark., 2010). Büyük ağaçların kökleri de büyük olur. Karışık tropikal ormanlarda toprak üstü biyokütlenin toprakaltına oranı 4:1 civarındadır. Çok nemli ortamlarda bu değer 10:1 e kadar yükselebilir. Çok kurak ekolojik koşullarda ise 1:1'e kadar düşebilir (Ramankutty ve ark., 2007). Kök biyokütlesi ölçmek oldukça zahmetli bir iş olduğundan genellikle kök gövde oranı değerlerinden yararlanılmaktadır.

Yaşlı ormanlar yüksek biyokütle karbon stoklarına sahip olmalarına karşın büyüme hızları yavaş seyrettiğinden yıllık karbon stok artımı genç meşcerelere göre düşüktür.

Orman ekosistemleri birim alandaki biyokütle artışı ile paralel olarak tüm karbon havuzlarında karbon depolamakta, kesim veya zararlı bir etkiler sonucu bunun bir kısmı salıma dönüşmektedir. Bu zararlı etki yangın, böcek zararı veya fırtına devriği gibi doğal nedenler veya insan kaynaklı olabilir. Biyokütle

artışının en fazla olduğu ekosistemler hızlı büyüyen türlerle yapılan endüstriyel plantasyonlardır. Fakat bu tip bir plantasyon ormancılığı diğer ekosistem hizmetleri açısından pek tercih edilmemektedir. Özellikle biyoçeşitlilik ve su üretimi (özellikle kalite yönünden) için doğal türlerin kullanılması ve ormana müdahalenin düşük seviyede tutulması gerekmektedir.

Ormanlarda karbon yönetimi iki ana kavramsal yaklaşımla ele alınabilir;

- a) Koruma
- b) İşletme

Bir ormanda büyümenin en hızlı olduğu ve karbon tutumunun yıllık bazda en yüksek gerçekleştiği yaşlar gençlik dönemidir. Orman ekosisteminde ağaçlar yaşlandıkça büyüme de yavaşlar fakat birim alandaki karbon stoku yıllar itibarıyla gittikçe yavaşlarsa da artışına devam eder. Bunun sonucunda şu genel yargıya varılabilir: Yaşlı ormanlar birim alanda en yüksek karbon stokuna sahiptir, buna karşın genç ormanlarda daha hızlı bir karbon depolaması söz konusudur. Ormanları işletmek birim alandaki karbon stokunu azaltıyor gibi görünse de; kesilen (üretilen) odun hammaddesi eğer uzun süre kullanılacak ahşap ürünlerde değerlendirildiğinde Kesilmiş Odun Ürünleri (HWP) adı verilen ayrı bir karbon havuzunda tutuluyor demektir. Bu karbon havuzu IPCC (2006) kılavuzunda ayrıntılı bir biçimde ele alınmış ve 6. karbon havuzu olarak ifade edilmiştir. Ormanları işletmenin veya korumanın diğer ekosistem hizmetleri (odun hammaddesi, su üretimi ve toprak koruma, biyoçeşitliliğin korunması, odun dışı orman ürünleri) üzerine de önemi etkileri vardır. Dolayısıyla yönetim kararları verilirken tüm hizmetlerin hesaba katıldığı bir değerlendirmeye gidilmesi gerekmektedir.

Ormancılık ve arazi kullanım sektöründe azaltım faaliyetleri diğer sektörlerden önemli ölçüde farklılıklar içerir. Bunlar;

- Azaltım ile elde edilen karbon yanında ek faydalar (co-benefits) da söz konusudur. Örneğin; rehabilitasyonla bozuk durumdan verimli duruma geçen bir orman ekosistemi birim alanda daha yüksek bir karbon stokuna sahip olmak yanında toprak kaybını azaltabilir, su üretimi ve diğer birçok ekosistem hizmetini de pozitif yönde etkileyebilir
- Ormancılıkta azaltım faaliyetleri (ağaçlandırma, orman yönetimi, ormansızlaşmanın önlenmesi vb.) azaltım birimi başına (ton CO₂ eşdeğeri) genellikle daha düşük maliyetlidirler. Bouyer ve Serengil (2014) tarafından yapılan bir hesaplamada Türkiye koşullarında ağaçlandırma için ton başına maliyet 86.4 dolar, sürdürülebilir orman yönetimi için ise 66.7 dardır. Bu değerler diğer sektörlerle göre genellikle düşük olmakla beraber sadece karbon tutma amaçlı projeler yapılmasına engel olacak kadar da yüksektir. Ton başına karbon azaltım fiyatı bunun çok altında olduğundan ağaçlandırma veya diğer azaltım projelerinde fizibilite yönünden diğer bazı çözümlerin de gözetilmesi şarttır

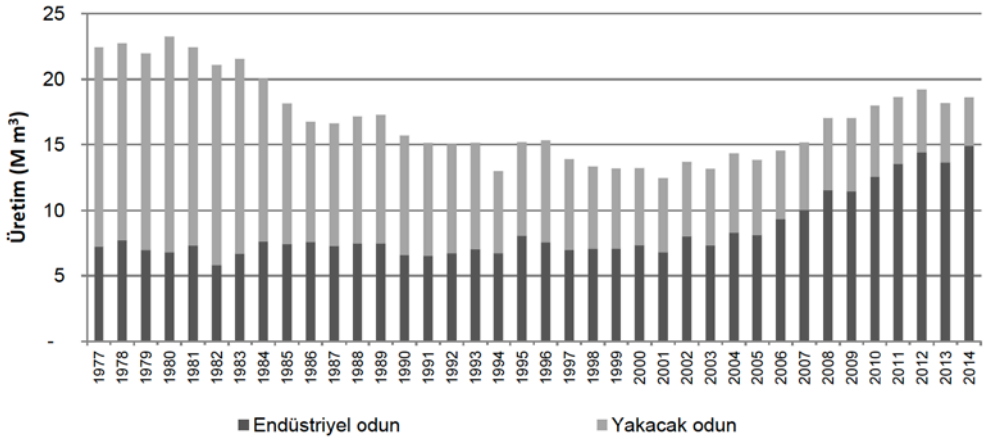
▪ Arazi kullanma ve ormancılık sektöründe (AKAKDO) hesaplama yöntemleri diğer sektörlerle nazaran çok daha karmaşıktır. Bu sektörde ekolojik bilgi, zamansal ve mekânsal altlıklar ve ülkeye özgü araştırma bulgularına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin; sera gazı envanterinde hesap yapabilmek için 1990 yılından bugüne dek farklı zaman aralıkları ile tüm ülkeyi kapsayacak haritalara ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda ülkede iklim bölgelerine göre ekolojik zonlar oluşturulmalı ve bu zonlarda yapılmış ekolojik ve iklimsel araştırma bulguları derlenmelidir

▪ AKAKDO sektöründe arazi kullanımları birbiri ile ilişkili biçimde değerlendirilmelidir. Örneğin; orman alanları hesaplanırken ormana geçişler ve ormandan diğer kullanımlara geçişler de hesaba katılmalıdır. Türkiye gibi hızlı gelişen bir ülkede arazi kullanımları arasında zamansal ölçekte hızlı geçişler söz konusudur

Ülkemizde ormanlar tarafından tutulan karbon oldukça yüksek bir azaltım oranını ifade etmektedir. Henüz resmi olmayan 2016 envanter rakamlarına göre 2014 yılı itibarıyla¹⁴ orman alanlarının tuttuğu karbon yıllık 25.77 Mton'dur. Bu azaltım miktarının 17.83 Mton'luk kısmı orman alanlarından (FL-FL), geri kalanı ise ormana dönüşen alanlar (L-FL) alt kategorisinden kaynaklanmaktadır. Toplam kayıp ise 11.59 Mton C olarak hesaplanmıştır. Kayıplar ormansızlaşma, üretim, kaçak-kayıp ve yangınlardan oluşmaktadır. En yüksek kayıp kalemi 7.94 Mton C ile yapacak ve yakacak odun üretimidir. Yangından kaynaklanan kayıp 0.05 Mton C, kaçak ve kayıplar ise 0.03 Mton C salımına neden olmaktadır. Üretim kayıpları son 2 yıldır sektörel olarak ele alınıp odun ürünleri (HWP) hesabı kapsamında düşürülmüştür. Daha önceki envanter dönemlerinde tüm odun üretimi (yapacak ve yakacak ayrımı yapılmadan) kayıp yani salım olarak hesaplanmaktaydı. Bouyer ve Serengil (2016) tarafından hesaplanan HWP verileri ve hesap modülü son 2 yıldır envanterimizde azaltım kalemi olarak yer almaktadır. Bu sayede 2014 envanterimizde fazladan 2.13 Mton C salımdan düşülerek azaltım olarak kayda geçmiştir. Tüm kazançlardan kayıplar düşüldüğünde ve karbon stok değerleri karbondioksit eşdeğerine çevrildiğinde (44/12 ile çarpılarak) 2014 yılında ormanlardan sağlanan azaltım etkisi 59.70 Mton CO₂ eq olarak hesaplanmıştır. Bu değer henüz netleşmemiş olmakla beraber %12-14 arası bir azaltım anlamına gelmektedir.

Orman alanlarımızda depolanan karbon miktarı alan ve biyokütle artışıyla paralel biçimde artış göstermektedir. Son envanter rakamlarına göre 1990'a göre artış %84.05'tir. Bu artışta odun hammaddesinin son yıllarda daha etkin kullanımı da önemli pay sahibidir. Odun hammaddesinin kullanımı yakacak odundan endüstriyel oduna doğru artış göstermekte (Şekil 16), bu da karbonun daha uzun süre ahşap yapılarda atmosfere ulaşmadan daha uzun süre depolanması anlamına gelmekte, dolayısıyla envantere olumlu yönde katkı yapmaktadır.

¹⁴ 2016 Ulusal Sera Gazı Envanter Raporunda (NIR, 2016) 1990-2014 periyodu hesaplanmakta ve raporlanmaktadır. 24CP/19 kararıyla revize edilen "UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex 1 to the Convention"a göre her NIR raporu 2 yıl öncesi ve 1990 arası yılları kapsar.



Şekil 16. Ülkemizde yakacak ve endüstriyel odun üretiminin zamansal değişimi. Yakacak odun üretimi oransal olarak sürekli düşmektedir (OGM, 2016).

Arazi kullanma, ormancılık ve tüm çevre ile ilgili sorunların hem kaynağı hem de çözümü olarak algılanmalıdır. Doğru arazi kullanma politikaları araziden en yüksek ve sürdürülebilir faydalanmayı sağlarken yanlış arazi kullanma politika ve uygulamalarının sonucunda erozyon, çölleşme, fakirlik gibi istenmeyen oluşumlar olabilir. Ülkemizde yanlış arazi kullanımı oldukça yaygın bir sorundur. Eğimin dik olduğu arazilerde tarım yapıldığı, birinci sınıf tarım arazilerinin ise yerleşime konu olduğu bir gerçektir. Yanlış arazi kullanımı iki şekilde gerçekleşebilir;

- 1- Arazinin yeteneğine uygun kullanılmaması (yukarıda verilen tarım arazileri örneğinde olduğu gibi)
- 2- Arazi kullanma esnasında yapılan yanlış uygulamalar (örneğin ormanda üretim sonrası sürütme ve transport işlerinde ölü örtüye zarar verilmesi ve oyuntuların oluşması gibi)

Ülkemizin kalkınmasının doğru arazi kullanma politikaları ile gerçekleşebileceği unutulmamalıdır. Son yıllarda sürdürülebilir arazi kullanma nosyonu koruma odaklı yaklaşımdan fakirliği azaltmaya dönük yaklaşıma dönüşmeye başlamıştır. Fakat burada verimli ve sürdürülebilir bir arazi kullanma dengesini bulmak yönünde bazı ilkeleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bunlar;

- İzleme ve adaptif planlama
- Tüm paydaşların beklentilerinin gözetilmesi
- Sağlanan ekosistem hizmetlerinin optimizasyonu ve sürekliliği
- Farklı sektör ve ölçeklerin dikkate alınması gereği
- Karşılıklı güven, yararlanma hakları ve şeffaflık
- İklim değişikliği ve ilişkili dış etkenlere karşı yüksek direnç kapasitesi

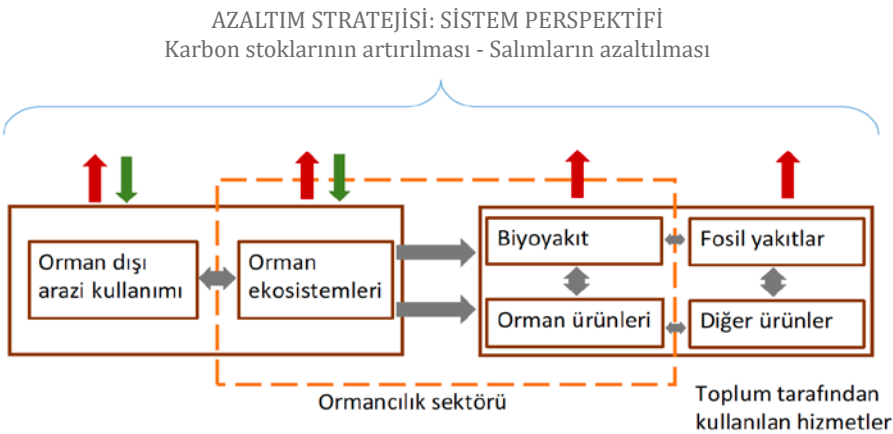
Ormanlar da bir arazi kullanma şeklidir ve doğru kullanım prensipleri ile idare edilmelidir. Orman arazilerinin genişlemesi, yanlış arazi kullanımına konu olmadıkları anlamına gelmemektedir. Sıkça karşılaşılan yanlış arazi kullanım örnekleri şunlardır;

- I. Kesim ve bölmeden çıkarma işlerinde akarsu kıyı ekosistemlerine zarar verilmesi
- II. Farklı ormancılık uygulamalarında ölü örtüye zarar verilmesi
- III. Ağaçlandırma öncesi arazi hazırlığı sırasında diri ve ölü örtünün zarar görmesi
- IV. Yöresel türler yerine başka ekolojik ortamlardan getirilen türlerin kullanımı
- V. Tekdüze meşcere yapıları oluşturulması nedeniyle biyoçeşitliliğin ve habitatların zarar görmesi
- VI. Tek türle ağaçlandırma sonucu kuraklık, yangın, hastalık ve böcek zararlarına karşı direncin düşmesi
- VII. Orman içinde yaban hayatı, su ve besin maddesi döngüsünü destekleyecek açıklıkların ağaçlandırılması
- VIII. Kurak veya yarı kurak koşulları nedeniyle yer örtücü bitkilerle bitkilendirilmesi gereken bölgelerde ağaçlandırma yapılması

İklim değişikliği birçok sektör yanında ormancılık için de önemli bir tehdittir. Öte yandan birçok uluslararası finansal kaynağı hareketlendirmesi ve yeni sektörler yaratması bakımından da bir fırsat olarak görülebilir. Ormanların iklim değişikliği ile mücadeledeki azaltım rolü bir bakıma ormanların önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

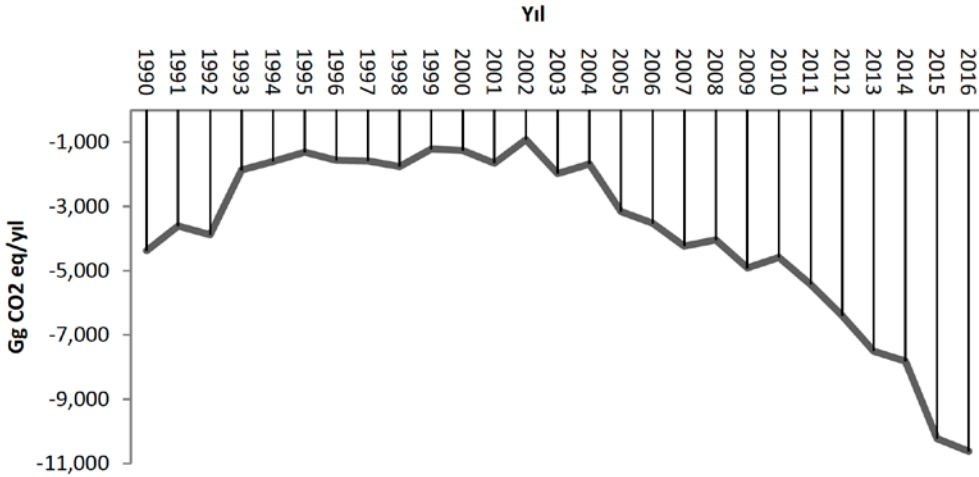
İklim değişikliği ile mücadele sürecinin ormancılık sektörümüz açısından hâlihazırda önemli düzeyde etkileri olduğu söylenemez. Bunun başlıca nedeni Türkiye'nin henüz azaltım taahhüdü vermemiş ve bu nedenle de karbon borsası veya vergisi gibi mekanizmaları uygulamaya koymamış olmasıdır. İklim değişikliği ile mücadele kapasitemizin artması ve önümüzdeki süreçte daha düşük karbonlu bir ekonomiye geçeceğimiz varsayıldığında, bu durumun ormancılık ve orman ürünleri sektörü bakımından son derece yararlı etkileri olacağı söylenebilir. Zira orman alanlarımız genişlemekte ve verim güçleri artmaktadır. Şekil 17 den de görüleceği gibi bu konuda önemi bir adım da odun hammaddesi ve biyoyakıtların fosil kaynaklara nazaran daha da artırılması olacaktır. Bu bakımdan odun hammaddesi kullanımının yaygınlaştırılması büyük önem arz etmektedir.

Şekil 17. Ormancılık ve arazi kullanma sektöründe azaltım stratejisi (IPCC 2007, AR4 WG3 Forestry).



AKAKDO sektöründe orman alanları bir kategori olarak yer almakta, bu kategoriye bağlı olarak odun ürünlerinde tutulan karbon miktarı hesaplanmakta ve raporlanmaktadır. Ormanlıkta üretilen odun hammaddesinin yakacak odun veya kâğıt yerine uzun ömürlü orman ürünlerine dönüştürülmesi karbonu tutmak yönünde önemli bir azaltım faaliyetidir. Ülkemizde yakacak odun miktarının azalması buna karşın endüstriyel odun miktarının artması bu anlamda oldukça faydalıdır. Karbonun atmosfere gitmek yerine mobilya, masa veya inşaat malzemesi olarak uzun yıllar depolanması anlamına gelmektedir.

Türkiye de son birkaç on yıl içerisinde yakacak odun kullanım oranı ciddi oranda düşmüş endüstriyel odun oranı artış göstermiştir (Bouyer ve Serengil, 2016). Bu durumun karbon tutumuna yansımaları ise oldukça ciddi bir düzeyde gerçekleşmiştir (Şekil 18). Yıllık 10 milyon tonun üzerinde bir karbondioksit eşdeğeri atmosfere gitmek yerine odun ürünlerinde depolanmaktadır. Odunun yakacak olarak kullanımının yerine uzun ömürlü ürünlere dönüşmesi sayesinde önümüzdeki yıllarda odun ürünleri havuzunda daha fazla karbon birikmesi yani azaltım sağlanması mümkün olabilir.



Şekil 18. İşlenmiş odun ürünleri havuzunda tutulan karbonun zamansal değişimi (NIR Turkey, 2018)

9.2

TARIM
ALANLARINDA
SERA GAZI
BÜTÇESİ

Tarım alanlarında sera gazı salım ve tutum hesaplamalarında 5 ana karbon havuzu dikkate alınmakla beraber; ölü örtü/ölü odun havuzu genellikle gözardı edilmektedir. İklim ve toprak tiplerindeki farklılıklar nedeniyle proje bazında karbon hesaplamalarında IPCC tarafından verilen geçerli değerleri kullanmak yerine örnekleme yapılmasında yarar vardır. Örneğin A ürününden B ürününe geçiş söz konusu olacaksa;

- 1- Her iki ürün tipinde toprak karbonunun ölçülmesi ve hesaplanması
- 2- Her iki ürün tipinde toprak üstü biyokütleyle ait kuru ağırlık değerlerinin saptanması
- 3- Her iki ürün tipinde artım (büyüme) ve kayıp oranlarının (aralama, budama vb.) ölçülmesi veya tahmin edilmesi gerekir.

Diyelim ki bir havza ıslah projesinde karbon stoklarının artırılması amacıyla bir buğday tarlasının elma bahçesine dönüştürülmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda tarla henüz buğday tarlası iken veya dönüştürülmüşse, çevredeki benzer bir buğday tarlasından doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleme ve sap ve köküyle beraber belli alandaki (örn. 1 m²lik kuadratla) biyokütle örnekleme yapılmalıdır. Burada örnekleme yöntemini belirleyen unsur arazinin büyüklüğü, toprak ve topoğrafik yapıdaki heterojenliktir.

Toprak örneklerinde organik karbon analizi, bu mümkün değilse organik madde yüzdesi ve hacim ağırlığı belirlenmelidir. Organik madde ve hacim ağırlığı bilinen bir toprağın hektardaki karbon stoku şu şekilde hesaplanabilir;

$$C = HA \cdot OM \cdot 0.3 \cdot 10.000 \cdot CF \text{ (Denklem 31)}$$

Burada;

C: Hektardaki karbon stoku (Mg veya Ton/ha)

HA: Hacim ağırlığı (gr/cm³ veya ton/m³)

OM: Organik madde yüzdesi (%)

CF: Karbon fraksiyonu (ton C/ ton kuru madde) CF değeri 0.58 alınmalıdır (IPCC, 2006).

Diğer katsayılar hektara dönüştürme amaçlıdır. Geçerli kabul organik karbonun toprağın üst 30 cm'sinde bulunduğu yönünde olduğu için 0.3 ile çarpılmaktadır. Eğer organik madde analizi yapılmışsa bu durumda CF•OM yerine doğrudan organik karbon yüzde değeri konulur. Ayrıca eğer toprağın iskelet içeriği yani 2mm'den büyük kısmı önemli yer tutuyorsa bu da hesaba katılmalıdır. Örneğin toprağın %20'si taş, çakıl gibi malzemeden oluşuyorsa bu durumda elde edilecek hektardaki karbon stok değeri %20 azaltılmalıdır.

Biyokütle örnekleri ise yine bir örnekleme yöntemi kapsamında belli sayıda toplanmalı ve toprak üstü-toprak altı kısımları ayrılarak kuru ağırlıkları tartılmalıdır. Kuru ağırlık için örnekler 70-80°C'lik sıcaklıkta 24 saat bekletilmelidir (Kaynaklarda hem 70°C hem de 80°C kullanılmaktadır). Böylece buğday için toprak, toprak üstü biyokütle ve toprakaltı biyokütle karbon stok tahmini yapılmış olur. Kuru ağırlık değerleri CF ile çarpılır ve hektara oranlanır: Tek yıllık tarım ürünleri için CF değeri 0.5 alınabilir. Aynı işlem elma bahçesi için de benzer şekilde tekrarlanmalıdır fakat çok yıllık bitki ve odunsu olmasından ötürü farklılıklar mevcuttur;

Toprak örnekleme benzer şekilde yapılır. Yine ister %C değeri ister %Organik madde analizi ile hesaplanabilir.

Çok yıllık tarım ürünlerinde yıllık büyümeden kaynaklanan karbon tutumu söz konusudur. Bu değer bilinmiyorsa aşağıdaki geçerli artım değerleri kullanılır (Tablo 23).

Tablo 23. Ürün ve iklim tipine göre geçerli biyokütle artım değerleri. IPCC (2006) Tablo 5.9.

Ürün tipi	İklim tipi	Yıl sonu karbon stoğu (ton C ha ⁻¹)	Hata aralığı (standart sapma * 2)
Tek yıllık	Tüm iklim bölgeleri	5.0	± %75
Çok yıllık	Ilıman (nemli, kuru)	2.1	± %75
	Tropikal kuru	1.8	± %75
	Tropikal nemli	2.6	± %75
	Tropikal ıslak	10.0	± %75

Ulusal envanterde ise iklim ve toprak tipine göre hektarda biyokütle ve biyokütle artım değerlerine ihtiyaç duyulur. Bu değerler yoksa IPCC tarafından verilen geçerli değerler kullanılır.

Ülkemizde tarım arazilerinin karbon stok değeri ve artımını hesaplamaya yönelik veri sıkıntısı yaşanmaktadır. Bunun başlıca nedenlerinden biri tarım sektörünün bugüne dek ürünü incelemeye yönelmiş olmasıdır. Örneğin elma ağacının odun yoğunluğunu analiz etmek yerine elmanın kalitesini incelemek gibi. Bu da oldukça doğal bir durumdur zira elmanın ticari değeri odun değerinden çok daha yüksektir.

İyi tarım uygulamalarının etkilerini değerlendirmek için ise yine benzer bir yol takip edilir. Örneğin Tekirdağ'ın Malkara İlçesinde tek yıllık ürünlerle tarım yapılmaktadır. Tam sürüm ve orta düzeyde gübre kullanılarak yapılan bu tarımsal faaliyette, gübre oranı aynı tutulup sadece sürüm sayısı orta düzeye azaltılırsa toprakta sağlanacak karbon birikimini hesaplayalım.

Öncelikle karbon havuzlarına göz atmak gerekir. Sürüm sıklığının değişmesi toprak üstü, toprakaltı, ölü örtü gibi havuzlarda bir değişiklik ortaya çıkarabilir veya çıkarmayabilir. Eğer çıkaracağı varsayıyorsa

ve bu değişikliğin önemli düzeyde olacağı düşünülüyorsa söz konusu ürünün tam sürüm ve azaltılmış sürüm durumlarındaki biyokütlesi örneklenmelidir. Bu örnekleme çerçevelerle (kuadrat) yapılabilir. Bu ayrıntıda bir değerlendirme, hesaplama düzeyini seviye 3'e çıkarır. Fakat sürümdeki azalmanın toprak üstü ve toprakaltı biyokütle karbon stokunda ciddi bir değişikliğe yol açmayacağı tahmin ediliyorsa bu durumda biyokütle örneklemesine ihtiyaç duyulmaz ve biyokütlenin değişmediği varsayılır. Geriye kalan toprak karbon havuzuna bakılır.

Tekirdağ'ın Malkara ilçesi sıcak-kurak iklim tipine ve HAC (Yüksek Aktivitedeki Kil Toprağı) toprak tipine dâhildir. Toprak tipi dönüşümlerini "toprak karbonu" bölümünde açıklamıştık.

Sıcak-kurak iklim tipi ve HAC toprak tipinde doğal bitki örtüsü altında IPCC (2006) geçerli katsayısı 38 Mg C ha⁻¹'dir. Eğer tam sürümlü, orta gübreli tek yıllık tarım yapılıyorsa bu durumda denklem 25 ve 26 kullanılarak;

$$\Delta C_{\text{mineral}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REFc,s,i} \cdot F_{LUC,s,i} \cdot F_{MGC,s,i} \cdot F_{IC,s,i} \cdot A_{c,s,i})$$

Tam sürüm ve orta derece gübre durumunda;

$$SOC_{\text{önceki}} = 38 \cdot 0.8 \cdot 1 \cdot 1 = 30.4 \text{ Mg C ha}^{-1}$$

Orta düzey sürüm ve orta düzey gübre durumunda;

$$SOC_{\text{sonraki}} = 38 \cdot 0.8 \cdot 1.02 \cdot 1 = 31.0 \text{ Mg C ha}^{-1}$$

Aradaki fark;

$$\Delta C_{\text{mineral}} = \frac{31 - 30.4}{20} = 0.03 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ dır.}$$

Hektarda ve 1 yılda gerçekleşen bu fark örneğin 10 ha tarım arazisinde ve 10 yılda toplam; 0.03 • 10 • 10 = 3 Mg C artışı, yani 3 ton karbon kazancı anlamına gelmektedir.

Bu hesaplama Seviye-1 düzeyinde bir hesaplamadır. Eğer Seviye 2 veya 3 e çıkartılmak istenirse ulusal katsayılar kullanmak gerekir.

Seviye 2 hesaplamasına Serengil ve Erden'den (2014) azaltılmış sürü uygulamasına bir örnek verelim. Söz konusu çalışmada Kırgızistan'da yapılması planlanan bir arazi rehabilitasyon projesinin sağlayacağı

Fotoğraf 10: Tek yıllık tarım ürünlerine örnek buğday tarlası.



karbon azaltım potansiyeli önceden (ex-ante) hesaplanmıştır. Uluslararası kurumlardan birçoğu fonlamayı planladıkları projelerin ne kadar azaltım potansiyeli olduğunu bilmek isterler. Ona göre fon sağlayıp sağlamayacaklarına karar verirler. Kırgızistan'da da uluslararası bir kuruluş ile böyle bir çalışma yürütülmüştür.

Kırgızistan'ın Issyk-kul eyaletinde Tepke yerleşimi civarında azaltılmış sürüm ile iyi tarım uygulaması planlanmıştır ve bu uygulamanın ne ölçüde karbon kazancı sağlayacağı hesaplanacaktır. Hesaplama bölgede aynı toprak üzerindeki verilerden yararlanılmıştır. 1980-2000 yılları arasında bir azaltılmış sürüm uygulaması yapılmış ve öncesi ve sonrasında topraktaki organik madde ile hacim ağırlığı değerleri tespit edilmiştir (Tablo 24). Arazi 600 ha'dır.

Tablo 24. Farklı toprak tipleri için karbon stok değişimi hesabı.

			A	B	C	D= 0.3*10000*C*B*0.58/100	E=D*A	F
Eyalet	Yerleşim	Toprak tipi ve yıl	Alan (ha)	OM (%)	HA (gr/cm ³)	Karbon stoku (Mg ha ⁻¹)	Toplam C stoku (Mg)	C Stok Değişimi (Mg)
Issyk- kul	Tepke	Koyu kestane 1980	660	4,1	1,27	91	60 060	-14 520
		Koyu kestane 2000		5,1	1,27	113	74 580	14 520

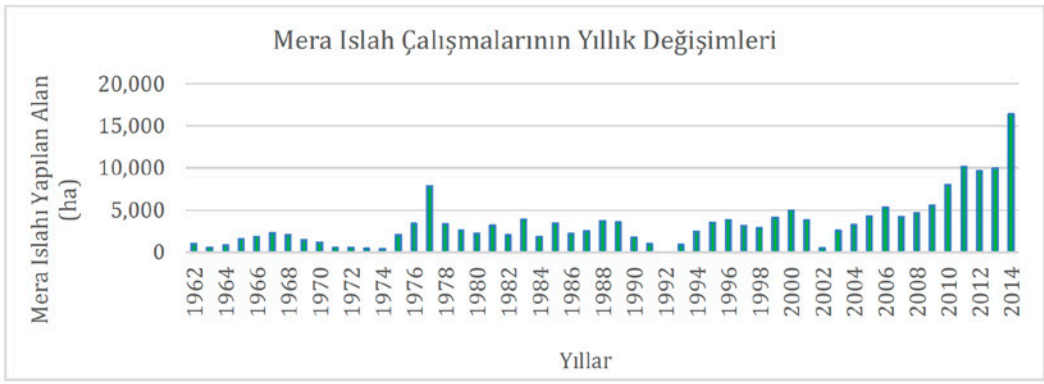
1980 yılında ölçülen organik madde yüzde değeri 4.1 gr/cm³ iken 2000'de ölçülen değer 5.1 gr/cm³ dür. Hacim ağırlığı değişmemiştir. Hacim ağırlığı ve organik madde yüzdesine bağlı olarak hektardaki karbon stoku hesaplandığında uygulama öncesi 91 Mg, uygulama sonrası ise 113 Mg değerleri elde edilmiştir. Bu değerler alanla çarpılıp farkı alınırsa azaltılmış sürümün 20 yıllık süre içinde hektarda 113-91= 22 Mg karbon stok artışı toplamda ise 14.520 Mg artış sağlayacağı görülür. Terside aynı şekilde geçerlidir. Yani sürüm sıklığını artırmak da aynı oranda karbon stoklarını eritecektir.

Sürüm uygulaması ayrışmayı ve dolayısıyla atmosfere daha fazla karbon salımı gerçekleşmesini sağlamaktadır.

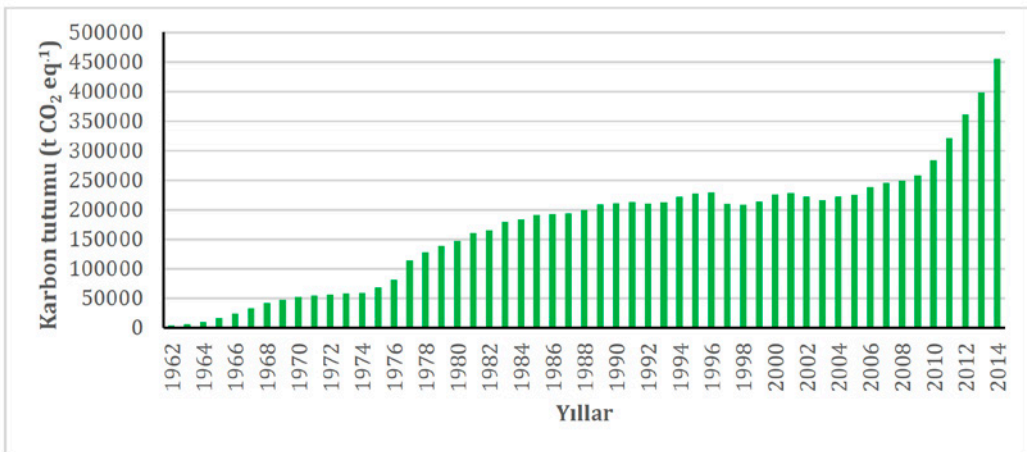
9.3

MERALARDA
SERA GAZI
BÜTÇESİ

Mera ıslahı ve yönetimi karbon hesaplamalarına sıkça konu olmaktadır. Ülkemizde mera ıslahı çalışmaları kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşlarınca gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda mera ıslahına konu olan alanda ciddi bir artış olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 19). Bu durum doğal olarak karbon tutumuna da önemli düzeyde olumlu etki yapmaktadır (Şekil 20).



Şekil 19. Ülkemizde mera ıslah çalışmalarının yıllık bazda değişimi (OGM, Ağaçlandırma Dairesi)



Şekil 20. Ülkemizde mera ıslah çalışmalarının sağladığı karbon tutumunun zamansal değişimi (Erden ve Serengil, 2015).

9.4

SULAK
ALANLARDA
SERA GAZI
BÜTÇESİ

Sulak alanlar karmaşık sucul ekosistemlerdir. BMİDÇS raporlamalarında insan yapımı su kütleleri veya insan faaliyetinin gerçekleştiği (pozitif veya negatif) doğal sulak alanlardan salım ve tutum hesabı yapılabilir zira iklim değişikliğinin antropojenik kaynaklı olduğu varsayıldığından sera gazı envanterinde tüm hesapların da antropojenik aktivitelere yönelik olması gerekmektedir.

Sulak alanlar fotosentez ile karbon tutumu, solunum ve ayrışma ile ise salımların doğal olarak gerçekleştiği ekosistemlerdir. Aradaki fark net akış yönünü ifade eder. Çeşitli ekolojik özelliklere göre net salım veya net tutum mümkündür. Oksijensiz ortamda ayrışma sonucu ise metan salımı gözlenir.

Sulak alanlarda sisteme giren tüm organik madde ayrışabilir veya bir kısmı ayrışmadan dibe çökebilir. Bu şekilde turbalıklar oluşur. Turbalıklarda karbon birikimi genellikle oldukça yavaş bir hızda seyredir. IPCC (2006) ya göre 20-50 kg C ha/yıl civarındadır. Dolayısıyla turbalık oluşumu belli ekolojik koşullarda binlerce yıl sürebilir. Sulak alana yüksek oranda azot girişi söz konusu ise bu durumda N₂O salımı da gerçekleşebilir. Oligotrofik şartlarda oldukça düşük olan N₂O salımı sulak alana bitki besin maddesi girişi ile trofik seviyesinin yükselmesi ve bu süreçte N₂O salımı anlamına gelir.

Sulak alan drenajı ile metan salımı azalır, buna karşılık CO₂ salımı artar. N₂O salımının ise azotça aşırı zenginleşmiş sulak alanlardan gerçekleştiği varsayılmalıdır.

Sulak alanlarda karbon envanteri IPCC (2006) kılavuzuna göre yapılmaktadır. Bu kılavuz birçok eksiklik içermektedir ve bu nedenle 2013 yılında ek bir kılavuzla güncellenmiştir. Burada ağırlıklı olarak IPCC (2006) kılavuzu ele alınacak yer yer de IPCC (2013) den bahsedilecektir.

Sulak alanlar da AKAKDO içerisindeki arazi kullanımlarından birisidir. Sulak alan tanımına tüm yıl boyunca veya yılın belli döneminde suyla kaplı veya doymun halde bulunan orman, tarım veya mera kategorilerinden birine ait olmayan ve insan etkisi ile oluşmuş veya yönetilen araziler girmektedir. Örneğin barajlar, bentler ve üretim yapılan/drene edilen turbalıklar sulak alan olarak görülmektedir. Bu kapsamda eğer herhangi bir insan etkisi söz konusu değil ise (drenaj, restorasyon vb.) doğal sulak alanlardan sera gazı salım veya tutum hesabı yapılmamaktadır. IPCC'de (2006) yöntem geliştirilmiş olan sulak alan tipleri;

- Enerji, tarım veya ormancılık amaçları için torf üretilen turbalıklar
- Enerji, sulama, rekreasyon veya başka bir sebepten dolayı yapay olarak oluşturulmuş baraj benzeri rezervuarlar

Ulusal sera gazı envanterinde dikkate alınan sulak alan kategorileri turbalıklarda üretim ve baraj inşaatlarıdır.

$$CO_2-W = CO_{2-tur} + CO_{2-bar}$$

Burada;

(Denklem 32)

CO_2-W : Sulak alanlardan sera gazı salımı toplamı (Gg CO_2 yıl⁻¹)

CO_2-tur : Üretim yapılan turbalıklardan gerçekleşen CO_2 salımı (Gg CO_2 yıl⁻¹)

CO_2-bar : Baraj yapımından kaynaklanan CO_2 salımı (Gg CO_2 yıl⁻¹)

Baraj Yapımı Sonucu Sera Gazı Salımı

Baraj yapımı ile su altında kalacak arazideki toplam karbonun (tüm karbon havuzları) atmosfere salınacağı varsayılır. Baraj suları altında kalacak arazi ormanlıksa ormanda, meraysa merada veya tarım arazisi ise tarım arazisinde yer alan karbon stoku hesaplanır ve o yıl için salım olarak ifade edilir. Sonraki yıllar herhangi bir salım veya tutum hesaplanmaz.

Hesaplamayı bir örnekle açıklayalım.

ÖRNEK

Bolu'nun bir ilçesinde 40 ha rezervuar alanına sahip bir sulama göleti yapılması planlanmaktadır. Bu gölet inşaatı nedeniyle ortaya çıkabilecek olumsuz etkiler ortaya konulurken oluşabilecek karbon salımının hesaplanması istenmektedir.

Gölet rezervuarında yer alan (suyla kaplanacak arazi) arazi kullanımları aşağıdaki gibidir:

15 ha orman (Karaçam)

10 ha mera

10 ha tarım

5 ha beton yüzey ve asfalt

HESAPLAMA ADIMLARI:

Biyokütle İçin;

Orman arazisi ile ilgili olarak;

Mevcut dikili hacim (V) orman işletmesinden alınır ve BCEF katsayısı ile çarpılarak biyokütle hesaplanır.

I. BCEF katsayısı olarak karaçam BCEF katsayısı

II. İbrelili tür BCEF katsayısı veya

BCEF katsayısını 0.5 alalım.

Kök gövde oranı olarak elde karaçama özgü bir değer varsa (bilimsel çalışmalardan bakılır) kullanılır veya IPCC 2006'dan geçerli değer olan 0.3 kullanılabilir.

Bu verilerle orman alanında toprak üstü ve toprak altı canlı biyokütle karbonu aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\begin{aligned} &= V \cdot BCEF \cdot (1+R) \cdot CF \\ &= 1500 \cdot 0.5 \cdot 1.3 \cdot 0.51 \\ &= 497.25 \text{ Mg C} \end{aligned}$$

Mera alanı da su altında kalacağı için biyokütle karbonunun tümünün enstantane oksidasyonla yani hemen atmosfere gideceği hesaplanır. Elde ülkeye özgü biyokütle verisi var ise hesaplamada kullanılmalıdır. Eğer yoksa bu durumda IPCC 2006 Tablo 6.4'te verilen 13.5 ton d.m. ton/ha toplam (toprak üstü ve altı toplamı) değeri kullanılabilir. CF katsayısı 0.5 alındığında 10 hektarlık mera alanı için biyokütle karbon stoğu;

$$\begin{aligned} &= 13.5 \cdot 0.5 \cdot 10 \\ &= 67.5 \text{ ton veya Mg C hesaplanır.} \end{aligned}$$

Tarım arazileri tek yıllık otsu ürünler veya çok yıllık odunsu bitkilerden oluşuyor olabilir. Çok yıllık odunsu bitkiler söz konusu olduğunda yüksek bir salım söz konusu olabilir. Zira IPCC 2006 kılavuzunda çok yıllık odunsu tarım arazileri için toprak üstü biyokütle değeri ılıman kuşak için 63 ton C/ha olarak verilmiştir (Tablo 5.1). Tek yıllık tarım arazisi söz konusu olduğunda IPCC Tablo 5.9'dan 5.0 ton C/ha değeri kullanılabilir. Örnekteki tarım arazisinin tek yıllık olduğunu varsayarsak;

$$\begin{aligned} &= 5 \cdot 10 \text{ ha} \\ &= 50 \text{ ton veya Mg C biyokütle hesaplanır.} \end{aligned}$$

Toplam biyokütle karbon salımı her 3 araziden ortaya çıkacak toplam salımdır. Yani;

$$\begin{aligned} &= 497.25 + 67.5 + 50 \\ &= 614.75 \text{ ton C} \end{aligned}$$

Baraj yapımı ile alandaki arazilerde biyokütle ortadan kalkarken topraktaki karbon da aynı şekilde salım olarak hesaplanmalıdır. Toprak karbonu hesaplaması yapılırken eldeki veriler gözden geçirilir. Yakın bölgelerde toprak örnekleme ve analizi yapılmışsa bu verilerden yararlanılabilir. Toprak karbonu kısmındaki örnekteki gibi karbon stok hesabı yapılır ve tümü salım olarak raporlanır. Aksi takdirde yani elde alana ait veya bölgesel veri yoksa yine IPCC tablo (Tablo 2.3) verilerinden yararlanılır.

Baraj rezervuar alanında kalacak orman alanlarından salınacak karbon miktarı hesabında ölü organik madde karbon stok değeri de yer almalıdır. Zira orman alanlarında belli miktarda mutlaka ölü örtü ve/

veya ölü odun yer almaktadır. Bu konuda yine ulusal veri yoksa IPCC tablo 2.2. değeri olan 13 ton C/ha kullanılabilir. Orman alanı ile çarpılarak salım değeri hesaplanır;

$$= 13 \cdot 15$$
$$= 195 \text{ ton C}$$

Dikkat edilirse 13 ton/ha C değeri aslında oldukça yüksek bir değerdir. Hektarda yaklaşık 30 tona yakın kuru madde olduğunu gösterir ki bu da aslında pek rastlanabilecek bir durum değildir. Dolayısıyla IPCC tablo değerleri kullanılırken temkinli davranılması yerinde olur.

Beton yüzey ve asfalttan salım hesabı yapılmaz. Organik karbon stok değerleri sıfır kabul edilir.

Turbalık İşletmesi ile Sera Gazı Salımı

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye’de 3000 ha civarında turbalık bulunmakta, yıllık olarak ise 31.5 ha’lık kısımda torf üretimine izin verilmektedir. Aynı kaynağa göre bu turbalıklarda ortalama derinlik 2-3 metre arası, organik madde yüzdesi ise %60 civarındadır. İşletmeye konu olan bazı turbalıklarımız Tablo 25’ de verilmiştir.

Tablo 25. 2013-2014 yıllarında işletme izni verilmiş turbalıklar ve işletilen alan miktarı.

İl	Sulak Alan Adı	Alan (Ha)	Çalışılan Derinlik (m)
Adıyaman	Gölbaşı Gölleri	1	1
Afyonkarahisar	Arapışık	4,93	1
Afyonkarahisar	Büyükpayamlı Çukuru	2	2
Ağrı	Köseler-Sarısı Mevkii	2	2
Antalya	Karaöl	11,5	1,2
Bolu	Gerede-Kurugöl	0,15	1
Bolu	Yeniçağa	11	3
Burdur	Göhlisar Uylupınar	7,16	1
Burdur	Çeltikçi Karaevli Gölü Sazlığı	2	5
Burdur	İbecik	0,3075	2
Burdur	Merkez Boğaziçi Köyü	2,95	5
Burdur	Merkez Taşlışavak Mevkii	2,94	5
Denizli	Çameli Kızılyaka Bataklığı	1,85	3
Denizli	Kumavşan Üvehöyüğü Çayırılığı	0,98	3
Erzurum	Köşk Mevkii	3	2
Eskişehir	Sivrihisar	1,95	4
Kütahya	Işıklar Köyü	1,15	4
Sakarya	Taşkısığı Gölü	2	1
Sakarya	Büyük Akgöl	2	1,5
Sakarya	Kamış Gölü	1,905	1,5
Toplam/ortalama		62,7725	2,46

Turbalık eğer işletilmiyorsa yani doğal durumdaysa, salım veya tutum olarak sera gazı envanterine konu edilmez. İşletilen turbalıklar için ise IPCC'nin (2006) önerdiği metodoloji aşağıda kısaca açıklanmıştır. IPCC'ye (2006) göre turbalık işletmesinde 3 aşamadan söz edilebilir;

a) Suyun drenajı için drenaj hendeklerinin açılması. Bu aşamada su seviyesi düşmekte ve yüzeydeki bitki örtüsü zarar görmekte veya ortadan kaldırılmakta. Suyun çekilmesi ile turba hava ile temas etmekte ve ayrışma/çürüme süreci başlamaktadır. Bu çürüme esnasında CO₂ salımı gerçekleşmektedir.

b) Turba çıkarımında farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Örneğin turba yüzeyi küçük parçalara bölünüp kurumaya bırakılabilir veya kalıplar halinde çıkarılıp kurutulabilir. Her koşulda da arazide çürüme veya taşındığı yerde kullanım sırasında çürüme gerçekleşecektir ve bu durum yine CO₂ salımı anlamına gelir.

c) Ekonomik üretim süreci sona eren bir turbalıktan turba çıkarımı durdurulsa bile başka bir arazi kullanma şekline dönüşene kadar sera gazı salımı devam edebilir. Dolayısıyla bu salımlar da envantere yer almaya devam etmelidir.

Turbalıklardan sera gazı salımı IPCC 2006 kılavuzundaki Denklem 7.3 ile ifade edilmiştir. Buna göre;

$$CO_{2\ ww_tur} = (CO_2 - C_{ww_tur\ alan-dışı} + CO_2 - C_{ww_tur\ alan}) \quad (\text{Denklem 33})$$

$CO_{2\ ww_tur}$: Turbalık işletmesine konu olan alandan CO₂ salımı (Gg CO₂ yıl⁻¹)

$CO_{2 - Cww_tur\ alan-dışı}$: Üretilen torf nedeniyle ortaya çıkan alan dışı CO₂ salımı (Gg CO₂ yıl⁻¹)

$CO_2 - Cww_tur\ alan$: Drenaj nedeniyle ortaya çıkan alandaki CO₂ salımı (Gg CO₂ yıl⁻¹)

Denklemdaki alandan gerçekleşen salım ($CO_2 - C_{ww_tur\ alan}$) IPCC (2006), denklem 7.4. ile hesaplanır;

$$CO_2 - C_{ww_tur\ alan} = (A_{zengin} \times EF_{zengin}) + (A_{fakir} \times EF_{fakir}) / 1000 \quad (\text{Denklem 34})$$

A_{zengin} : Besin maddesi yönünden zengin turbalıklarda işletmeye konu alan (tüm işletme faaliyetleri dahil), (ha)

A_{fakir} : Besin maddesi yönünden fakir turbalıklarda işletmeye konu alan (tüm işletme faaliyetleri dahil), (ha)

EF_{zengin} : Besin maddesi yönünden zengin turbalıklar için emisyon faktörü (ton C ha⁻¹ yr⁻¹),

EF_{fakir} : Besin maddesi yönünden fakir turbalıklar için emisyon faktörü (ton C ha⁻¹ yr⁻¹),

Fotoğraf 11: Nakuru Gölü/Kenya



Burada EF değerleri için Tablo 26 kullanılabilir. Turbalığın zengin veya fakir olması besin maddesi içeriği ile ilgilidir. Genellikle soğuk kuşak turbalıkları besin maddesi yönünden fakirken, ılıman kuşak turbalıkları zengindir. Dolayısıyla elde turbalığın besin maddesi içeriği ile ilgili veri yoksa soğuk kuşakta fakir, Türkiye'nin yer aldığı ılıman kuşakta ise zengin kabul edilmelidir.

Tablo 26. Turbalıklardan CO₂ salımı için alandaki salım hesaplamasında kullanılacak emisyon faktörü değerleri (IPCC, 2006).

İklim Bölgesi	Emisyon Faktörü (EF) ton C ha ⁻¹ yr ⁻¹	Belirsizlik ton C ha ⁻¹ yr ⁻¹
Soğuk veya ılıman kuşak		
Fakir turbalıklar EF _{fakir}	0.2	0-0.63
Zengin turbalıklar EF _{zengin}	1.1	0.03-2.9
Tropikal kuşak		
EF _{fak-zeng}	2.0	0.06-7.0

Denklemdaki alan dışı salım değeri (CO₂ - C_{ww_tur alan-dışı}) ise eldeki ağırlık veya hacim verisine göre aşağıdaki denklemle hesaplanır (IPCC 2006, Denklem 7.5).

$$CO_2 - C_{ww_tur\ alan-dışı} = W_{kuru} \times Cf_{ağırlık} / 1000 \quad (\text{Denklem 35})$$

veya

$$CO_2 - C_{ww_tur\ alan-dışı} = V_{kuru} \times Cf_{hacim} / 1000 \quad (\text{Denklem 36})$$

Burada;

W_{kuru} = çıkarılan turbanın hava kuru ağırlığı (ton)

V_{kuru} = çıkarılan turbanın hava kuru hacmi (m³)

$Cf_{ağırlık}$ = Hava kuru turbanın karbon fraksiyonu ton C / ton turba d.m.

Cf_{hacim} = Hava kuru turbanın karbon fraksiyonu ton C / m³ turba d.m.

Elde veri yoksa denklemdeki karbon fraksiyonları için aşağıdaki geçerli (default) tablo değerleri (IPCC, 2006) kullanılabilir.

Tablo 27. Karbon fraksiyon değerleri için IPCC tarafından önerilen geçerli katsayılar.

İklim Bölgesi	C _f _{ağırlık} ton C / ton turba d.m.	C _f _{hacim} ton C / m ³ turba d.m.
Soğuk veya ılıman kuşak		
Fakir turbalıklar	0.45	0.07
Zengin turbalıklar	0.40	0.24
Tropikal kuşak		
Tropikal humus EF _{fak-zeng}	0.34	0.26

Turbalık işletmesi sonucu üretilen torfun enerji dışı sektörlerde kullanımı (CO₂ – C_{ww_tur} off-site) alan dışı salım olarak nitelendirilebilir. Enerji amaçlı olarak kullanım söz konusu ise bu durumda enerji sektöründe raporlanmalıdır.

Örnek: Ülkemizin Turbalıklardan kaynaklanan yıllık sera gazı salımını Seviye-1 düzeyinde hesaplayalım.

Torf üretilen alan = 31.35 Ha/yıl

Çalışılan ortalama derinlik = 2.46 m

ise yıllık torf üretimi = 31.35 x 2.46 x 10.000 x 0.5

= 385 605 m³ d.m./yıl

(10000 çarpımı, ha-m2 dönüşümü için 0.5 ise hava kurusu ağırlığın %50 olduğu varsayımına dayanmaktadır)

Tablo 27' den karbon fraksiyonu 0.24 alınırsa, denklem 36' ya (IPCC 2006 denklem 7.5) göre;

$$CO_2 - C_{ww_tur\ alan-dışı} = V_{kuru} \times C_{f_hacim} / 1000$$

$$= 385\ 605 \times 0.24 / 1000$$

$$= 92.55\ Gg\ C/yıl\ yani\ 92.550\ ton\ C/yıl$$

Bu değer üretilen torf nedeniyle gerçekleşen salım miktarıdır. Off-site salım olarak da adlandırılabilir. Üretim esnasında meydana yani on-site salım hesaplaması ise denklem 34 (IPCC 2006 denklem 7.4, Tablo 7.4) yardımıyla yapılır.

$$CO_2 - C_{ww_tur\ alan} = (A_{zengin} \times EF_{zengin}) + (A_{fakir} \times EF_{fakir}) / 1000$$

$$= 31.35 \times 1.1 / 1000$$

$$= 0.03 \text{ Gg C/yıl yani } 30 \text{ ton C/yıl}$$

Off-site ve on-site salımları toplarsak Türkiye’de yıllık olarak turbalık işletmesi nedeniyle ortaya çıkan salım miktarını hesaplamış oluruz;

$$= 92.55 + 0.03 = 92.58 \text{ Gg C/yıl} = 92 \text{ 580 ton C/yıl}$$

CO₂ eşdeğeri ise 44/12 ile çarpılarak;

$$= 92 \text{ 580} \times 44/12$$

$$= 339 \text{ 460 ton CO}_2 \text{ eq /yıl hesaplanır.}$$

Turbalığın özelliğine göre işletme esnasında CO₂ dışında gaz salımları da gerçekleşebilir. Turbalık drene edilip kurutulacağından metan (CH₄) salımı azalacaktır. Buna karşın organik madde de birikmiş olan inaktif organik azot nitrat formuna oradan da N₂O salımına dönüşebilir. Karbon azot oranı (C/N) 25’in üzerindeyse IPCC’ye (2006) göre azot salımı önemsiz seviyededir. Eğer altındaysa aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir;

$$N_2O_{\text{ww_tur}} = A_{\text{zengin}} \times EF_{\text{zengin}} \times 44/28 \times 10^{-6}$$

Burada;

$N_2O_{\text{ww_tur}}$: Turbalık işletmesinden ortaya çıkan N₂O salımı (Gg N₂O yıl⁻¹)

A_{zengin} : İşletmeye konu turbalık alanı (tüm alan) (ha)

EF_{zengin} : Zengin besin maddesi içeriğine sahip organik turbalık toprakları için N₂O emisyon faktörü. Denklemdaki değeri IPCC’den (2006) alınabilir.

Tablo 28. Zengin besin maddesi içeriğine sahip organik turbalık toprakları için N₂O emisyon faktörü (EF_{zengin}) değerleri (IPCC, 2006).

İklim Bölgesi	Emisyon Faktörü (EF) kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yıl ⁻¹	Belirsizlik kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yıl ⁻¹
Soğuk veya ılıman kuşak		
Zengin turbalıklar EF _{zengin}	1.8	0.2-2.5
Tropikal kuşak		
EF _{fak-zeng}	3.6	0.2-5.0

Yukarıda açıklananlar Seviye-1 hesaplamalarında kullanılacak yöntemlerdir. Seviye-2 ve Seviye-3 hesaplamaları için ulusal verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin elde edilmesi durumunda Seviye-2 ve Seviye-3 hesaplamaları da IPCC’de (2006) açıklanmıştır.

9.5

YERLEŞİMLERDE
SERA GAZI
BÜTÇESİ

IPCC 2006 kılavuzuna göre eğer elde ülkeye özgü sayısal bir değer yoksa yerleşimlerin hektardaki karbon stok değeri sıfır kabul edilmelidir. Bu durumda herhangi bir arazi kullanımından yerleşime geçiş olduğunda salım hesaplanmalıdır. Öte yandan yerleşimler içerisinde de yeşil alanlar olduğu bilinmektedir. Bazı yerleşimlerde ise yeşil alan oranı o kadar yüksektir ki, yerleşim yeşil alan büyüklüğü, bir mera, tarım veya bozuk orman alanından yüksek olabilir. Genellikle her ülkenin yerleşim yapısı ve yoğunluğu kendine özgüdür. Bazı ülkelerde yayvan ve seyrek bir yerleşim mozaïği söz konusuken bazı ülkelerde geçirimsiz alanların çok yoğun, yeşil alanların çok az olduğu durumlar da olabilir. Hatta şehir bazında da farklılıklar olabilir. Örneğin Rize ile Diyarbakır'ın kentleşme şablonu birbirinden çok farklıdır. Burada iklim, toprak gibi doğal etmenler yanında sosyal, ekonomik ve kültürel etmenler de etkilidir.

İstanbul'da yaptığımız bir çalışma bu konuda önemli ipuçlarını ve sonuçları ortaya koymuştur.

Bu çalışmanın bulgularından yararlanılarak ulusal sera gazı envanterindeki yerleşim kategorisi raporlanmıştır.

Ülkeye Özgü Örnek Çalışma: İstanbul

TUBİTAK 112Y096 numaralı "Sürdürülebilir Arazi Planlama Çalışmalarını Destekleyecek Bir İklim Değişikliği-Ekosistem Hizmetleri Yazılımının Geliştirilmesi" proje kapsamında yerleşim alanları için tahmini karbon stoku tahmini yapılmıştır. Çalışma İstanbul'un 3 önemli havzasında gerçekleştirilmiştir. Bu havzalardan Alibeyköy ve Sazlıdere baraj havzalarıdır, Kağıthane ise Haliç'i besleyen ana derelerden birisidir.

Çalışma alanı 500 m kenar uzunluğuna sahip gridlere ayrılmıştır. Bu sayede alanı 2.5 Ha olan 2500'e yakın grid elde edilmiştir. Her bir griddeki arazi kullanımı;

- Yapraklı orman
- İbrelili orman
- Mera,
- Tarım arazisi ve
- Geçirimsiz alanlar

olarak sınıflandırılmıştır. Bu arazi kullanımları için birim alandaki karbon stokları hesaplanmıştır. Bu hesaplama için alanda yapılan ölçümlerden yararlanılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Marmara bölgesinde farklı arazi kullanımları için hesaplanmış karbon stok değerleri (Serengil ve ark., 2016).

	Toprak (t C/ha)		ÖÖ (t C/ha)		TÜ (t C/ha)		TA ¹ (t C/ha)	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Mera	100,56	36,69	0,06	0,07	0,49	0,36	1,37	NA
Tarım (tek yıllık)	50,49	NA	0,27	0,36	0,75	0,27	0,00	NA
İbrelili	127,38	127,38	4,43	3,27	130,60	77,32	26,12	15,46
Yapraklı	97,29	29,98	2,86	1,65	157,75	125,98	37,86	30,23
Karışık (İbrelili-Yapraklı)	122,70	37,15	4,02	1,77	135,16	71,10	28,23	15,03
Yapraklı (Rekreasyon)	97,77	21,53	1,49	0,70	157,59	125,72	37,86	30,23

¹Toprak Altı Biyokütle hesaplamasında IPCC (2006) geçerli katsayılardan yararlanılmıştır.

Uygulanan metodolojinin aşamaları aşağıdaki gibidir;

- Araştırma alanı (740 km²) 500•500 metrelik gritlere ayrılmıştır
- Her gritteki arazi kullanımı SPOT 2013 uydu görüntüsünden 1.5•1.5 çözünürlükte kontrollü sınıflandırma yöntemi ile belirlenmiştir
- Doğrulama testi 1000 nokta için %90 üzeri bir performansla gerçekleştirilmiştir,
- Tablo 29'da verilen karbon stok değerleri gritlerdeki arazi kullanımları ile çarpılmış ve her gritin karbon stoku hesaplanmıştır
- Gritler daha sonra geçirimsizlik yüzdesine göre 4 kentleşme yoğunluğuna ayrılmıştır. Bu yoğunluklar >%20, >%40, >%60, ve >%80

Farklı kentleşme yoğunlukları için hesaplanmış karbon stokları (Serengil ve ark., TUBITAK 112Y096).

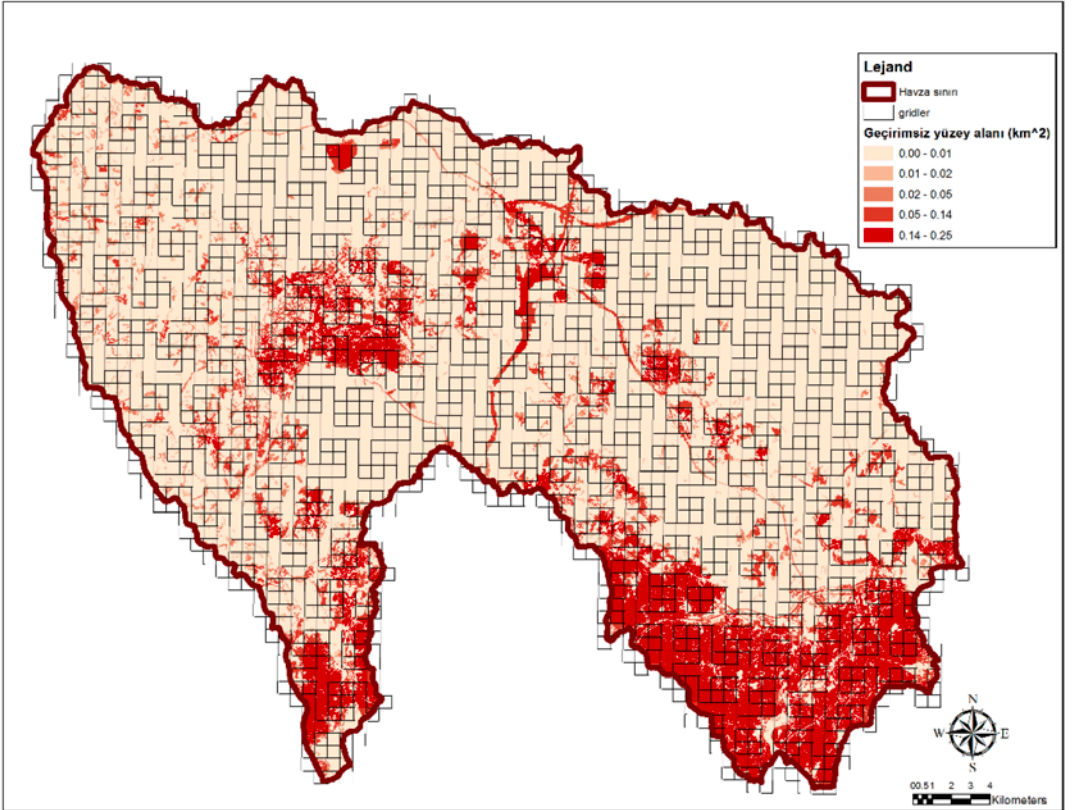
Tablo 30. Kentsel alanlarda farklı geçirimsizlik seviyelerine göre hesaplanmış karbon stok değerleri.

Yerleşim Sınıfı (SC)	Yerleşim Yoğunluğu (% geçirimsizlik)	Ortalama (t C /ha)	Std.Sapma (t C /ha)	Örn. Sayısı (#)
1	>20	85.27	74.19	1145
2	>40	51.87	41.85	697
3	>60	32.04	25.32	438
4	>80	17.26	13.73	258

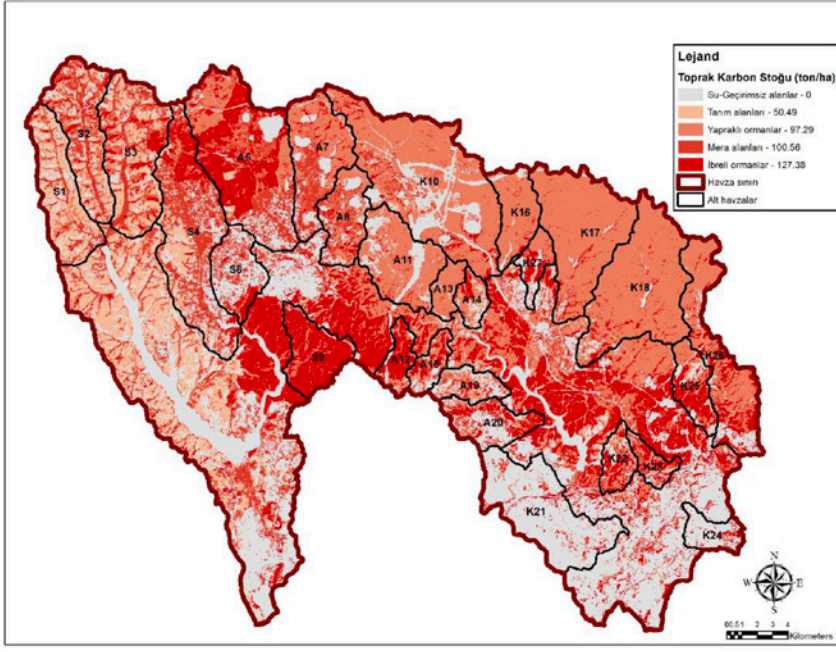
▪ Son olarak Corine 2006 Arazi Örtüsü Haritası grid altlık üzerine çakıştırılarak ortalama terleşim yoğunluğu hesaplanmıştır. Böylece Crine'de yerleşim olarak gösterilen alanların yerleşim yoğunlukları belirlenmiştir. Buna göre %10'u 2. SC'da, %30'u 3. SC'da, %60'ı ise 4. SC'da yer almaktadır.

Bu şekilde Corine içerisinde yer alan yerleşim kategorilerinin ortalama karbon yoğunluğu tüm karbon havuzlarının toplamı olarak 25.17 t C/ha olarak hesaplanmıştır. Ulusal sera gazı envanterimizde yerleşimler için bu değer kullanılmaktadır.

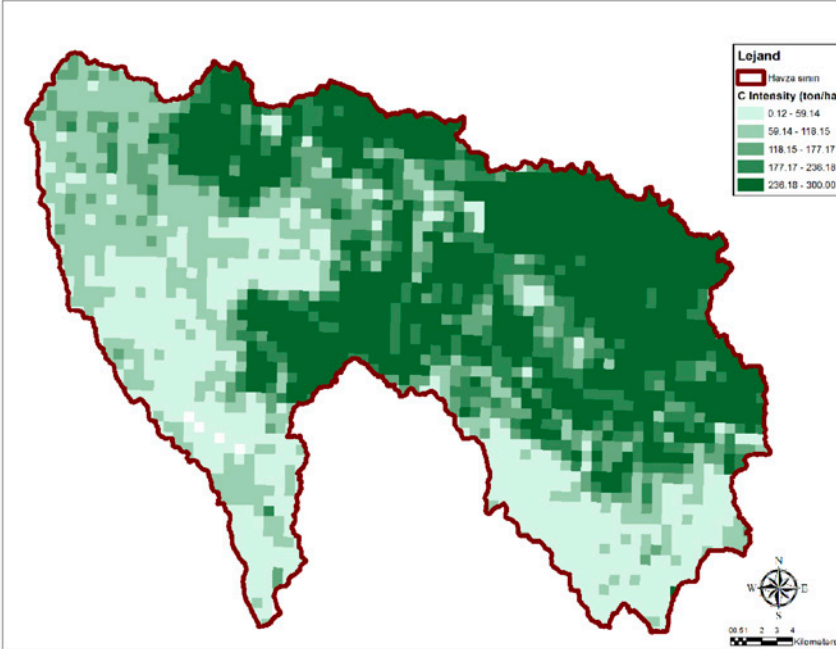
Araştırma alanındaki geçirimsizlik sınıfları, toprak karbonu ve toplam karbon stok haritaları aşağıda verilmiştir (Serengil ve ark., 2015).



Şekil 21. Kentleşme yoğunluğu haritası (Geçirimsiz yüzey yoğunluğu baz alınmıştır).



Şekil 22. Toprak karbonu haritası (havzalara bölünmüş şekilde).



Şekil 23. Karbon yoğunluğu haritası (Tüm karbon havuzlarını kapsayacak şekilde).

10.

TARIM
SEKTÖRÜNDE
KARBON
STOK
HESAPLA-
MASI

Tarım sektörü; sera gazı envanterinde genel olarak çiftlik hayvanları ve atıklarından kaynaklanan salımların hesaplandığı yutak içermeyen bir sektördür.

Fotoğraf 12: Tarım arazilerinde biyokütle örnekleme



10.1

KAYNAK
KATEGORİ-
LERİ

ENTERİK FERMENTASYON (ENTERIC FERMENTASYON)

Enterik fermentasyon geviş getiren (inek, koyun, keçi, deve, manda vb.) ve geviş getirmeyen (domuz, at, eşek, tavuk vb.) bazı hayvanlarda görülen bir sindirim işlemi olup karbonhidratların bazı mikroorganizmalarca kana karışmak üzere parçalanmasıdır. Bu işlem esnasında yan ürün olarak metan (CH_4) salımı gerçekleşmektedir. Salımın miktarı hayvanın cinsine ve beslenme niteliklerine bağlıdır. Geviş getiren hayvanlarda sindirim sistemi özellikleri ve yüksek mikroorganizma popülasyonu nedeniyle genellikle daha yüksek salım görülür.

Çiftlik hayvanları aynı insanlar gibi solunumla CO_2 salımı da yaparlar. Fakat solunumla atmosfere verilen CO_2 miktarı, yıllık net sıfır olarak kabul edildiği için hesaplamalara katılmaz. Bitkilerce fotosentez yoluyla depolanan karbonun hayvanlarca tüketilip atmosfere solunumla verilmesi zinciri esnasında salım ve tutum sıfır kabul edilir. Bu esnada bir kısım bitkisel karbon, metan olarak da verilir. O nedenle metan salımı hesaplanmakta, karbondioksit hesaplanmamaktadır.

HAYVANSAL ATIK YÖNETİMİ (MANURE MANAGEMENT)

Hayvansal atıklardan metan (CH_4) ve azot oksit (N_2O) salımı gerçekleşir. Metan salımı oksijensiz ortamda ayrışma ürünüdür. Genellikle büyük çiftliklerde hayvansal atıkların sulu çukurlarda biriktirilmesi ile görülür. Atıkların (katı ve sıvı) biriktirilmesi ve araziye gübre olarak uygulaması sürecinde metanla beraber azot oksit oluşumu da görülür. Bekletme süresi ve atığın karbon, azot içeriği azot oksit oluşum miktarını belirler. Hayvansal atık yönetimi hem atıkların bir ortamda biriktirilmesini (oksijensiz lagünler, sıvı sistemler, kuru depolama vb.) hem de araziye uygulanmasını kapsar.

Arazi uygulaması "tarım arazilerinden doğrudan N_2O salımı" kapsamında hesaplanırken hayvanların otlarken gerçekleştirdiği ve kontrolsüz olarak meraya yayılan atıklar ise mera yönetimi altında ele alınır. Bu tip kontrolsüz atıklar (unmanaged manure) sonucu topraktan gerçekleşen doğrudan ve dolaylı salımlar "hayvan üretimi" altında hesaplanmalıdır. Bu karmaşık hesaplama sürecinde hayvansal atıkların hesaplanması ve raporlanmasında "çifte hesaplama" yapılmamasına dikkat edilmelidir.

PIRİNÇ ÜRETİMİ (RICE CULTIVATION)

Pirinç üretimi amaçlı çeltik tarlalarından gerçekleşen metan salımı bu kapsamda ele alınmaktadır. Çeltik tarlalarında suyla kaplı oksijensiz ortamda organik madde ayrışması ve çeltik bitkilerinin büyüme sezonunda saldıkları metan ile arazi hazırlığı ve ilk büyüme döneminde atmosfere salınan metan bu kategoride ele alınır. Sürekli suyla kaplı olmayan çeltik tarlalarında fazlaca salım gerçekleşmez. Salım miktarını etkileyen parametreler ekili kalma süresi, iklim özellikleri, toprak tipi ve tekstürü, suyla doygun olma süresi ile ilgili olarak uygulanan yöntem, gübre miktarı ve tipidir.

ANIZ YAKMA (FIELD BURNING OF AGRICULTURAL RESIDUES)

Açık alanda organik madde yakılması sonucu atmosfere sera gazı salımı gerçekleşir. Bu faaliyet anız yakma altında değerlendirilir. Fakat tarımsal atıkların (tek yıllık veya çok yıllık ürünlerde) yakılması sonucu ortaya çıkan CO₂ salımı bu kapsama alınmaz çünkü yakma sonucu ortaya çıkan CO₂'nin bir sonraki yıl yetiştirilen ürünlerle tekrar tutulacağı varsayılır. Eğer bir sonraki yıl yeterince iyi büyüme gerçekleşmemişse, o zamanda tarım değil AKAKDO kapsamında raporlanır. Anız yakma kategorisi altında hesap ve raporlama ise metan (CH₄), karbon monoksit (CO), azot oksit (N₂O), ve diğer azot oksitler (NO_x, NO, and NO₂) için yapılır.

Arazide anız yakılması birçok gelişmiş ülkede yasaklanmıştır fakat gerçekleştirildiği ülkeler de vardır. Tarımsal atıkların toplanarak enerji amaçlı yararlanılması ise enerji sektöründe hesaplanmaktadır. Kısaca özetlemek gerekirse; Bitkisel atıklar,

- Gübre veya organik madde olarak toprağa karıştırılırsa tarım topraklarından N₂O salımı
- Yakıt olarak kullanıldığında enerji
- Çiftlik hayvanlarını besleme amaçlı kullanıldığında ise hayvansal atık yönetimi ve enterik fermentasyon

Kategorilerinde ele alınmalıdır.

OTSU VEJETASYONUN KONTROLLÜ YAKILMASI (PRESCRIBED BURNING OF SAVANNAS)

Tropikal ve yarı tropikal bölgelerde çalı ve ağaçların da seyrek olarak yer aldığı otsu vejetasyon örtüsü savana olarak adlandırılmaktadır. Ülkemizdeki makilik alanlara benzerlik gösteren bu arazi tipinde kurak mevsimde bitki örtüsü yakılmakta, bu sayede tarımsal amaçlı kullanılmakta veya daha yüksek ot verimi sağlanmaktadır. Bu vejetasyon formunda da anızda olduğu CO₂ salımının yıllar itibariyle sıfır olduğu varsayılabilir çünkü ertesi yıl tekrar büyüme gerçekleşmektedir.

TARIM TOPRAKLARINDAN SALIM (EMISSIONS FROM AGRICULTURAL SOILS)

Tarımsal topraklardan gerçekleşen N₂O salımları nitrifikasyon ve denitrifikasyonun bir sonucudur. Üç alt kategoride ele alınmaktadır Bunlar;

- Topraklardan doğrudan salımlar
- Dolaylı salımlar

Otlatma sırasında meralardan salımlardır.

Toprağa fazladan verilen her türlü azot bileşiği N₂O salımını artırmaktadır. Tarım alanlarından CO₂ salımları da gerçekleşmektedir fakat bu AKAKDO sektöründe hesaplanmaktadır.

10.2.HESAPLAMA METODOLOJİSİ

Diğer sektörlerde olduğu gibi Tarım sektöründe de ülkeye özgü katsayı ve emisyon faktörlerinin kullanılması yüksek raporlama seviyesi açısından önemlidir. Ulusal katsayıların kullanımında da hakemli dergi yayınlarının bulgularına öncelik verilmelidir. Eğer ulusal katsayı bulunmuyorsa bu durumda benzer çevre ve yönetim koşullarına sahip ülkelerin kullandıkları katsayılar tercih edilmeli, bu da mümkün değilse kılavuzlarda verilen geçerli (default) katsayılar kullanılmalıdır. Fakat bu durumda Seviye-1 düzeyinde bir hesaplama yapılmış olacaktır.

Şimdi sırasıyla;

- Enterik fermentasyon
- Hayvansal atık yönetimi
- Pirinç üretimi
- Anız yakma
- Kontrollü yakma

kapsamında hesaplamaların nasıl yapılacağına adım adım değinelim. Hesaplama ülke ölçeğinde, bölge, köy-kasaba veya proje ölçeğinde yapılıyor olabilir. Her durumda tüm salım kaynaklarının hesaba katılması gerekmektedir. Katılmayacak bir salım kaynağı söz konusu ise de bunun salım kaynağı olmadığı (yani sıfır salım) bilimsel yayın gibi sağlam gerekçelerle ortaya konulmalıdır.

KARAKTERİZASYON

Öncelikle yapısı gereken çiftlik hayvanlarının karakterize edilmesidir. Bu aşamada hayvan türü (süt ineği, sığır, at, deve, koyun vb.), sayıları, süt verimleri, iklim özellikleri ortaya konulur. Veri düzeyine göre temel ve ileri düzey karakterizasyondan söz edilebilir (GPG 2003).

Temel Karakterizasyon

Proje alanında yer alan tüm çiftlik hayvanı türlerinin ve sayılarının belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca süt ineklerinin yıllık verimleri de bilinmelidir. Süt verimi enterik fermentasyon tahmininde kullanılmaktadır. Süt verimleri ile ilgili veri FAO istatistiklerinden de elde edilebilir. Emisyon faktörünün doğru seçilmesi için iklim tipinin de belirlenmesi gerekmektedir. IPCC kılavuzlarında 3 iklim tipi ayırt edilmektedir; serin (<15 °C), ılıman (15-25 °C) ve sıcak (>15 °C).

İleri Karakterizasyon

İleri düzeyde aşağıdaki konularda daha ayrıntılı veriler kullanılmaktadır. Bunlar;

- Alt kategorilerle ilgili tanımlamalar
- Alt kategoriler popülasyon değerleri
- Alt kategoriler için tipik beslenme değerleri

Örneğin inekler için alt kategoriler; yetişkin süt inekler, yetişkin diğer inekler ve genç inekler olabilir. Bu alt kategoriler IPCC kılavuzunda gösterildiği gibi yüksek süt verimi olan veya olmayan gibi daha alt kategorilere de ayrılabilir.

Fotoğraf 13: Çatalca/istanbul



Hayvancılık her ülkede farklı yöntemlerle gerçekleştirilir. Gelişmekte olan ülkelerde olatma yaygın olarak uygulanır.

Popülasyon sayıları ile ilgili olarak yapılacak değerlendirmelerde bazı önemli noktalara dikkat etmek gerekmektedir. İnek, keçi gibi birkaç yıl yaşayan hayvanlarda sayısal değerleri ifade etmek oldukça kolay olmakla beraber tavuk, hindi veya domuz gibi birkaç ay yaşayan ve daha sonra kesilip tüketilen hayvanlarda toplam sayıyı bulmak biraz güç olabilir. Bunun için aşağıdaki denklem kullanılabilir (IPCC, 2006);

$$AAP = \text{Gelişim süresi (gün)} \times \frac{NAPA}{365}$$

(Denklem 37)

Burada;

AAP: Yıllık ortalama popülasyon

NAPA: Yıllık üretilen hayvan sayısı (adet/yıl)

Et tavuklarının gelişim süresi genellikle 60 gündür. Hindilerin ise 5-6 ay civarındadır.

Örnek:

Üretim kapasitesi 3000 tavuk, 1000 hindi olan bir tesisin yıllık ortalama tavuk ve hindi popülasyonunu hesaplamak istersek;

$APP_{tavuk} = 60 \times 3000 / 365 = 493$ adet/yıl

$APP_{hindi} = 180 \times 1000 / 365 = 493$ adet/yıl

Daha az hindi üretilmesine karşın hindilerin gelişim süresi uzun olduğundan tavukla aynı yıllık hayvan sayısına denk gelmektedir.

Beslenme değerleri ise enerji değeri (mega jul/gün: MJ/gün) veya kg/gün olarak ifade edilebilir. Kısaca özetlemek gerekirse kategorilere ve alt kategorilere ayrılan her bir hayvan kategorisi için (IPCC, 2006);

- Yıllık ortalama popülasyon
- Yıllık ortalama besin tüketimi,
- Metan dönüşüm katsayısının (yenen besinin yüzde kaçının metana dönüştüğü) bilinmesi gerekir. Besin tüketim değeri otlatılan hayvanlar için bilinmeyebilir. Bu durumda aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulur (IPCC, 2006);
- Ağırlık (kg)
- Ağırlık artışı (kg/gün)
- Beslenme sistemi (kapalı ortam, otlatma vb.)
- Süt üretimi (kg/gün) ve yağ oranı (%)
- Günde ortalama çalışma süresi (saat/gün) Doğum yapan dişi yüzdesi (%/yıl)
- Yün üretimi,
- Yavru sayısı (adet)
- Besin sindirim oranı (%)

Bu veriler kullanılarak IPCC (2006) kılavuzunda Bölüm 10.2’de yer alan, Tablo 13’teki denklemler kullanılarak yıllık ortalama besin tüketimi hesaplanır.

HESAPLAMA YÖNTEMİ

Tarım sektörü salım hesaplamalarında diğer tüm sektörlerde olduğu gibi 3 seviye söz konusudur. Seviye 1 hesaplamalarında: (1) önce hayvan popülasyonu gruplandırılır (inek, deve, koyun vb.) daha sonra alt gruplara ayrılır (süt ineği vb.) böylece karakterizasyon gerçekleştirilmiş olur (ayrıntılar için bkz. IPCC 2006, Bölüm 10.2); (2) her bir alt grup için emisyon faktörü (kg CH₄/yıl) tahmin edilir; (3) Alt gruplardaki hayvan sayıları emisyon faktörleri ile çarpılarak alt grupların salımları hesaplanır ve son olarak da alt grup salımları toplanır.

Tablo 31 ve Tablo 32’ de çiftlik hayvanları için Seviye-1 hesaplamalarında kullanılacak geçerli emisyon faktörleri verilmiştir.

Tablo 31. Sığır haricindeki çiftlik hayvanları için enterik fermentasyon hesaplamalarında kullanılacak emisyon faktörü değerleri (IPCC, 2006).

Çiftlik hayvanı	Emisyon faktörü (kg CH ₄ adet ⁻¹ yıl ⁻¹)*		Canlı ağırlık (kg)
	Gelişmiş ülkeler	Gelişmekte olan ülkeler	
Bizon	55	55	300
Koyun	8	5	65 Gelişmiş ülk. 45 Gelişmekte olan ülk.
Keçi	5	5	40
Deve	46	46	570
At	18	18	550
Eşek	10	10	245
Geyik	20	20	120
Alpaka	8	8	65
Domuz	1.5	1.0	
Tavuk	Veri yetersiz	Veri yetersiz	
Diğer			

*Tüm verilerde belirsizlik düzeyi %30-50 arasındır.

Tablo 32. Sığır için enterik fermentasyon hesaplamalarında kullanılacak emisyon faktörü değerleri (IPCC, 2006).

Bölge	Sığır tipi	Emisyon faktörü (kg CH ₄ adet ⁻¹ yıl ⁻¹)	Diğer
Kuzey Amerika	Süt ineği	128	Yıllık süt verimi 8.4 ton adet ⁻¹
	Diğer	53	
Batı Avrupa	Süt ineği	117	Yıllık süt verimi 6 ton adet ⁻¹
	Diğer	57	
Doğu Avrupa	Süt ineği	99	Yıllık süt verimi 2.55 ton adet ⁻¹
	Diğer	58	
Avustralya	Süt ineği	90	Yıllık süt verimi 2.2 ton adet ⁻¹
	Diğer	60	
Güney Amerika	Süt ineği	72	Yıllık süt verimi 0.8 ton adet ⁻¹
	Diğer	56	
Asya	Süt ineği	68	Yıllık süt verimi 1.65 ton adet ⁻¹
	Diğer	47	
Orta Asya-Afrika	Süt ineği	46	Yıllık süt verimi 0.5 ton adet ⁻¹
	Diğer	31	
Hindistan ve Civarı	Süt ineği	58	Yıllık süt verimi 0.9 ton adet ⁻¹
	Diğer	27	

Yukarıdaki geçerli emisyon faktörleri kullanılarak Seviye-1 düzeyinde enterik fermentasyon salım hesabı yapılmak istendiğinde her bir kategori için aşağıdaki denklem kullanılabilir:

$$\text{Salım}_T = \frac{\text{EF}_{(T)} \times N_{(T)}}{10^6} \quad (\text{Denklem 38})$$

Salım: Enterik fermentasyonla metan salımı (Gg CH₄ yıl⁻¹)

N(T): T kategorisinde/alt kategorisinde yer alan hayvan sayısı

T: Hesaplama yapılan hayvan kategorisi (süt ineği, koyun vb.)

Daha sonra tüm kategorilerden gerçekleşen salımlar toplanır:

$$\text{Toplam Salım} = \sum_i E_i$$

Toplam salım: Tüm kategorilerin (i sayıda) toplamı (Gg CH₄ yıl⁻¹)

E_i: i. Kategori salım değeri

(Seviye 2 ve 3 hesaplamaları için IPCC (2006) Bölüm 10.3. e bakınız.)

Örnek:

Bir çiftlikte yıllık 20 adet süt ineği, 10 adet koyun olduğu bilinmektedir. Bir sonraki yıl süt ineği sayısı 30'a çıkarılıp koyun sayısı 5'e düşürülürse çiftliğin enterik fermentasyondan kaynaklanan sera gazı salım değerleri nasıl değişir? (İneklerin süt verimi hayvan başına 2 ton/yıl, koyunların ağırlığı ise 40 kg'dır.)

Süt inekleri için fark hesabı = 30 - 20 = 10 adet artış

10 • 90 = 900 kg CH₄ yıl⁻¹ (Tablo 32 dan emisyon faktörü değeri 90 kg CH₄ adet⁻¹ yıl⁻¹ alınmıştır. Süt verimi olan 2 ton için üst salım değeri alınmıştır. Zira hesaplamalarda temel kural olarak salım için yüksek, tutum için düşük değerler alınmalıdır)

Koyun sayısında ise 10-5 = 5 adet azalma hesaplanmıştır

5 • 5 = 25 kg CH₄ yıl⁻¹ (Tablo 32' den emisyon faktörü değeri 90 kg CH₄ adet⁻¹ yıl⁻¹ alınmıştır. Süt verimi olan 2 ton için üst salım değeri alınmıştır. Zira hesaplamalarda temel kural olarak salım için yüksek, tutum için düşük değerler alınmalıdır)

HAYVANSAL ATIK YÖNETİMİ

Metan (CH₄) Salımı

Hayvansal atıklardan ortaya çıkan metan salımı hayvan sayısı ve her bir hayvanın ortaya çıkarabileceği atık miktarına dayalı olarak aşağıdaki denklemle (IPCC 2006; Denklem 10.22) hesaplanır;

$$CH_{4m} = \sum_T \frac{EF_{(T)} \times N_{(T)}}{10^6 \text{ kg /Gg}}$$

(Denklem 39)

CH_{4m} : Belli bir hayvan popülasyonu için hayvansal atıklardan metan salımı (Gg CH₄ y-1)

$EF_{(T)}$: Sözkonusu hayvan türü/kategorisi için hayvan başına emisyon faktörü (kg adet-1 y-1)

$N_{(T)}$: Hesabı yapılan hayvan türünün/kategorisinin sayısı (adet)

T: Hesabı yapılan hayvan türü/kategorisi

Denklemden kullanılan emisyon faktörü değeri ($EF_{(T)}$) IPCC 2006 Tablo 10.14 ve 10.15 de bulunduğu bölge, yıllık ortalama sıcaklık ve hayvan türüne göre verilmiştir.

ÖRNEK

Yıllık ortalama sıcaklığı 14 °C olan ilimizde yer alan 4000 süt ineği ile 4000 koyunun atıklarından meydana gelen metan salımını hesaplayalım.

Anadolu'daki iller için IPCC (2006) Tablo 10.14'ten süt inekleri için Orta Doğu için verilen emisyon faktörü değeri olan 2 alınabilir. Trakya veya batı illeri için ise Doğu Avrupa değeri olan 15 alınabilir. Koyun için ise gelişmekte olan ülkeler için verilmiş olan 0.10 değeri alınabilir.

Süt inekleri için;

$$= 2 \times 4000 / 10^6 \\ = 0.008 \text{ Gg CH}_4 \text{ y-1}$$

Koyunlar için ise;

$$= 0.10 \times 4000 / 10^6 \\ = 0.0004 \text{ Gg CH}_4 \text{ y-1}$$

hesaplanır.

Diazot Oksit (N₂O) Salımı

Çiftlik hayvanlarının atıklarından (katı ve sıvı) diazot oksit salımı doğrudan ve dolaylı salım olarak ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Doğrudan salım, atıklardaki azotun nitrifikasyon ve denitrifikasyonla salımını kapsamaktadır. Bazı durumlarda örneğin meralardaki atıklarda topraktan doğrudan salım olarak hesaplanmakta, eğer atıkların depolanması söz konusu ise depolanma şekline göre hesap yapılmaktadır. Hayvansal atık yönetim sistemleri Tablo 33' de verilmiştir.

Tablo 33. Hayvansal atık yönetim sistemleri (IPCC, 2006)

Hayvansal atık yönetim sistemi	Açıklama
Otlak	Meralarda otlatılan hayvanlardan kaynaklanan atıklar. Rastgele ve dağınık bir atık sistemidir.
Günlük uygulama	Ahır ve benzeri birikme yerinde depolanan atıkların 24 saat içinde mera veya tarım arazilerine yayılması
Katı depolama	Hayvansal atıkların aylar boyunca kuru (üstü açık) istiflenmesi
Kuru depo	Hayvansal atıkların kapalı bir depoda biriktirilerek zaman zaman kullanılması
Sıvı depolama	Hayvansal atıkların genellikle bir yıla kadar bir süre sıvı eklenerek tanklarda veya çukurlarda bekletilmesi
Açık havasız lagün	Hayvansal atıkların hem depolanması hem de durağan hale getirilmesi amacıyla bir yıla kadar hatta daha uzun süre bekletildiği sistemlerdir. Burdan çıkan su sulama veya gübreleme amaçlı kullanılabilir
Barınak altı depolama	Hayvanların tutulduğu barınakların altındaki bir haznede atıkların depoalanmasıdır. Sıvı katılması, vs. gerçekleşmeden bir yıla kadar depoalanır
Oksijensiz ayrışma tankları	Hayvansal atıklar (çeşitli bitkisel atıklarla beraber de olabilir) suyla doymun halde bir lagün veya tankta biriktirilerek organik bileşiklerin mikrobiyal süreçlerle CO ₂ veya CH ₄ 'e dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Oluşan gazlar yakıt olarak kullanılabilir
Kuru yakıt	Toplanıp kurutulan hayvansal atıklar yakıt olarak kullanılır
Derin zemin birikmesi	Çiftlik hayvanlarının yaşadığı ortamların zemininde farklı malzemeler kullanılır. Buna bedding adı verilmektedir. Hayvansal atıklar birikeceği için bu malzemenin de zaman zaman eklenmesi ve belli süre sonunda değiştirilmesi gerekmektedir
Kompost-Karıştırılarak	Kompostun havalandırılarak ve karıştırılarak yapılması. Hayvansal atıkların başka bir organik karbon kaynağı ile birleştirilerek biyolojik oksitlenmesine kompostlaştırma adı verilmektedir
Kompost-Statik	Kompostun istiflenmiş yığınlarda havalandırılarak fakat karıştırılmadan yapılması
Kompost-Entansif Havalandırma	Kompostun rüzgâr alan yığınlarda günlük olarak karıştırılarak yapılması
Kompost-Pasif Havalandırma	Kompostun rüzgâr alan yığınlarda zaman zaman (sık değil) karıştırılarak yapılması
Tavuk gübresi - atıklarla	Kapalı ortam tavukçulukta sıkça kullanılan yöntemdir. Atıklar tabanda kullanılan malmeye ile karışık biçimde birikir
Tavuk gübresi -atıksız	Açık yetiştirme ortamlarında kullanılan yöntemdir
Oksijenli ayrışma	Sıvı hayvansal atık veya karışımların doğal veya yapay yollarla havalandırılarak ayrıştırılması

Eğer hayvansal atıklar enerji üretme amaçlı yakılıyorsa enerji sektöründe raporlanmalıdır. Enerji üretimi amaçlı olmadan yakılıyorsa ortaya çıkan salım atık sektöründe raporlanmalıdır. Hayvansal atıklardan N_2O salımı depolama özelliklerine (sıvı, katı vb.) ve süresine bağlı olarak büyük değişkenlik gösterir. Depolama esnasında amonyak oksitlenerek nitrata dönüştürülmektedir (nitrifikasyon). Oksijensiz ortamda bu dönüşüm gerçekleşmez. Dentrifikasyonla da nitrit ve nitratlar oksijensiz ortamda N_2 ve N_2O ye dönüştürülmektedir. Ortaya çıkan N_2O 'nun N_2 ye oranı ise asidite, nitrat konsantrasyonu ve nemin azalması ile doğru orantılıdır. Kısacası N_2O salımı için gereken faktörler; ortamda nitrat veya nitrit bulunması, oksijensiz koşullar ve N_2O 'nun N_2 ye indirgenesini engelleyici asidik ve az nemli koşullardır.

Doğrudan salımın hesaplama denklemi (IPCC 2006, denklem 10.25):

$$N_2O_{D(mm)} = \frac{[\sum_S [\sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)})] \times EF_{3(S)}] \times 44}{28}$$

(Denklem 40)

$N_2O_{D(mm)}$ kg: Hayvansal atıklardan gerçekleşen doğrudan N_2O salımı (N_2O y-1)

$N_{(T)}$: Hayvan sayısı (adet)

$Nex_{(T)}$: Hayvan başına yıllık ortalama azot üretimi (kg N adet-1 y-1)

$MS_{(T,S)}$: Her hayvan tür/kategorisinde üretilen azotun toplam hayvansal azot üretimine oranı

$EF_{3(S)}$: Kullanılan farklı hayvansal atık sistemlerii için emisyon faktörü (kg N_2O -N/kg N). IPCC 2006 Tablo 10.21.

S : Hayvansal atık yönetim sistemi. Sistemler ve açıklamaları yukarıda Tablo 33' de verilmiştir.

T : Hayvan türü/kategorisi

$44/28 = N_2O$ -N salımının N_2O 'ya dönüşüm katsayısı.

Dolaylı N_2O salımları ortamdan amonyak ve NOx 'in gaz halinde atmosfere yayılması ve tekrar birikmesi yanında yüzeyel akış/toprağa sızma ile gerçekleşmektedir. Azotun gaz halinde yayılması (volatilisation) sonrası birikmesi ve tekrar N_2O salımına yol açmasının hesaplanabilmesi için önce gaz halinde yayılan azot miktarının belirlenmesi gerekmektedir (IPCC 2006 denklem 10.26).

(Denklem 41)

$$N_{yayılma-MMS} = \sum_S [\sum_T [(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times \frac{Frac_{GasMS}_{(T,S)}}{100}]]$$

$N_{yayılma-MMS}$: Hayvansala atıklardan gaz halinde yayılma ile (volatilisation) gerçekleşen azot kaybı (NH_3 ve NO_x , kg N yr-1)

$Frac_{GasMS}$: Hesabı yapılan hayvan tür/kategorisi ve S gübre yönetim sistemi için hayvansal atığın amonyak ve NO_x formunda kaybolma yüzdesi (%)

(Denklem 42)

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{yayılma-MMS} \times EF_4) \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{G(mm)}$: Hayvansal gübrelerden gaz yayılımı (volatilisation) ile gerçekleşen azot kaybı sonucu N_2O salımı (kg N_2O y-1).

EF_4 : Atmosferik birikim sonrası su ve toprak yüzeylerinden meydana gelen N_2O salımı için emisyon faktörü (kg N_2O -N/kg NH_3 -N ve NO_x -N salınan). IPCC 2006 kılavuzunda EF_4 için verilen geçerli değer 0.01.

Gaz halinde yayılan azotun birikimi sonucu gerçekleşen dolaylı N_2O salımına benzer biçimde toprağa sızan veya yüzeysel akışla uzaklaşan azotun ortaya çıkaracağı dolaylı N_2O salımı da benzer bir denklem ile (IPCC 2006 Denklem 10.28) fakat farklı emisyon faktörü ile hesaplanır. Bunun için önce yine toprağa sızan veya yüzeysel akışa geçen azot miktarı hesaplanır, daha sonra N_2O salımına geçilir.

(Denklem 43)

$$N_{sızma/akış-MMS} = \frac{\sum_T [(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (Frac_{sızma/akışMS})_{(T,S)}]}{100}$$

$N_{sızma/akış-MMS}$: Hayvansala atıklardan gaz halinde yayılma ile (volatilisation) gerçekleşen azot kaybı (NH_3 ve NO_x , kg N yr-1)

$Frac_{sızma/akışMS}$: Hesabı yapılan hayvan tür/kategorisi ve S gübre yönetim sistemi için hayvansal atığın amonyak ve NO_x formunda kaybolma yüzdesi (%)

Hesaplanan $N_{sızma/akış-MMS}$ yardımıyla salınan N_2O gazı değeri aşağıdaki denklemle hesaplanır (IPCC 2006 Denklem 10.29).

(Denklem 44)

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{sızma/akış-MMS} \times EF_5) \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{G(mm)}$: Hayvansal gübrelere toprağa sızma ve yüzeysel akışla gerçekleşen azot kaybı sonucu N_2O salımı (kg N_2O y-1).

EF_5 : Toprağa sızan veya yüzeysel akışa geçen azot sonucu gerçekleşen N_2O salımı için emisyon faktörü (kg N_2O -N/kg NH_3 -N ve NO_x -N toprağa sızan ve akışa geçen). IPCC 2006 kılavuzunda EF_5 için verilen geçerli değer 0.0075. IPCC (2006) Tablo 11.3 'ten alınmaktadır.

Denklemlerde kullanılan $Nex_{(T)}$ nin hesaplanması için hayvan türü/kategorisi için tipik ağırlığın bilinmesi gerekmektedir.

(Denklem 45)

$$Nex_{(T)} = N_{rate(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365 \text{ gün/yıl}$$

Burada;

$Nex_{(T)}$: T hayvan türü/kategorisi için yıllık azot üretimi (kg N adet-1 y-1)

$N_{rate(T)}$: Geçerli azot üretim değeri (kg N/1000 kg hayvan kütlesi/gün (IPCC 2006 Tablo 10.19)

TAM : T hayvan türü/kategorisi için tipik hayvan kütlesi (kg)

11.

KYOTO
PROTOKOLÜ
(KP)
RAPORLAMA
SİSTEMİ

Bu bölümde Kyoto Protokolü (KP) kapsamında raporlanması zorunlu olan Madde 3.3. ve 3.4. kategorilerinin hesaplama ve raporlanması ile ilgili olarak bazı temel bilgilere yer verilmiştir. Ülkemiz KP Ek-B listesinde yer alan bir ülke olmadığı için KP raporlaması yapma zorunluluğu bulunmamaktadır; sadece sözleşme raporlaması yapmaktadır.

KP raporlama sisteminin kitapta yer almasının gerekçesi bugüne kadarki en gelişmiş uluslararası sera gazı raporlama sistemi olması ve AB ülkelerince uygulanıyor olmasıdır.

KP kapsamında geliştirilen AKAKDO raporlama sistemi – ki Madde 3.3. ve 3.4. olarak da ifade edilebilir- yıllar süren müzakerelerin sonucudur ve karbon hesaplamalarında en üst düzey standardı ifade eder. Bir ülke KP AKAKDO raporlaması yapma kapasitesine sahip-Ek B’de yer alsın veya almasın- ulusal düzeyde iyi bir MRV sistemine sahip demektir.

KP iki dönem halinde uygulanmaktadır. KP1 dönemi 2008-2012 arasındaki 5 yıl, KP2 ise 2013-2020 arasındaki 8 yılı kapsamaktadır. KP’de her Ek-B ülkesine (azaltım taahhüdü veren) belli bir salım kotası tahsis edildiği ve bu kotayı aşmaması öngörüldüğü için KP hesaplamalarında bir salım-tutum hesabı yapılır ve baz yıllı (genellikle 1990) karşılaştırılır. Böylece ülkenin taahhüt ettiği azaltımı veya sınırlamayı tutturup tutturamadığı belirlenir. Bu hesaplama yapısına “karbon muhasebesi= carbon accounting” veya kısaca “muhasebe” adını veriyoruz. Ülkeler KP kapsamında muhasebelerini yıllık veya taahhüt dönemi bütünü için (örn. KP1 de 5 yıl, KP2 de 8 yıl) yapabilirler.

Kyoto Protokolü Muhasebesi (AKAKDO sektörü)

KP1 (2008-2012) ve KP2 (2013-2020) muhasebelerinde sözleşme hesaplama sisteminden farklılıklar gösterir. Sözleşme kapsamında AKAKDO sektöründeki tüm antropojenik salım ve tutumlar hesaplanır ve raporlanır, KP’de ise sadece Madde 3.3. ve 3.4. kapsamındaki antropojenik salım ve tutumlar hesaplanır ve raporlanır. KP2, KP1 den daha gelişmiş bir hesaplama sistemi olduğundan burada ağırlıklı olarak KP2 den bahsedilecektir.

KP2 kapsamında azaltım taahhüdü veren ülkeler için;

- i. Ormanlaştırma/Yeniden Ormanlaştırma (Afforestation/Reforestation “AR”),
 - ii. Ormansızlaştırma (Deforestation “D”)
 - iii. Orman Yönetimi (Forest Management “FM”)
- Aktiviteleri zorunlu, aşağıdaki aktiviteler ise seçmelidir;
- I. Tarım Arazisi Yönetimi (Cropland Management “CM”)
 - II. Mera Arazisi Yönetimi (Grazing Land Management “GM”)
 - III. Bitkilendirme (Revegetation “RV”)
 - IV. Sulak alan Drenajı ve Yeniden Islatılması (Wetlands Drainage and Rewetting “WDR”)

WDR aktivitesi seçeneği KP2 döneminde ortaya çıkmıştır. Diğer aktiviteler KP1’de de yer almaktadır. KP raporlaması yapan ülkeler ARD ve FM aktivitelerini mecburi olarak raporlamakta, diğer aktiviteleri ise seçmektedirler. Eğer KP1 döneminde herhangi bir aktiviteyi seçmişlerse (örn. CM, GM veya RV) KP2’de de raporlamaya devam etmek zorundadır.

FM ve KP2 raporlamalarında farklılıklar söz konusudur. Bu farklılıkları fazla ayrıntıya inmeden özetlemek gerekirse;

FM, KP1’de seçmeliyken KP2’de zorunlu olmuştur (2/CMP.7 kararının 7. paragrafı).

FM aktivitesinde üst sınır değeri salımlar için belirtilmemişken, tutumlar için belirlenmiştir. Tutumlar için yani krediler (credits) için üst sınır değeri baz yıl toplam sera gazı salımlarının (AKAKDO hariç) %3.5’idir.

FM muhasebesi değiştirilmiş ve FMRL (Forest Management Reference Level) uygulanmaya başlanmıştır. Buna göre; taahhüt dönemi başından beri meydan gelen salım/tutum toplamından taahhüt dönemi başından beri geçen yıl sayısı ile FMRL değerinin çarpımı çıkarılmaktadır. Örneğin 2018 hesaplaması için;

2013-2018 dönemi FM kaynaklı salım/tutum toplamı – 6 x FMRL

uygulanır. KP1’de FM Gross-net yöntemine (“cap” dediğimiz bir üst sınır değeri de verilmişti) bağlıydı. FMRL ikinci taahhüt dönemi boyunca gerektiğinde düzeltmeye tâbi olabilir (2/CMP.7 kararının 14-15 paragrafları).

KP2’de CEF (Carbon Equivalent Forest: Karbon Eşdeğeri Orman) kavramı getirilmiştir. Buna göre 1 Ocak 1990 öncesinde insan eli ile ormanlaştırılmış ve o zamandan beri FM kapsamında olan fakat taahhüt dönemi içerisinde ormansızlaşan (örneğin tarıma veya yerleşime açılan) alanlar, eğer orman olmayan başka bir alana yeni bir orman kurulup bu alanın kesilen orman kadar veya daha fazla karbon stokuna sahip olduğu belgelenirse (2/CMP.7 kararının 37-39 paragrafları), ormansızlaşan alan (D) yerine FM altında raporlanmaya devam edilebilir. CEF kavramı sadece insan eli ile kurulmuş ormanlar için geçerlidir. Doğal ormanlar bu kapsama girmemektedir.

Odun ürünleri (Harvested Wood Products “HWP”) 6. karbon havuzu olarak KP2 döneminde hesaplamalara dahil edilmiştir. KP hesaplamalarında “eğer bir karbon havuzunun salıma neden olmadığı belgelenirse hesaplamaya dahil edilmeyebilir” kuralı HWP için geçerli değildir. HWP havuzunun hesaba katılması - salım veya tutum olması farketmeden -zorunludur (2/CMP.7 kararının 16, 26-32 paragrafları).

KP2 de uygulanan diğer bir ilginç kural da bazı koşullar çerçevesinde yangın, böcek, hastalık veya fırtına gibi bazı doğal etkilerden kaynaklanan salımların hesaptan düşülebilmesidir (2/CMP.7 kararının 33-36 paragrafları).

KP1 ve KP2 dönemi muhasebesi için uygulanan hesaplama kuralları aşağıda verilmiştir:

Tablo 34. KP1 ve KP2 dönemi muhasebesi için uygulanan hesaplama kuralları.

Aktivite	CP1 (2008-2012)	CP2 (2013-2020)
Ormanlaştırma/Yeniden Ormanlaştırma (AR)	M* (Gross-Net)	M (Gross-Net)
Ormansızlaşma (D)	M (Gross-Net)	M (Gross-Net)
Orman Yönetimi (FM)	V (Gross-Net ve Üst Sınır)	M (FMRL ve Üst Sınır)
Tarım Arazisi Yönetimi (CM)	V (Net-net 1990)	V (Net-net 1990)
Mera Arazisi Yönetimi (GM)	V (Net-net 1990)	V (Net-net 1990)
Bitkilendirme (RV)	V (Net-net 1990)	V (Net-net 1990)
Sulak alan Drenajı ve Yeniden Islatılması (WDR)	-	V (Net-net 1990)
DİĞER		
Odun ürünleri(HWP)	-	M
Doğal Etkiler (ND)	-	V (ARD ve FM alanları için)
Doğal Ormanların Doğal Olmayan Ormanlara Dönüştürülmesi	-	M (FM alanlarında)
Karbon Eşdeğer Ormanlar	-	V (FM alanlarında)

* M: Raporlanması zorunlu aktiviteler, V: Raporlanması zorunlu olmayan aktiviteler

Sözleşme raporlaması ile karşılaştırıldığında alansal olarak benzerlikler aşağıda açıklanmıştır:
KP Arazi İzleme Sistemi

KP kapsamında veya düzeyinde uygulanacak bir arazi izleme sisteminin aşağıdaki özellikleri olması gerekmektedir;

I. 1990 yılından beri doğal ormanlardan diğer arazi kullanımlarına geçişler ormansızlaşmış alan "D" olarak belirlenir ve takip edilir. Bu alanlar D olarak ifade edilse bile meraya, tarım alanına veya daha sonra tekrar ormana dönüşmüş olabilir. Dolayısıyla hem ormansızlaşan alanlar hem de sonraki arazi kullanımı belirlenmelidir. Bir D alanı eğer aktüel arazi kullanımı çok yıllık tarıma veya meraya geçmisse tutum da yapabilir, bir başka deyişle bir D alanı illa salım olarak görülmemelidir. Fakat KP raporlama sistemi eğer

1990 sonrasında bir alanda ormansızlaşma gerçekleşmişse karışıklığa mahal vermemek adına o alanın D kategorisinde raporlanmaya devam etmesini zorunlu kılar. D kategorisi arazi kullanım hiyerarşisinde en tepededir, başka bir arazi kullanımına geçiş yapamaz. Dolayısıyla D alanları hiç azalma göstermez.

II. 1990 yılından beri insan eli ile kurulmuş ormanlardan diğer arazi kullanımına geçişler, eğer Karbon Eşdeğeri Orman "CEF" uygulanmayacaksa, ormansızlaşmış alan "D" olarak belirlenir ve takip edilir. Eğer CEF uygulanıyorsa FM altında bir alt bölüm olarak ayrılır ve izlenmeye devam edilir.

III. 1990 yılından beri ormandan diğer arazi kullanımına geçen, daha sonra tekrar ormanlaştırılan alanlar "D" altında bir alt bölüm olarak belirlenir ve takip edilir.

IV. CEF uygulaması ile ormana dönüştürülen alanlar (D olarak ayrılmış alanlar bu kapsama girmez) FM altında bir alt bölüm olarak raporlanmaya başlanır ve sonrasında izlenir.

V. 1990 yılından beri diğer alanlardan ormana dönüşen alanlar AR aktivitesi altında izlenir.

VI. D ve AR aktiviteleri kapsamı dışında kalan doğal ve doğal olmayan orman alanları FM altında raporlanır.

VII. Doğaldan doğal olmayan orman alanına dönüşen alanlar FM altında izlenir ve raporlanır.

VIII. Herhangi bir KP aktivitesine tabi olmayan orman alanları da izlenir.

IX. Eğer seçilmişse 1990'dan beri tarım alanı olarak kullanılan ve halen arazi kullanımı değişmemiş olan alanlar CM aktivitesi altında izlenir ve raporlanır.

X. 1990 yılından beri diğer alanlardan tarım alanına dönüşen alanlar eğer AR veya D kategorisine girmiyorsa CM altında izlenir ve raporlanır.

XI. Raporlamayı yapan ülkeler belli şartlar altında 1990 yılında tarım alanı olup daha sonra başka bir kullanıma dönüşmüş alanlardaki salım değerini hesaplamaya katmayıp sıfır (0) kabul edebilmektedir. Bu tip alanların da izleme sistemine dahil edilmesi gerekmektedir.

XII. Eğer seçilmişse 1990'da mera alanı olarak kullanılan ve halen arazi kullanımı değişmemiş olan alanlar GM aktivitesi altında izlenir ve raporlanır.

XIII. 1990 yılından beri diğer alanlardan tarım alanına dönüşen alanlar eğer AR veya D kategorisine girmiyorsa GM altında izlenir ve raporlanır.

XIV. Raporlamayı yapan ülkeler belli şartlar altında 1990 yılında mera alanı olup daha sonra başka bir

kullanıma dönüşmüş alanlardaki salım değerini hesaplamaya katmayıp sıfır (0) kabul edebilmektedir. Bu tip alanların da izleme sistemine dahil edilmesi gerekmektedir.

XV. Eğer seçilmişse 1990'da veya sonrasında bitkilendirilmiş ve halen arazi kullanımı değişmemiş olan alanlar RV aktivitesi altında izlenir ve raporlanır.

XVI. Eğer seçilmişse 1990'da veya sonrasında bitkilendirilmiş ve halen arazi kullanımı değişmemiş olan alanlar RV aktivitesi altında izlenir ve raporlanır.

XVII. Eğer seçilmişse taahhüt dönemi boyunca gerçekleşen tüm sulak alan drenajları 1990 yılına kadar gidilerek izlenir.

XVIII. Eğer Doğal Etkiler (ND) kuralı seçilmiş ve uygulanacaksa hem AR hem de FM alanlarında taahhüt dönemi boyunca (2013-2020) meydana gelen tüm ND olaylarının nerelerde meydana geldiği belirlenir ve izlenir. Ayrıca etki sonucu zarar görmüş gövdeler alandan uzaklaştırılmışsa (salvage logging), bu alanlar da belirlenir.

XIX. Eğer doğal etkiler sonrasında bir orman alanı orman dışı alana dönüşmüşse bu da takip edilir. Tüm bu yukarıda sayılan arazi kullanımları ve değişimleri ya istatistiksel örnekleme ya da tüm ülkeyi kapsayan bir harita (wall to wall) ile belirlenir ve izlenir.

KP Arazi Kullanım Aktiviteleri: Tarım Arazisi Yönetimi, Mera Alanı Yönetimi, Bitkilendirme

Sözleşme kapsamında arazi kullanım bazlı (örn. FL-FL, CL-GL) KP kapsamında ise aktivite bazlı (örn. FM, CM, GM) hesaplama yapıldığını ifade etmiştik. Bu bölümde Tarım Arazisi Yönetimi, Mera Alanı Yönetimi, Bitkilendirme aktivitelerinin hesaplama yöntemlerine değinilecektir.

Tarım Alanı Yönetimi (Cropland Management "CM")

Tarım alanı yönetimi; tarımsal ürünlerin üretildiği, nadasa bırakıldığı veya geçici olarak kullanım dışı bırakıldığı sistemler olarak tanımlanabilir.

Mera Alanı Yönetimi (Grazing Land Management "GM")

Hayvancılık amaçlı olarak ayrılmış alanlarda bitki örtüsünün tip ve miktarı ile ilgili uygulamaların yapıldığı sistemlere Mera Alanı Yönetimi adı verilmektedir.

Bitkilendirme (Revegetation "RV")

Doğrudan insan faaliyetleri ile en az 0.05 ha alana sahip alanların bitkilendirilmesidir. Getirilen bitki

örtüsü orman tanımına girmemelidir. Örneğin orman tanımında kapalılık %10 alınmışsa bitkilendirilmiş alanların bu kapalılık seviyesinden düşük olması veya orman tanımında ağaç boyu 3 metre seçilmişse alana gelen bitkilerin ileride 3 metreyi geçmeyeceği biliniyor olmalıdır.

Bu 3 aktivite (CM, GM ve RV) KP1 ve KP2 kapsamında yukarıda da belirtildiği gibi seçilmelidir yani azaltım taahhüdü olan Ek-1 ülkeleri tarafından seçilmesi zorunlu değildir. Eğer azaltım taahhüdü olan bir Ek-1 ülkesi bu aktivitelerden birini seçecek olursa bunu kendisine ayrılan salım miktarı hesabının de yer aldığı ön raporlamasında (Initial Report) belirtmelidir. Fakat eğer KP1'de de bu aktivitelerden herhangi birini veya tümünü seçmişse yine aynı şekilde devam etmek zorundadır. KP1'de seçtiği bir aktiviteyi KP2'de seçmeme şansı yoktur. Fakat muhasebeyi yıllık bazda, mı yoksa KP dönemi sonunda mı yapacağını belirlemede serbest olup bunu yine ön raporda ifade etmelidir.

Bu 3 aktivitede tüm karbon havuzları raporlanmalıdır fakat herhangi bir karbon havuzunda net emisyon miktarının sıfır olduğu belgelenirse, raporlanması zorunlu değildir. HWP havuzu bu 3 aktivite hesabında kesinlikle yer almaz.

Diğer ilginç bir kural da baz yılda CM ve GM altındaki bir alanın salım ve tutum değerinin sıfır kabul edilebilmesidir. Bu sadece baz yıl için geçerli bir kuraldır. Böyle bir durumun etkisinin NIR raporunda açıklanması iyi uygulama (good practice) olarak değerlendirilmektedir. Yani mecburi olmasa da yer almasında yarar vardır.

Burada önemli bir nokta da CO₂ dışı gazlardır. Genel bir kural olarak Sözleşme raporlamasına benzer şekilde CO₂ dışı gazlar tarım sektöründe yer almalıdır. Daha ayrıntılı olarak;

- i. Tarım ve mera alanlarında, ayrıca RV alanlarında, azot gübrelemesinden kaynaklanan N₂O salımları,
- ii. Tarım, mera ve bitkilendirilen alanlarda organik toprakların drenajı ve yeniden ıslatılması sonucu gerçekleşen N₂O salımları,
- iii. Çeltik tarlalarından gerçekleşen CH₄ salımları,
- iv. Mera ve tarım alanlarında otların ve bitki artıklarının yakılmasından kaynaklanan CH₄ ve N₂O salımları.

12.

YENİLENEBİLİR
ENERJİ

Yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye’de gönüllü karbon piyasalarına konu olabilmektedir. Bir yenilenebilir enerji kaynağının azaltım etkisi, yıllık ürettiği enerji miktarı ile orantılıdır. Salım yapmadan daha çok enerjinin üretildiği sistemlerin azaltım potansiyeli daha yüksektir ve dolayısıyla elde edilebilecek karbon kredisi daha yüksektir.

Azaltım miktarı hesaplanırken yıllık enerji üretim rakamı Türkiye’nin yıllık birim enerjiye karşılık yapılan ortalama salım değeri ile çarpılır. Türkiye’de her yıl enerji üretim portföyü değişmektedir. Yeni yapılan santraller, kapatılanlar veya kapasitesi değişenler söz konusudur. Bir örnek vermek gerekirse 2013 yılı için birim enerji için salım değeri 498 ton CO₂ eq/Mwatt’tır. Bu değer hesaplanırken 2013 yılında Türkiye’de üretilen tüm elektrik enerjisi miktarı üretime konu olmuş tüm santrallerin toplam salım değerine bölünür. Bir yenilenebilir enerji santralının azaltım değeri 2013 yılı için hesaplanacak olursa o yıl ürettiği tüm enerji miktarı 498 ton CO₂ eq/Mwatt ile çarpılır. Diğer yıllar için 498 değeri biraz değişecektir. Tabii yenilenebilir enerji santrallerinin azaltım potansiyeli bu şekilde hesaplanırken karbon piyasasına konu olabilmeleri için birçok yönden incelenmeleri gerekir. Bir uzman tarafından santral ve çevresi incelenir ekolojik veya sosyal yönden sakıncalar varsa bunlar ortaya konulur. Özellikle yerel insanlara yönelik olumsuz bir etki söz konusu ise daha en baştan kredilendirilmesi sorun olacaktır. Yenilenebilir enerji santrallerinin gönüllü piyasalara konu olmaları sürecinde üzerinde durulan konulardan bazıları şunlardır (Gold Standart Tarafsız Uzman Kılavuzundan özetlenmiştir);

- Projelerde katkısallık (additionality) konusu başlıca kriterlerden birisidir. Proje yapılandırılırken mutlaka net biçimde ortaya konulması gerekir
- Projelerde sürdürülebilirlik de önemli bir kriterdir. Bu konu da karbon kredisi için incelmeye gelecek tarafsız uzman (objective observer) tarafından birtakım yöntemlerle değerlendirilir.
- Yerel paydaşlarla toplantılar yapılır ve görüşleri alınır
- Sürdürülebilir kalkınma değerlendirmesi kapsamında genellikle “çevresel etki” değerlendirmesi de yapılmaktadır. Bu kapsamda: a) insan hakları; b) iş güvenliği ve standartları; c) çevre koruma; ve d) sosyal bozulma (corruption) başlıkları altında inceleme ve değerlendirmeler yapılmaktadır.

Bir örnek vermek gerekirse, katı atıklardan enerji üreten bir tesiste çalışanlar hayvansal atıkları yüklerken solunum sistemlerine zararlı maddeler çekmektedirler ve bu durum da tarafsız uzman tarafından gözlemlenmiştir. Uzman bu durumda sürdürülebilir kalkınma izleme planına işçiler için maske ve koruyucu gözlük kullanma uyarısı yapar.

Karbon kredilenmesine konu olabilecek bazı yenilenebilir enerji kaynakları şunlardır:

BİYOENERJİ: Biyoenerji birçok kaynaktan elde edilebilecek bir enerji şeklidir. Fosil yakıt yerine yenilenebilir bir kaynağın kullanılıyor olması ile azaltıma konu olmaktadır. Biyoenerji kaynakları orman, tarım veya hayvansal atıklar olabilir. Ormancılıkta baltalık, enerji ormanları, tarımda da enerji bitkileri, atıklar hatta kentsel atıklar bile biyoenerjiye konu olabilmektedir.

Çeşitli süreçler ile bu kaynaklar elektrik, ısı veya yakıtı dönüştürülebilmektedir. Küçük kapasiteli biyogaz tanklarından büyük biyogaz tesislerine kadar farklı ölçeklerde uygulamalar söz konusu olabilmektedir. Bu konuda teknolojide de oldukça büyük farklar ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda alglerden sıvı

yakıt üretmeye yönelik teknolojiler geliştirilmiştir. Biyoyakıt sektöründe başlıca sorun hammaddedir. Kullanılacak hammaddenin yetersiz düzeyde olması, sürekliliğinin olmaması veya başka kullanım alanları ile rekabet halinde olması gibi sorunlar biyoenerji sektörünü kısıtlamaktadır.

DOĞRUDAN GÜNEŞ ENERJİSİ: Güneş enerjisi teknolojileri güneş ışınlarının fotovoltajla elektrik enerjisi üretimi, konsantre edilerek termal enerji sağlanmasını ve ışık ihtiyaçlarının doğrudan karşılanmasını kapsamaktadır.

JEOTERMAL ENERJİ: Yeryüzünün derinliklerindeki hidrotermal rezervuarlardaki enerji kullanılmaktadır. Enerji veya ısıtma amaçlı olarak yararlanılmaktadır. Jeotermal enerji, rüzgâr ve güneşe kıyasla daha kararlı bir üretim sistemine sahiptir.

HİDROELEKTRİK ENERJİSİ: Hidroelektrik enerjisi yüksekten daha alçak seviyeye suyu düşürerek elektrik enerjisi üretimini esas almaktadır. Barajlı, nehir tipi ve dere içi sistemler söz konusu olabilir. Ülkemizde baraj tipi santraller ile nehir tipi küçük santraller çok yaygındır. Ülkemizde dere akışları çok değişken olduğundan rezervuar tipleri haricindekilerde mevsimler üretim değişkenlikleri söz konusudur.

OKYANUS ENERJİSİ: Denizlerdeki potansiyel, kinetik, termal ve kimyasal enerji elektrik, ısı enerjisi veya içilebilir suya çevrilebilmektedir. Buna gel git barajları, okyanus akıntularından yararlanan tribünler, dalgardan enerji elde edilen sistemler örnek verilebilir. Bu başlık altındaki enerji sistemleri genellikle hala Ar-Ge aşamasındadır. Fakat yüksek bir gelişme potansiyeli olduğu söylenebilir.

RÜZGÂR ENERJİSİ: Bu enerji sisteminde hava akımının kinetik enerjisinde yararlanılmaktadır. Hem deniz hem kara hem de göllerde yer alan rüzgâr tribünlerinden enerji elde edilebilmektedir.

Fotoğraf 14: Denizli’de kurulu jeotermal santral



13.

UZAKTAN
ALGILAMA
İLE KARBON
STOK
TAHMİNİ

Orman ve benzeri bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki karbon stoklarının uzaktan algılama ürünleri ile tahmini konusu son yıllarda ön plana çıkmıştır. Yersel ölçmelerin zaman alıcı ve pahalı olması nedeniyle çeşitli alternatif uzaktan algılama ürünleri önerilmektedir. Uzaktan algılamaya konu olabilecek karbon havuzu toprak üstü biyokütledir (AGB) zira diğer havuzların (toprak, toprak altı biyokütle, ölü örtü ve ölü odun) uzaktan algılamaya konu olması henüz pek olası görünmüyor. Yine de ek bazı altlıklar ve veriler sayesinde arazi örnekleme en düşük düzeye indirilebilir. Goetz ve ark. (2009)'a göre uygun yöntemler ve hassasiyet sağlanırsa orman örtüsü ve değişimini ortaya koymanın en pratik yolu uzaktan algılamadır. Sadece ormansızlaşma değil ormanın degradasyonu da uzaktan algılama ile ortaya konulabilmektedir. IPCC kılavuzlarında da Seviye-3 raporlamasına geçilebilmesi için yüksek çözünürlükte sıkça tekrarlanan mekânsal aktivite verisinin olması gerektiğinin altı çizilmektedir (GPG, 2003). Goetz ve ark. (2009) farklı uzaktan algılama sistemlerini incelemiş ve toprak üstü biyokütle karbon stok tahmini amaçlı kullanım olanaklarını ortaya koymuştur. Bunlara kısaca değinmek gerekirse:

SAR (Synthetic Aperture Radar -)

SAR sistemleri 1960'lı yıllardan beri arazi örtüsü modellemelerinde kullanılmaktadır. Mikrodalga yayılımı ve yansıyanların değerlendirilmesi esasına dayandığından gece, gündüz ve hava koşullarından etkilenmemektedir. Mikrodalga, orman tepe çatısından içeri penetre olabilmekte ve meşcere özelliklerine (tür, kapalılık, boy, katlılık vb.) bağlı olarak bir yansıma gerçekleşmektedir. Dalgaboyu kısaltıldığında (X ve C bantları) daha çok küçük meşcere öğelerine (yaprak, küçük dallar), uzadığında ise daha büyük öğelere (ağaç gövdesi, büyük dal) olan hassasiyet artmaktadır. Halen birçok SAR uydusu bulunmaktadır: (Canadaya ait RADARSAT 1/2 (C-band), Japon ALOS/PALSAR (L-band), Avrupa ENVISAT/ASAR (C-band), Alman TerraSAR-X (X-band), ve İtalyan Cosmo/SkyMed (X-Band)). Ayrıca yeni uydular da planlanmıştır: (NASA DESDynI (L-band), Avrupa BIOMASS (P-band), Alman Tandem-X (X-band InSAR), ve Almanya/Brezilya MAPSAR (L-Band)). LIDAR (Light Detection and Ranging -)

Optik dalga boylarında çalışan bir lazer sayesinde bitki örtüsünün dikey yapısı hassas biçimde ortaya konulabilir. SAR'ın aksine LIDAR'ın bulutlu ve sisli koşullarda çalışma olanağı yoktur. Ormancılık uygulamalarında yaklaşık 10 yıldır kullanılmaktadır. LIDAR'ın henüz uydu platformunda kullanımı yaygınlaşmamıştır, daha çok uçaklarda bulunmaktadır. Önümüzdeki yıllarda planlanan uydu LIDAR'ları (DESDynI) ise ormancılık amaçlı değildir.

Optik Algılayıcılar

Optik algılayıcılar örneğin görünen ışık ve yakın infrared bantta çalışanlar Google Earth (Landsat ve Quickbird uydularının bileşimi ile çalışmakta) gibi küresel veya bölgesel haritalamada kullanılmaktadır. Optik reflektansın tepe çatısı özellikleri ile ilişkisi sayesinde birçok toprak üstü biyokütle araştırmasına konu olmuştur. Sık ve bulutsuz ölçümler ile geniş alanlara uygulanmaları da mümkündür. Halen optik algılayıcı taşıyan birçok uydu bulunmakta (AQUA, TERRA, SPOT), gelecek için de planlanmaktadır.

Multi Algılayıcılar

Yukarıda açıklanan algılama sistemlerinin her birinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunların kombine edilmesi sayesinde dezavantajları ortadan kaldırılabilir. Bu kombinasyon sayesinde her iki yöntemin avantajlarından yararlanmak mümkün olabilir. Bazen de bazı spesifik bitki örtüsü için uygun algılayıcıyı seçmek gerekir. Örneğin kurak bitki örtüsü ile çalışılırken optik radyometri yöntemi daha avantajlı olabilir.

Yöntem Seçimi

Tüm uzaktan algılama sistemleri karbon hesaplamaları söz konusu olduğunda yersel ölçmelerle kalibre edilmeli ve doğrulanmalıdır. Yersel ölçme ve örnek noktalarda yapılan ölçümlere yukarıda değinilmiştir. Bu ölçmeler genellikle belli parametrelerin ölçülmesi ve alometrik denklemlerle biyokütle ve karbon stokuna çevrilmesi şeklinde yürütülmektedir. Her arazi kullanma şekli (orman, mera, tarım) ve alt grubu (yapraklı, ibrelili, çalı, tek yıllık, çok yıllık vb.) ile ilgili bir karbon stok değeri belirlenip atandığında karbon stok haritası ve stok değeri elde edilebilir. Bu yaklaşıma "sınıflandırma ve çarpma" (Stratify&Multiply) veya kısaca SM adı da verilmektedir. SM yaklaşımı CBS veritabanları ve altlıkları ile birleştirilir ve bir takım ek ayrıntılarla desteklenirse daha yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa ulaşılabilir. Bu yaklaşıma da "birleştirme ve atama" (Combine&Assign) veya kısaca CA adı verilmektedir. Örneğin ormanlarla açık alanların birleştiği yerlerde kenar etkisinden (edge effect) dolayı biyokütlenin daha fazla olması beklenir. Fakat coğrafik anlamda daha tutarlı bir tahmin için uydu görüntülerinden yararlanmak gerekir (Direct Remote Sensing Approach veya DR). Bunun için çözünürlüğü yüksek görüntülerin yersel ölçmelerle ilişkilendirilmesi yeterlidir. Bu ilişkilendirmede regresyon, yapay sinir ağları, vb. istatistiksel yaklaşımlardan yararlanılabilir. Örneğin MODIS görüntüleri ile Afrika kıtasının 1 km çözünürlükte karbon haritası üretilmiş, bunun için farklı alanlardaki LIDAR veri setleriyle doğrulama yapılmıştır (Baccini ve ark., 2008; Williams ve ark., 2007). Buna benzer birçok örnek (ABD, Rusya, Amazon havzası vb.) verilebilir.

14.

PROJE BAZINDA
KARBON STOK
HESAPLAMASI

Proje bazında karbon stok hesaplaması gittikçe önem kazanan bir konudur. Amaç genellikle proje öncesinde (Ex-Ante) proje stratejisi ve hedefleri göz önünde proje olmadığı (baseline) veya projeli durumda tüm karbon havuzlarındaki (TÜB, TAB, DWL, Toprak, HWP) karbon stoklarının belirlenmesidir. Bu hesaplama ve raporlama sürecinde dikkate alınması gereken temel ilkeler TACCC olarak ifade edilebilir.

Şeffaflık (Transperancy)

Envanter yapılırken kullanılan veri, yöntem ve varsayımların açıkça ortaya konmuş olmasını ifade eder. Bu sayede yapılan hesaplamalar tekrarlanabilir, kontrol edilebilir ve gözden geçirilebilir olmalıdır.

Doğruluk (Accuracy)

Hesaplamalar mümkün olan en doğru sonuçlara ulaşacak şekilde sonuçlar ortaya koymalıdır. Sonuçlar gerçek değerlerin ne üstünde ne altında olmamalı, mümkün olduğunca gerçek değerlere yakın olmalıdır. IPCC kılavuzlarında belirtilen yöntemler kullanılmalı, mümkün olduğunca güvenilirliği yüksek ulusal verilere yer verilmeli ve sonuçlardaki belirsizlik düzeyi düşük tutulmalıdır.

Tutarlılık (Consistency)

Hesaplamalarda envanterin tüm yılları boyunca aynı yöntemler kullanılarak yapılmalıdır. Eğer bazı yıllar veya dönemler için farklı yöntemler kullanılacaksa mutlaka tutarlılık yönünden şeffaf biçimde açıklanmalıdır. Ulusal düzlemde dikkat edilmesi gereken husus özellikle baz yılla son yıl hesaplamalarının aynı metodoloji ile gerçekleştirilmesidir. Proje bazında yapılan hesaplamalarda ise projeli durumla projersiz durum karşılaştırılırken yine aynı veya benzer yöntemlerden yararlanılmalıdır.

Karşılaştırılabilirlik (Comparability)

Envanter hesaplama sonuçları diğer benzerleriyle karşılaştırılabilir olmalıdır. Ulusal envanterde diğer ülke envanterleriyle, proje bazındaki envanterlerde ise benzer projelerle karşılaştırılabilir. Örneğin 500 ha'lık bir rehabilitasyon projesinin benzer faaliyetleri kapsayan ve aynı ekolojik koşullarda daha büyük (örn. 800 ha) çaplı bir projeden daha yüksek bir karbon tutumu sağlaması karşılaştırılabilirlik yönünden sorun yaratabilir.

Bütünlük (Completeness)

Hem coğrafik anlamda hem de hesaplama yapılan sera gazları ile kaynak ve havuzların tümünün dikkate alınması anlamına gelmektedir. Örneğin bir projede ormanlardan gerçekleşen tutumların hesaplanması buna karşın çiftlik hayvanlarından kaynaklanan salımların göz ardı edilmesi bütünlük açısından sakınca yaratır.

Arazi rehabilitasyon, ağaçlandırma, iyi tarım uygulamaları, mera ıslahı veya bunların kombinasyonlarını içeren herhangi bir projede (REDD+, CDM, GEF, VCS, vb.) karbon stok değişimi hesaplamasına ihtiyaç duyulabilir. Karbon projelerinde envanter önemli yer tutar. Proje başladığı zamanki karbon stoğu (t0), karbon stoklarında meydana gelecek artışlar, projeli ve projersiz durum senaryolarında karbon stok farkının hesaplanması veya insan etkisi ve doğal sebeplerden ortaya çıkan karbon stok değişimlerinin hesaplanması gibi amaçlarla envanter çalışması yürütülebilir.

Ağaçlandırma (AR) projelerinde fidanların zaman içinde büyümesi ve bu sayede karbon stok artışının ortaya koyulması amaçlanır. Bu tip projelerde t0 zamanındaki karbon stoku genellikle arazideki diri örtü temizliği öncesi yer alan biyokütlenin karbon miktarıdır. Dolayısıyla projenin t0 zamanındaki vejetasyonun karbon stoku hesaplanırken yararlanılacak envanter yöntemi proje süresince uygulanacak olandan farklılık gösterecektir. Genellikle ağaçlandırma öncesi alanda bulunan bitki örtüsü otsu ve çalı türlerinden veya degrade odunsu türlerden oluşabilir.

Orman yönetimi projeleri AR projeleri ile envanter yönünden benzerlik gösterir. Bu tip projelerde farklı zaman dilimlerinde yapılan ölçmeler ve uygulanacak silvikültürel yöntemler dikkate alınır. İlk envanter zamanı (t0) için yapılacak tahmin hem AR hem orman yönetimi hem de REDD+ projeleri için önemlidir çünkü projeli durumda ne kadar karbon kazancı sağlanacağı bu değere bağlıdır. Dolayısıyla bu ilk envanter oldukça kapsamlı gerçekleştirilir.

Proje tipi ne olursa olsun proje süresince tüm insan etkileri ve zararların belirlenmesi için arazi envanteri şarttır. Projeden gerçekleşen kaçaklar (Leakage) da bu envanterler sayesinde ortaya konulabilir (Diaz ve Delaney, 2011).

Bir karbon projesinde (AR, IFM, REDD, CDM, vb.) aşamalar genel hatlarıyla şu şekildedir;

1. Proje Sınırlarının Belirlenmesi
2. Katmanların Oluşturulması
3. Pilot Envanter Çalışması
4. Arazi Çalışması (TÜB, TAB, ÖÖ ve ÖÖ, toprak ölçmeleri)
5. Veri Değerlendirme ve Hesaplamalar
6. Kalite Kontrol (QC) ve Kalite Güvencesi (QA)
7. Raporun Hazırlanması

Bu aşamaların dördüncüsü ek bölümde ele alınmakta, 5-7 arası ise kitabın genelini kapsamaktadır. Dolayısıyla bu kısımda ilk 3'üne göz atalım;

1. Proje Sınırlarının Belirlenmesi

Proje sınırlarının belirlenmesinde çeşitli güncel araçlardan yararlanılabilir. Bunlar uydu görüntüsü, hava fotoğrafı, meşcere haritaları veya GPS ölçmeleri olabilir. Öncelikle proje alanı net biçimde sayısal ortama aktarılmalıdır. Bu yapılırken havza, dere geçişi, vb. doğal sınırlardan yararlanılabilir.

Daha sonra farklı orman veya benzeri vejetasyon tipleri GIS veritabanı içerisine aktarılır. Proje alanında monokültür orman yapısı olabileceği gibi farklı meşcere özelliklerine (tür, çap, karışım, kapalılık) sahip orman, bunun yanında mera, çalılık ve tarım arazisi olabilir. Bu yapılırken uydu veya hava fotoğrafı yorumlama, arazide GPS ölçmeleri, vb. tekniklerden yararlanılabilir. GPS ile arazide dolaşarak vejetasyon tiplerinin sınırları belirlenip sayısal ortama aktarılabilir.

2. Katmanların Oluşturulması

Proje alanı net biçimde belirlendikten sonra yapılması gereken arazi kullanma şekli, vejetasyon formu, topoğrafya ve toprak gibi katmanları belirlenmesi ve birbirinden ayrılmasıdır. Burada en önemli katman orman tipi (yapraklı, ibrelî, baltalık, soğuk kuşak, ılıman, tropikal vb.), sıklığı, dominant ağaç türleri, büyüme çağı, yükseklik, fiziksel sınırlar ve yetiştirme ortamı olabilir.

3. Pilot Envanter Çalışması

Proje sahasında bir ön envanter çalışması ile örnek alan sayısı tespit edilir. Bunun için her katmanda rastgele 5-15 dairesel örnek alan seçilir. Örnek alanların boyutu bitki örtüsünün tipine ve sıklığına göre belirlenir. Genellikle uygulanan büyüklük 250 m²'dir (MacDicken, 1997).

Tablo 35. Farklı bitki örtüsü tipleri için önerilen örnek alan boyutları.

Örnek alan boyutu (m ²)	Örnek alan yarıçapı (m)	Ağaç sıklığı
100	5.64	Küçük çaplı, çok sık bitki örtüsü
250	8.92	Sık odunsu bitki örtüsü
500	12.62	Orta düzeyde odunsu bitki örtüsü
666.7	14.56	Seyrek odunsu bitki örtüsü
1000	17.84	Çok seyrek bitki örtüsü

Pearson ve ark.'a (2007) göre ise göğüs çapı 50 cm'den büyük ağaçlar için 20 m çapında, 20-50 cm arası çaplar için 14 m çapında, 5-20 cm çaplar için ise 4 m yarıçaplı daireler kullanılabilir.

Karbon odaklı envanter çalışması geleneksel bir orman envanterinden daha karmaşıktır çünkü farklı karbon havuzlarının farklı varyans değerleri olabilir. Böyle bir envantere göğüs çapı 5 cm'den daha büyük olan gövdelerin tümü ölçülmelidir (Karky ve Banskota 2007; Karky 2008).

Yeterli örnek alan sayısını hesaplamak için kullanılacak yöntem için aşamalar şu şekilde sıralanabilir (Subedi ve ark., 2010);

1. Hassasiyet düzeyinin belirlenmesi. Genellikle ortalamanın $\pm\%10$ 'u hassasiyet tercih edilmektedir. Bu da $\%95$ güven düzeyinin yarısı anlamına gelmektedir.
2. Örneklenecek alanın boyutuna göre 5-15 arası örnek alan belirlenir. Bu alanlar rastgele seçilebilir veya ArcGIS deki Hawth's tool ile belirlenebilir.
3. Her örnek alanda hektardaki karbon stoku belirlenir. Bunun için önce her bir ağaç, her bir örnek alan ve hektar için hesaplama yapılır.
4. Örnek alanların hektardaki karbon stok değerleri (Mg C ha⁻¹) için standart sapma hesaplanır.
5. Her bir katman için gerekli örnek alan sayısı aşağıdaki formülle hesaplanır;

Önce olası en yüksek örnek alan sayısı hesaplanır. Bunun için.

$$N = A / A_p ; N_i = A_i / A_p \dots\dots$$

N: Proje alanındaki olası en yüksek sayıda örnek alan sayısı.

A: Toplam proje alanı (ha)

A_p: Örnak alan boyutu (ha)

N_i: Projenin i katmanındaki olası en yüksek sayıda örnek alan sayısı.

A_i: i katmanının alanı (ha)

Bu veriden yararlanılarak gerekli minimum örnek alan sayısı hesaplanır;

(Denklem 46)

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^k N_i s_i)^2}{N^2 E^2 + (\sum_{i=1}^k N_i s_i^2)} t^2$$

Burada;

n: Toplam örnek alan sayısı,

i: Katman numarası (1 den L ye)

L: Katman sayısı

Ni: i katmanındaki maksimum olası örnek sayısı

si: i katmanının standart sapması

N: Proje alanındaki maksimum örnek alan sayısı

E: İstenen hassasiyet seviyesi

t: %95 güven düzeyi için t dağılım değeri. Örnek sayısı belli olmadığından genellikle 2 alınır.

s: Her katman için standart sapma değeri

Toplam örnek sayısını katmanlara dağıtmak için de aşağıdaki denklem kullanılabilir;

(Denklem 47)

$$n_i = n \frac{N_i s_i}{(\sum_{i=1}^L N_i s_i)}$$

Burada;

ni: i katmanı için örnek alan sayısı,

i: Katman numarası (1 den L ye)

n: Toplam örnek alan sayısı,

Ni: i katmanındaki maksimum olası örnek sayısı

si: i katmanının standart sapması

L: Katman sayısı

6- Bir önceki aşamada hesaplanan örnek alan sayısının göre araziye çıkılıp örnek alanlarda örnekleme ve karbon stok hesaplaması yapılır.

7- Tekrar hesaplama yapılarak %10 hassasiyet, yani %95 güven aralığının yarısının tutturulup tutturulmadığı kontrol edilir. Tutturulamadıysa hesaplama güncellenir. Genellikle hesaplanan örnek alan sayısının %10 fazlası alınmalıdır zira zaman içinde yangın, vs. sebeplerle örnek alanlar ortadan kalkabilir veya zarar görebilir.

Diğer bir yöntem de BMİDÇS'nin A/R Methodological Tool "Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R C151ekânsaect activities" (Version 02.1.0) dökümanını baz alan ve Winrock International tarafından geliştirilen, MS Excel yazılımıdır. A/R Methodological Tool'un dayandığı hesaplama prosedürü aşağıdaki denkleme dayanmaktadır;

(Denklem 48)

$$n = \frac{N \cdot t_{VAL}^2 \cdot (\sum_i w_i \cdot s_i)^2}{N \cdot E^2 + t_{VAL}^2 \cdot \sum_i w_i \cdot s_i^2}$$

- n: Toplam örnek alan sayısı,
i: Katman numarası (1 den L ye)
L: Katman sayısı
si: i katmanının standart sapması
N: Proje alanındaki maksimum örnek alan sayısı
E: İstenen hassasiyet seviyesi

tVAL: İki yönlü %90 güven düzeyi için Student-t dağılım değeri. İlk hesaplamada 1.645 alınır, sonraki hesaplamalarda serbestiyet derecesine (n-1) göre alınır.

Denklem uygulandığında çıkan örnek alan sayısı 30'un üzerindeyse hesaplama sonlandırılır, altındaysa yeni t değerine göre yeniden hesaplanır. Excel sayfasında otomatik olarak hesap yapılabilir¹⁵. Genellikle her iki yöntem benzer sonuç vermektedir.

ÖRNEK;

Saf meşe (40 ha), saf kayın (50 ha) ve karışık karaçam-fıstıkçamı (80 ha) meşcerelerinden oluşan bir proje alanında IFM (Improved Forest Management – Gelişmiş Orman Yönetimi) uygulamaları yapılacaktır. Uygulamaların etkisini hesaplamak üzere bir örnekleme sistemi geliştirmek gerekmektedir. Bu sistemde en düşük örnek alan sayısı ne olmalıdır? Örnek alanlar standart 400 m2dir. Ön örneklemede toprak üstü biyokütle elde edilen değerler (Mg C / ha) aşağıda verilmiştir. Her bir meşcere tipi için örnek alan sayıları ne olmalıdır?

Katman

Md3	128	145	152	97	132
Knb3	145	106	122	100	85
Knb3	145	106	122	100	85
Çkab3/Çfb3	124	165	102	135	101

¹⁵İndirmek için aşağıdaki linki kullanınız: Winrock's CDM A/R Sample Plot Calculator Spreadsheet Tool. Walker, S.M., Pearson, T., Brown, S., 2007, 2014 version. <http://www.winrock.org/document/winrock-sample-plot-calculator-spreadsheet-tool/>

ÇÖZÜM;

$$N = A / A_p$$

$$A: 40+50+80 = 170 \text{ ha}$$

$$A_p: 400 \text{ m}^2 = 0.04 \text{ ha}$$

Max örnek alan sayısı;

$$N = 170 / 0.04 = 4250 \text{ adet}$$

$$N_1 (M) = 40 / 0.04 = 1000 \text{ adet (Md3 katmanı için max örnek alan sayısı)}$$

$$N_2 (K) = 50 / 0.04 = 1250 \text{ adet (Knb3 katmanı için max örnek alan sayısı)}$$

$$N_3 (\text{Çk/Çf}) = 80 / 0.04 = 2000 \text{ adet (Çkab3/Çfb3 katmanı için max örnek alan sayısı)}$$

Standart sapmaları hesaplayalım;

$$S_1 = 18.99$$

$$S_2 = 20.48$$

$$S_3 = 23.69$$

Gerekli minimum örnek alan sayısı;

$$n = ((1000 \cdot 18.99) + (1250 \cdot 20.48) + (2000 \cdot 23.69))^2 / ((4250^2 \cdot 12.262) / 1.652 + (1000 \cdot 18.99^2 + 1250 \cdot 20.48^2 + 2000 \cdot 23.69^2))$$

$$n = 8.48 = 8 \text{ adet}$$

$$n_1 = 8 (1000 \cdot 18.99) / (1000 \cdot 18.99 + 1250 \cdot 20.48 + 2000 \cdot 23.69)$$

$$n_1 = 1.75 \cong 2 \text{ adet meşe}$$

$$n_2 = 8 (1250 \cdot 20.48) / (1000 \cdot 18.99 + 1250 \cdot 20.48 + 2000 \cdot 23.69)$$

$$153$$

$$n_2 = 2.36 \cong 2 \text{ adet kayın}$$

$$n_3 = 8 (2000 \cdot 23.69) / (1000 \cdot 18.99 + 1250 \cdot 20.48 + 2000 \cdot 23.69)$$

$$n_3 = 4.37 \cong 4 \text{ Karışık çam}$$

Genellikle çıkan minimum örnek alan sayısının %10 fazlasını almak yararlı olacaktır. Yani 8 yerine 9 örnek alan alınmalıdır.

Örnek alan sayısı belirlendikten sonra örnekleme desenine karar verilmesi gerekir. Örnekleme deseni sistematik veya rastgele seçilebilir.

Karbon hesaplamalarında seviye (Tiers)

Karbon hesaplamalarında hangi seviyede hesaplama yapılacağına belirlenmesi ve proje raporlarında da bu seviyenin ifade edilmesi gerekir. Önemli boyutta karbon stoku içeren bileşenler söz konusu olduğunda (örneğin büyük çaplı bir ağaçlandırmada toprak üstü biyokütle miktarı vb.) mümkünse Seviye-3, olmazsa Seviye-2 düzeyinde hesaplama yapılması gerekir. Seviye-1 hesaplamasından kaçınılmalı, elde çok az veri mevcutsa bu seviyeye inilmelidir.

Seviye-1: En basit hesaplama işlemidir. Denklemler ve bu denklemlerde kullanılacak geçerli (default) değerler IPCC kılavuzlarında yer alır. Aktivite verisi uluslararası kaynaklardan ve ulusal veri tabanlarından elde edilebilir. Genellikle çözünürlüğü düşük mekansal veri söz konusudur.

Seviye-2: Benzer yöntemler kullanılmakla beraber emisyon ve CSC faktörleri bölgesel veya ülkeye özgüdür. Örneğin belli bir ağaç türünün C oranı veya toprak tipinin C stoku hesaplama ile ilgili katsayıları gibi. Daha yüksek çözünürlükte uzaktan algılama sistemleri ve kategori için ayırım söz konusudur. Örneğin ormanların kuru, baltalık, degrade vb. çeşitli alt gruplara ayrılması gibi.

Seviye-3: Üst düzey yöntemlerin, ülkeye özgü modelleme yöntemleri ve yüksek çözünürlük/sık tekrarlarla elde edilmiş envanter sistemlerinin kullanıldığı hesaplama seviyesidir. Hesaplama düzeyi daha güvenilir veri ve yöntemlere dayandığından sonuçların güvenilirliği yüksek, belirsizlik düzeyi düşüktür. Böyle bir hesaplama sisteminde zaman içinde arazi ölçümlerinin tekrarlandığı, CBS veri tabanında ağaç türleri, toprak, bonitet, amenajman, vb. bilgilerin yer aldığı görülür.

KARBON STOK DEĞİŞİMİNİN (CSC) CO₂ SALIMINA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

AFOLU sektöründe CSC genellikle ton C olarak hesaplanmaktadır. Bu değerlerin ister salım ister tutum olsun CO₂ eşdeğerinin belirlenmesi gerekir. Bunun için ton (Mg) C değeri -44/12 ile çarpılır. Bu CO₂ ile C nin molekül ağırlıklarının oranıdır. Eksi işaret son aşamada tutum, artı işaret salım olarak alındığından çarpıma (-) işareti eklenir.

15.

KARBON YÖ-
NETİMİNDE
MRV (ÖLÇÜ-
LEBİLİRLİK,
RAPORLA-
NABİLİRLİK,
DOĞRULA-
NABİLİRLİK)
SİSTEMİ

BMİDÇS raporlamaları ilk ulusal bildirimler kapsamında 1993 yılında başlamış olmakla beraber MRV konsepti raporlama süreçlerine ilk kez 2007 yılında Bali Aksiyon Planı ile (Karar 1/CP.13) girmiştir.

Hemen tüm sera gazı hesaplamalarında IPCC kılavuzları baz alınmakla beraber uzmanlar ve koşullar gereği farklı yaklaşımlar ve sonuçlar ortaya çıkabilmekte, zaman zaman da sonuçlar sorgulanabilmektedir. Örneğin Uganda'da gerçekleştirilen bir REDD+ projesinde 200.000 ton CO₂ eq karbon tutumu gerçekleştirilmiş olduğu bir proje dökümanında ifade edilirse, bu durumda herhangi biri Uganda'nın orman envanteri ve ulusal verilerinin yetersiz olabileceğini iddia edebilir ve bu hesaplamanın yanlış olabileceği kanısına kapılabilir. İşte ormancılık projelerine (REDD+, CDM, JI, vb.) sıkça konu olan ülkeler, böyle bir tereddüdü ortadan kaldırmak ve proje cazibesini artırmak amacıyla ülkeleri için ölçülebilirliği, raporlanabilirliği ve doğrulanabilirliği (MRV) açıkça sağlayacak bir sistemi ulusal düzlemde oluşturmaktadırlar. Bu sistemlerle ilgili bazı kavramları biraz daha açmak gerekir;

Ölçülebilirlik (Measureable): Burada ölçülmesi standart hale getirilecek 2 temel parametreden söz ediyoruz. Aktivite Verisi (alan ve mekansal konum) ve Emisyon Faktörü (EF). Bu iki parametre doğru biçimde ve yeterli hassasiyette belirlenirse ölçülebilirlik kriteri büyük ölçüde sağlanmış olacaktır. REDD+ projelerinde aktivite verisi;

- Orman alanı ve alan değişimidir

Emisyon faktörü ise;

- Karbon stoku (hektarda karbon miktarı) ve karbon stok değişimidir (artım)

İyi bir MRV sistemi Koruyucu (Safeguard) ilke göstergelerinin, bunun yanında ormana ait diğer ek fayda ve ürünlerin de ölçülmesini şart koşar. Bu sayede gerçekleşen projenin sağladığı karbon azaltımının beraberinde çevreye ve sosyal yapıya yaptığı etkiler ve diğer orman ürünlerinde ortaya çıkaracağı artım/azaltım da ortaya konulacaktır.

Konuyu pekiştirmek üzere, koruyucu prensiplere örnek olarak Gold Standart'ın mikro HES (Hidroelektrik Santrali) Koruyucu Prensip İndikatörlerine göz atalım (Gold Standart Proje Döngü ve Sürdürülebilir Kalkınma Değerlendirmesi, Bölüm 2);

a-İnsan Hakları

Proje uluslararası anlaşmalarla ortaya konulan insan haklarına saygı göstermekte, özellikle insan haysiyeti, kültürel yapılar ve yerel halkın kendine özgü değerleriyle uyum içindedir.

Proje yerel halkın kendi rızası dışında olan herhangi bir yer değiştirme ve tahliye yol açmamaktadır. Proje herhangi bir kültürel mirasın yer değiştirmesine, zarar görmesine veya değiştirilmesine yol açmamaktadır.

b-İş Standartları

Proje, çalışanların sendikalaşma ve toplu pazarlık haklarına saygı göstermektedir.

Projede hiçbir şekilde zorla iş gücü sağlanması kabul edilmez.

Projede hiçbir şekilde çocuk işçi çalıştırılması kabul edilmez.

Projede hiçbir şekilde din, dil, ırk ve cinsel tercihlere göre ayırım yapılmasına göz yumulmaz.

Projede çalışanlara düzenli ve sağlıklı bir iş ortamı sağlanır.

c-Çevre Koruma

Çevre koruma yönünden “önleyici ilke” dikkate alınmaktadır. Buna göre insan sağlığı veya çevreye yönelik herhangi bir etki söz konusu olduğunda bu konuda bilimsel bazı bulgular net olarak ortaya konulmuş olmasa da hemen önlem alınmalıdır. Diğer bir deyişle etkinin çevrede veya insan üzerinde ortaya çıkaracağı sonuçlar tam belirgin değilse bile bu etkiye karşı önlem alınmalıdır.

Projenin kritik değere sahip doğal habitatları (yaşam ortamı) dönüştürme veya bozmaya yönelik bir etkisi olmamalıdır. Bu kapsama yasal olarak korunan, korunması önerilen, otoritelerce yüksek koruma değerine sahip olduğu belirlenmiş olan, yerel halkça korunmasına karar verilmiş olan alanlar girmektedir.

d-Yolsuzlukla Mücadele

Projenin toplumda yozlaşmaya yol açıcı bir etkisi olmamalı (rüşvet, ahlaksızlık vb.)

Raporlanabilirlik (Reportable): Raporlanabilirlik bir envanteri (proje bazında veya ulusal) oluşturan bileşenlerin gerekçelendirilebilmesi ve rapora dökülebilmesidir. Buna aktivite verisi, emisyon faktörleri, belirsizlik hesaplamaları, kalite kontrol sistemi gibi bileşenler dahildir. Kısaca ortaya konulan her rakamın ve sonucun hesaplama sürecinin şeffaf biçimde açıklanmasını ifade etmektedir. Raporlama işlemleri her ülkenin kendi koşullarına ve BMİDÇS sürecindeki pozisyonuna bağlı olarak farklılık gösterebilir. Örneğin Almanya'nın BMİDÇS sekreteriyasına gönderdiği raporlar Zimbabwe'ninkinden farklıdır. Almanya Kyoto Protokolü (KP) Ek-B listesinde yer aldığından ve BMİDÇS sözleşmesi Ek-1 grubunda yer aldığından her yıl KP ve Sözleşme düzeyinde Sera Gazı Envanter Raporu (NIR ve CRF), İki yıllık rapor (Biannual report, 2014 den itibaren) ve Ulusal Bildirim raporlaması (NC, her 4-5 yılda) yapmaktadır. Zimbabwe ise Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Güncelleme Raporu (BUR) göndermektedir.

Doğrulanabilirlik (Verifyable): Doğrulanabilirlik kavramı genellikle iki yönden ele alınmaktadır. Birincisi ve en yaygın anlamı; kullanılan verilerin başka kaynak ve yöntemlerle doğrulanmasını ifade eder. Örneğin yersel ölçümlerle elde edilen verilerin uzaktan algılama ile doğrulanması veya bir envanter ekibi tarafından ölçümü yapılan bir örnek alanın başka bir ekipçe tekrar ölçülerek doğrulanmasıdır. Sektörel politikalar ve hedefler eldeki rakamlar sayesinde geliştirildiği için aslında rakamların doğruluğu kalkınma yönünden de kritik öneme sahiptir.

Örnek: Şöyle bir senaryo oluşturalım. Ülkemizde yeni iklim anlaşması çerçevesinde azaltım faaliyetleri planlanmaktadır. Her kurum kendi bünyesinde en az maliyetle en yüksek azaltım kapasitesini ortaya koyup ona göre bir politika izlemek istemektedir. Orman ve Su İşleri Bakanlığı da olası birçok azaltım faaliyeti seçeneğinden aşağıdakileri belirlemiştir. Bunlar;

- Ağaçlandırma
- Endüstriyel plantasyonlar
- Sürdürülebilir (veya Gelişmiş) orman yönetimi
- Mera ıslahı
- Turbalıkların işletilmesinin durdurulması
- Ormansızlaşmanın azaltılması
- Baraj yapımının azaltılması

Azaltım seçenekleri ortaya konulduktan sonra her bir seçenek için fayda maliyet ve sürdürülebilirlik analizi yapılmalıdır ve her seçenek için birim azaltım miktarının (1 ton CO₂ eq/yıl) maliyeti yanında sürdürülebilir kullanım potansiyeli hesaplanmalıdır. Bu aşamada birçok gerçekçi veriye ihtiyaç duyulacaktır. Eğer veriler sağlıklı değilse bakanlığın tüm azaltım politikası tehlikeye düşebilir. Basit bir örnek vermek gerekirse endüstriyel plantasyona konu olabilecek alan miktarı çok iyi bilinmelidir. Aksi takdirde bu seçeneğin sürdürülebilirliği tehlikede olacaktır. Bu aşamada endüstriyel plantasyona konu olabilecek alan miktarı farklı iki yaklaşımla hesaplanıp doğrulanmalıdır. Bunlardan birisi orman işletmelerinden rakam istenmesi, diğeri de bu süreçten tamamen bağımsız olarak uzman kişilerin alanları ziyareti ve değerlendirmesi olabilir. Hatta diğeri bir doğrulama yöntemi de uzaktan algılama olabilir. Maalesef MRV konusu en zayıf olduğumuz konulardan birisidir. Bir örnek vermek gerekirse birim orman alanından üretilen ekosistem hizmetleri birçok araştırmacı tarafından hesaplanmıştır ve son derece kritik bir konu olmasına karşın bu hesaplardan hiçbirisi birbiriyle uyumlu değildir. Örneğin Daşdemir tarafından Bann ve Clemens (1999) ve Türker ve diğerlerine (2001) dayanılarak verilen rakamlara göre Türkiye ormanlarının karbon depolama değeri toplam değerin %14.79'udur ve su üretim değeri dikkate alınmamıştır. Pak ve ark'da (2010) ise aynı karbon depolama değeri fakat farklı oran verilmiştir (%9.29). Su üretimi yine dikkate alınmamıştır. Oysaki Dünya Bankası tarafından hazırlanan Forest Policy Note: Turkey raporunda (Dünya Bankası, 2017) odun dışı orman ürün ve hizmetlerinin değer hesaplamasında su üretimi en başta gelmektedir.

Karbon değeri hesaplanırken aslında tek bir fiyatı temel alıp değerlendirmeye gitmek doğru değildir. Karbonun Avrupa Birliği karbon piyasası değeri, gönüllü karbon piyasası değeri veya gölge değeri ayrı ayrı hesaplanmalıdır (Bouyer ve Serengil, 2016). Burada karbon maliyeti veya bedeli ile ilgili bazı kavramları aşağıda açıklanmıştır;

Karbonun Toplumsal Maliyeti (KTM) bir ton fazladan salınan karbonun veya eşdeğer sera gazının atmosferde kaldığı sürece küresel ölçekte yaratacağı zararı ifade eder. Politika ve yatırım kararlarında hükümetlerin dikkate alması gereken bir kavramdır çünkü teorik olarak toplumların gelecekte ortaya

çıkabilecek zararlı etkilere karşı ödemeyi göze alacakları bir bedeli ifade eder. Bu azaltım stratejileri bakımından oldukça mantıklı bir maliyet yaklaşımıdır ve kavramsal olarak karbon piyasa değerinden veya marjinal azaltım değerinden (marginal abatement cost) farklılık gösterir. Fakat KTM'nin yetersiz kaldığı bazı durumlar da söz konusudur. Birincisi herhangi bir sera gazı artış veya stabilizasyon projeksiyonu küresel dinamiklere bağlıdır ve herhangi bir ülkenin tek başına kontrolünde değildir. Dolayısıyla ülke tarafından kontrol edilemeyen mekanizmalar ve süreçlerden etkilenecektir. Örneğin Türkiye azaltım stratejisi için KTM hesaplayarak fayda maliyet hesaplamalarında bunu kullanmakta olsa, kullandığı değer Çin veya Hindistan'ın salım politikaları nedeniyle değişecektir çünkü mevcut azaltım projeksiyonu diğer ülkelerce değişip örneğin RCP 2.5 senaryosundan RCP 4.5'e kayabilir. Bir başka deyişle, oldukça sıkı azaltım önlemleri almış olursa ve faaliyetler başarılı olsa bile zaman içinde KTM azalmayacaktır. KTM ile ilgili diğer bir sorun da mevcut azaltım senaryolarındaki değişkenlik ve belirsizliktir. Bu nedenlerden ötürü herhangi bir projeksiyon hedefi (örn. Yüzyıl sonu için 2°C) ve bu hedef için KTM hesaplanması yeterince güvenilir bir yaklaşım olamamaktadır.

Karbonun Gölge Maliyeti (KGM), KTM'nin yukarıda sözü edilen dezavantajlarını biraz olsun ortadan kaldırmaktadır. KGM belli bir stabilizasyon hedefine yönelik KTM'yi baz almakta fakat bunu azaltım maliyeti ile ve diğer faktörlerle modifiye etmektedir. Diğer faktörler örneğin iklim değişikliği ile mücadelede azim veya liderlik hedefi, vs. olabilir.

Dolayısıyla KTM yalnızca 1 ton CO₂ eq salımın ortaya çıkaracağı zararlı etkilere dayalı olarak hesaplanırken KGM bu yaklaşıma politik ve teknolojik ortam etkilerini de katmaktadır.

Burada önemli olan stabilizasyon hedefidir. Örneğin atmosferik CO₂ konsantrasyonu şu günlerde 400-410 ppm civarındadır. KTM veya KGM hesaplamasında yüzyıl sonu hedef 450 ppm alınırsa küresel düzlemde ortaya çıkacak zarar 10 milyar dolar ise, hedef 550 ppm alındığında zarar muhtemelen 10 kat fazla yani 100 milyar dolar olacaktır. Yani 450 ppm hedefi ile 550 ppm hedefleri arasında çok büyük KTM ve KGM değer hesaplama farkları olabilir.

Öte yandan doğrulama, raporlanan bilgi ve verilerin bağımsız dış bir kurum tarafından doğruluk ve güvenilirlik yönünden incelenmesini de ifade etmektedir. Örneğin ulusal sera gazı envanterleri (CRF ve NIR) BMİDÇS sekreteryasının görevlendirdiği uzmanlardan oluşan gözden geçirme takımlarınca (ERT: Expert Review Team) gerçekleştirilir. Proje bazında bir doğrulama aşaması da benzer şekilde hesaplamayı ve raporlamayı yapan uzman veya uzmanlardan farklı bir uzmanca gerçekleştirilir.

MRV sistemi ormancılık ve arazi kullanma sektöründe birbirleriyle uyumlu 3 ölçekte ele alınmalıdır;

- Proje veya kurum bazında
- Sektör bazında
- Ulusal ölçekte

Ayrıca son yıllarda il, ilçe veya yerleşim birimi temelinde de envanter ve buna bağı MRV sistemlerinden bahsedilmektedir. Yerleşim birimleri için yapılacak envanterler için GPG (2012)(Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions) kılavuzundan yararlanılabilir. Bu kılavuz birçok uluslararası kurumun ortak çalışması ile hazırlanmış şehirlerin kendi ölçeklerinde ser gazı salımlarını hesaplamalarına yönelik standart, basit bir protokoldür. Amacı;

- Şehirlerin kendilerine özgü doğruluk değeri kabul edilebilir seviyede bir envanter hazırlayabilmelerini sağlamak
- Bu sayede azaltım konusunda etkin stratejiler geliştirebilmelerini sağlamak
- Halka tutarlı ve şeffaf bir rapor sunabilmelerini sağlamak
- Kolektif yerel çabaların küresel düzlemde ortaya çıkarabileceği olumlu etkileri göstermek
- Sera gazı MRV sistemini desteklemek
- Yerel yönetimlerin küresel finans kaynaklarına erişimlerini sağlamak



Kenya

16.

ÜLKEMİZİN
SERA GAZI
ENVANTE-
RİNDE
AKAKDO
SEKTÖRÜ

Ülkelerin sera gazı envanterleri BMİDÇS sekreteryasınca internet üzerinde herkese açık biçimde yayınlanmaktadır¹⁶.

Her yıl 15 Nisan son gönderim tarihinde Ek-1 ülkeleri sekreteryaaya yıllık sera gazı envanter raporlarını ve ilgili CRF tablolarını göndermektedirler. Envanter raporları sektörel uzmanlar veya uzman ekipleri tarafından hazırlanmakta ve verileri CRF Reporter üzerinden online veri girişi ile gerçekleştirilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK), sera gazı envanterinde ulusal ajans olarak tüm verileri toplama ve derleme görevi verilmiştir. Tüm sektörel veriler derlendiğinde TÜİK tarafından Anahtar Kategori Analizi (Key Category Analysis) de gerçekleştirir. Bu analizin amacı miktar ve trend yönünden nispeten önemli raporlama kategorilerini belirlemektir. Bu anahtar kategorilere envantere daha fazla önem verilir ve en az Seviye-2 düzeyinde raporlama yapılması beklenir. Anahtar kategori analizi hesaplaması Seviye 1 düzeyinde hem miktar hem de yönelim dikkate alınarak yapılmaktadır. Bunun için tüm kategoriler büyükten küçüğe sıralanır ve aşağıdaki denklemle yüzde hesaplandıktan sonra toplam emisyonu bölünür¹⁷ (IPCC, 2006 Bölüm 1). 2017 envanterinde belirlenen anahtar kategoriler aşağıda verilmiştir (NIR, 2017).

$$\text{Anahtar Kategori Analizi} = \frac{\text{salım veya yutak kategorisi}}{\text{toplam salım+yutak}} \quad (\text{Denklem 49})$$
$$L_{x,t} = \frac{|E_{x,t}|}{\sum_y |E_{y,t}|}$$

Burada;

$L_{x,t}$: x kaynak kategorisi için son envanter yılı (t) seviye hesaplaması.

$|E_{x,t}|$: x salım veya yutak kategorisi için son yıl (t yılı) hesaplamasının mutlak değeri

$\sum_y |E_{y,t}|$: toplam salım+yutak değeri (2015 yılı için 544 841.63 M ton CO₂ eq)

Yüzde 95'lik dilime giren kategoriler anahtar kategori olarak ifade edilir.

¹⁶Bknz. (<http://unfccc.int>).

¹⁷ Toplam değer hesaplanırken mutlak değer alınır yani tutumlar da salım gibi pozitif alınıp hesaplanır.

Tablo 36. Miktar için anahtar kategori analizi (NIR Turkey, 2017)

Sector		Fuel	GAS	2015 Emission	ABS (Emission)	Cont. (%)	Cumulative
1.A.1.	Enerji endüstrisi	Katı yakıtlar	CO2	81 459.15	81 459.15	14.95	14.95
1.A.3.b.	Karayolu taşımacılığı		CO2	67 889.31	67 889.31	12.46	27.41
1.A.1.	Enerji endüstrisi	Gaz yakıtlar	CO2	46 891.27	46 891.27	8.61	36.02
4.A.1.	Orman arazileri (FL-FL)		CO2	-35 188.41	35 188.41	6.46	42.48
2.A.1.	Çimento üretimi (Mineral Ürünler)		CO2	32 618.66	32 618.66	5.99	48.46
1.A.4.	Diğer sektörler	Gaz yakıtlar	CO2	27 679.90	27 679.90	5.08	53.54
3.A.	Enterik fermentasyon		CH4	26 888.01	26 888.01	4.94	58.48
1.A.4.	Diğer sektörler	Katı yakıtlar	CO2	23 845.39	23 845.39	4.38	62.85
4.A.2.	Orman dönüşen araziler (L-FL)		CO2	-21 486.81	21 486.81	3.94	66.80
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Katı yakıtlar	CO2	20 185.62	20 185.62	3.70	70.50
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Gaz yakıtlar	CO2	19 618.52	19 618.52	3.60	74.10
3.D.a.	Topraktan doğrudan N ₂ O salımı		N ₂ O	17 427.90	17 427.90	3.20	77.30
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Sıvı yakıtlar	CO2	16 000.94	16 000.94	2.94	80.24
5.A.	Katı atık depolama		CH4	12 455.27	12 455.27	2.29	82.53
2.C.1.	Demir-Çelik Endüstrisi		CO2	11 452.26	11 452.26	2.10	84.63
1.A.4.	Diğer sektörler	Sıvı yakıtlar	CO2	11 159.19	11 159.19	2.05	86.68
4.G.	Odun Ürünleri		CO2	-10 227.40	10 227.40	1.88	88.55
1.A.1.	Enerji endüstrisi	Sıvı yakıtlar	CO2	7 210.29	7 210.29	1.32	89.88
3.D.b.	Topraktan dolaylı N ₂ O salımı		N ₂ O	5 449.64	5 449.64	1.00	90.88
2.F.6.	Diğer uygulamalar		HFC	4 678.31	4 678.31	0.86	91.74
1.A.3.a.	Yurtiçi havacılık		CO2	4 161.93	4 161.93	0.76	92.50
3.B.	Hayvansal atık yönetimi		CH4	3 159.66	3 159.66	0.58	93.08
3.B.	Hayvansal atık yönetimi		N ₂ O	3 144.12	3 144.12	0.58	93.66
2.A.2.	Kireç üretimi (Mineral Ürünler)		CO2	2 628.30	2 628.30	0.48	94.14
4.C.2.	Meraya dönüşen alanlar (L-GL)		CO2	2 593.58	2 593.58	0.48	94.61
5.D.	Atıksu arıtma ve deşarj		CH4	2 371.23	2 371.23	0.44	95.05

Trend yönünden analiz yapılırken ise son envanter yılı ile ilk yıl arasındaki farklığa dayalı bir hesaplama yapılmaktadır. Detayları IPCC 2006 kılavuzu Bölüm 1 Denklem 4.2 de verilmiştir.

Tablo 37. Trend için anahtar kategori analizi (NIR Turkey, 2017)

Sektör	Yakıt	Gaz	2015	1990	Trend	Oran	Küm.	
1.A.1.	Enerji endüstrisi	Gaz yakıtlar	CO2	46 891.27	5 024.67	0.15	11.11	11.11
4.A.1.	Orman arazileri (FL-FL)		CO2	-35 188.41	-23 910.51	0.13	9.81	20.92
1.A.1.	Enerji endüstrisi	Katı yakıtlar	CO2	81 459.15	25 957.84	0.13	9.53	30.45
1.A.4.	Diğer sektörler	Gaz yakıtlar	CO2	27 679.90	93.85	0.11	8.19	38.64
1.A.3.b.	Karayolu taşımacılığı		CO2	67 889.31	24 142.97	0.09	6.52	45.16
4.A.2.	Orman dönüşen araziler (L-FL)		CO2	-21 486.81	-4 412.36	0.08	6.27	51.44
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Gaz yakıtlar	CO2	19 618.52	1 557.09	0.07	4.96	56.40
1.A.4.	Diğer sektörler	Sıvı yakıtlar	CO2	11 159.19	14 436.34	0.07	4.87	61.26
3.A.	Enterik fermentasyon		CH4	26 888.01	22 314.09	0.06	4.65	65.92
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Katı yakıtlar	CO2	20 185.62	17 435.82	0.05	3.88	69.80
2.A.1.	Çimento üretimi (Mineral Ürünler)		CO2	32 618.66	10 444.54	0.05	3.79	73.59
4.G.	Odun Ürünleri		CO2	-10 227.40	-4 368.20	0.04	2.92	76.51
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Sıvı yakıtlar	CO2	16 000.94	13 232.02	0.04	2.74	79.25
3.D.a.	Toprakta doğrudan N ₂ O salımı		N ₂ O	17 427.90	13 162.98	0.03	2.28	81.53
1.A.1.	Enerji endüstrisi	Sıvı yakıtlar	CO2	7 210.29	6 878.52	0.02	1.76	83.29
2.F.6.	Diğer uygulamalar		HFC	4 678.31		0.02	1.39	84.68
1.A.4.	Diğer sektörler	Katı yakıtlar	CO2	23 845.39	14 713.62	0.02	1.25	85.93
1.A.4.	Diğer sektörler	Biyokütle	CH4	801.49	2 263.35	0.01	1.05	86.97
1.B.1	Katı yakıtlar		CH4	1 236.30	2 458.50	0.01	1.03	88.00
4.D.2.	Sulakalana dönüşen alanlar (L-WL)		CO2		1 741.74	0.01	0.99	88.99
5.D.	Atıksu arıtma ve deşarj		CH4	2 371.23	2 789.04	0.01	0.88	89.86
3.D.b.	Toprakta dolaylı N ₂ O salımı		N ₂ O	5 449.64	4 365.13	0.01	0.85	90.72
4.C.2.	Meraya dönüşen alanlar (L-GL)		CO2	2 593.58	66.49	0.01	0.73	91.45
1.A.3.a.	Yurtiçi havacılık		CO2	4 161.93	913.74	0.01	0.72	92.17
2.G.1.	Elektrik ekipmanları		SF6	1 984.85		0.01	0.59	92.77
4.B.2.	Tarım alanına dönüşen alanlar (L-CL)		CO2	6.12	929.02	0.01	0.53	93.29
2.A.2.	Kireç üretimi (Mineral Ürünler)		CO2	2 628.30	2 290.53	0.01	0.52	93.81
1.B.2.b	Doğalgaz		CH4	1 998.51	143.70	0.01	0.51	94.32
1.A.2.	Üretim ve inşaat endüstrileri	Other fossil fuels	CO2	1 605.75		0.01	0.48	94.80
3.B.	Hayvansal atık yönetimi		CH4	3 159.66	2 352.09	0.01	0.39	95.19

Miktar yönünden;

4.A.1. Orman alanları

4.A.2. Ormana dönüşen alanlar

4.G. Odun ürünleri

4.C.2. Meraya dönüşen alanlar

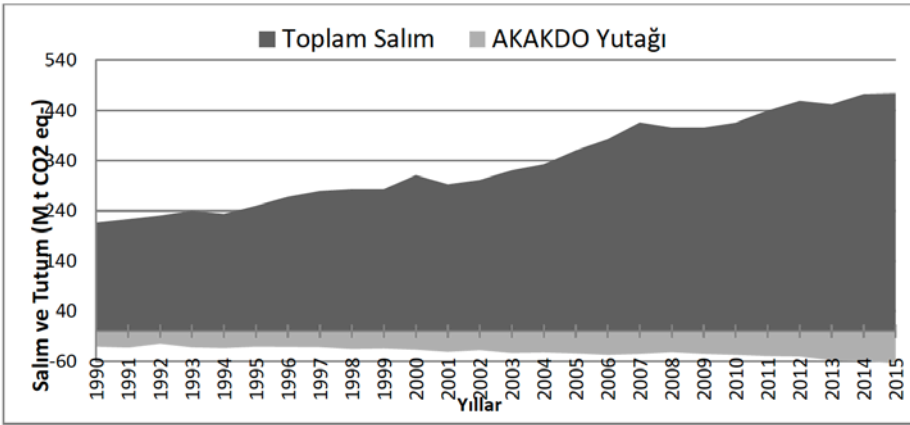
Trend yönünden de yukarıdakilere ek olarak;

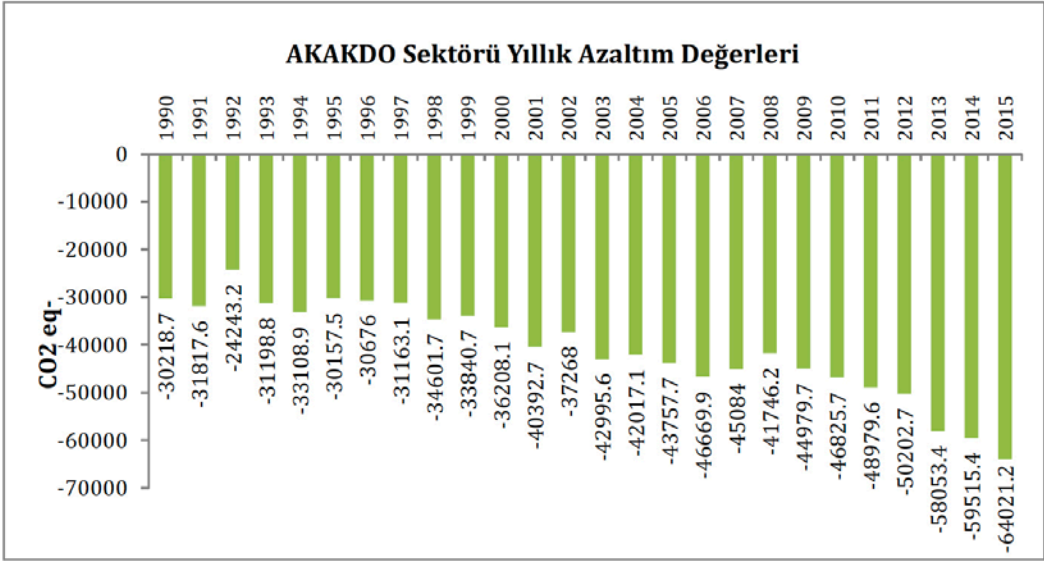
4.D.2. Sulak alana dönüşen alanlar

4.B.2. Tarım alanına dönüşen alanlar

Anahtar kategori olarak belirlenmiştir. Bu belirlenen kategorilerin Tier 2 seviyesinde hesaplanması gerekmektedir.

TÜİK daha sonra tüm verileri ve NIR raporlarını toplayıp bir dökümanda birleştirip BMİDÇS sekreteryasına gönderir. Sekreteryaya gönderilen son envanter rakamlarına göre Türkiye'nin AKAKDO sektöründeki toplam tutum miktarı 2013 yılında 60 M ton CO₂ eq-1 ya ulaşmıştır (Şekil 24). Bu tutum miktarında en önemli kategori orman alanlarıdır.





Şekil 24. AKAKDO Sektörü azaltımlarının zamansal değişimi.

AKAKDO sektörü, Türkiye'nin toplam karbon salımının %13'ünü dengeleme (offset) kapasitesine sahip olmakla beraber bağlayıcı bir anlaşma söz konusu olursa bunun ancak belli bir kısmını azaltım birimi olarak kullanabilecektir. Örneğin Kyoto Protokolü 2. Dönemi'nde (KP2) Türkiye'nin azaltım taahhüdü olsaydı aşağıdaki kategorilerden elde edeceği azaltım miktarı 30 milyon RMU'yu (Removal Unit) geçemezdi. Zira mevcut raporlamalarda orman alanlarındaki tüm tutumlar raporlanmaktadır. Oysaki aşağıda verilen tüm aktivite bazlı kategorilerde farklı muhasebe gerçekleştirilmektedir. Örneğin orman yönetiminde referans seviyesi yaklaşımı söz konusudur. Her ülke ileriye dönük bir referans seviye projeksiyonu yapmakta, herhangi bir yıl için muhasebe yapılacağı zaman ise gerçekleşen tutum miktarı referans değerle karşılaştırılmaktadır. Referans değer, tutumdan yüksek ise salım, tutumdan düşük ise azaltım kredisi hesaplanmaktadır.

- ARD (Ağaçlandırma/Yeniden ağaçlandırma/Ormansızlaşma)
- Orman yönetimi (Forest management)
- Tarım alanı yönetimi (Cropland management)

- Mera alanı yönetimi (Grazing land management)
- Bitkilendirme (Revegetation)
- Sulak alan drenajı ve yeniden su sağlama (Wetland drainage and rewetting)

Diğer bir sebep de KP kapsamında azaltım katgeorilerinde bazı kurallar ve sınırlandırmaların olmasıdır. Örneğin Orman yönetimi (Forest Management) aktivitesinden sağlanabilecek en yüksek tutum değeri baz yıl toplam salımının %3.5'ini geçemez kuralı bu kapsamdadır. KP1 ve KP2 kapsamındaki hesaplama yöntemleri şu şekildedir;

Ek-1 ülkelerinin sera gazı envanterleri 2 bölümden oluşur.

1- Ortak Raporlama Formatı (CRF) tablosu: Bu tabloda ülkenin sera gazı envanter hesaplama sonuçlarına yer verilir. CRF tablosunda sektörel veriler aşağıdaki sırayla yer alır. Tarım 4 no'lu tablolarda, AKAKDO ise 5 no'lu tablolarda raporlanmaktadır. 2015 raporlamasında CRF tablo formatı bir miktar değişiklik gösterecektir. Tablo 3 kaldırılacak, dolayısıyla altındaki tarım, AKAKDO ve atık sektörlerinin tablo numaraları değişecektir. Sondaki özet tablo, yeniden hesaplama, vb. kısımları da bir ölçüde değişecek fakat içerik büyük ölçüde korunacaktır. 2014 raporlamalarında tablo düzeni aşağıdaki gibidir.

Tablo 1.Enerji (Energy)

Tablo 2.Endüstriyel İşlemler ve Diğer Ürünlerin Kullanımı (Industrial Processes and Products Use)

Tablo 3. Tarım (Agriculture)

Tablo 3.A.Enterik Fermentasyon (Enteric Fermentation)

Tablo 3.B.Hayvansal Atık Yönetiminden CH₄ Salımı (CH₄ Emissions from Manure Management)

Tablo 3.B.b. Hayvansal Atık Yönetiminden N₂O Salımı (N₂O Emissions from Manure Management)

Tablo 3.C.Pirinç Ekiminden CH₄ Salımı (Rice Cultivation)

Tablo 3.D.Tarım Topraklarından N₂O Salımı (Agricultural Soils)

Tablo 3.E.Tropikal Çayırıkların Kontrollü Yakılması (Prescribed Burning of Savannas)

Tablo 3.F.Anız Yakma (Field Burning of Agricultural Residues)

Tablo 3.G-I.Kireçleme, Üre Uygulaması ve Diğer Karbon İçeren Gübreler (CO₂ emissions from liming, urea application and other carbon-containing fertilizers)

Tablo 4.AKAKDO Sektörel Rapor

Tablo 4.Arazi Değişim Matrisi (Land Transition Matrix)

Tablo 4.A.Orman Alanları (Forestland)

Tablo 4.B.Tarım Alanları (Cropland)

Tablo 4.C.Mera Alanları (Grassland)

Tablo 4.D.Sulak Alanlar (Wetlands)

Tablo 4.E.Yerleşimler (Settlements)

Tablo 4.F.Diğer Alanlar (Other land)

Tablo 4.(I).Gübreleme Sonucu Ormanlardan Doğrudan N₂O Salımı

Tablo 4.(II).Toprak ve Sulak alan Drenajı Sonucu CO₂ Dışı Gaz Salımı

Tablo 4.(III).Tarım Alanına Dönüşen Alanlardan N₂O salımı

Tablo 4.(V).Biyokütle Yakılması

Tablo 5.Atık (Waste)

Tablo 6.Özet Tablo (Summary Table)

Tablo 7.Yeniden Hesaplama (Recalculation)

Tablo 8.Bütünlük (Completeness)

Tablo 10s1. CO₂ Salım Yönelimleri (CO₂ Emission Trends)

Tablo 10s2. CH₄ Salım Yönelimleri (CH₄ Emission Trends)

Tablo 10s3. N₂O Salım Yönelimleri (N₂O Emission Trends)

Tablo 10s4. HFC, PFC, SF₆ Salım Yönelimleri (HFC, PFC, SF₆ Emission Trends)

Tablo 10s5. Salım Yönelimleri Özeti (Emission Trends Summary)

CRF tablosunda yer alan tablolar arasında farklılık göstermekle beraber;

1. Kategori (Örn. Ormana dönüşen alanlar)

2. Alt Bölüm (Örn. Yarı kurak-İğne yapraklı veya sıcak-kurak)

3. Aktivite verisi – Alan (kHa) (Toplam alan, Organik Toprak Alanı)

4. Biyokütlede karbon stok değişimi Kazançlar, Kayıplar ve Net değişim (Gg C/ha)

5. Ölü organik maddede Net Karbon Stok Değişimi (Gg C/ha)

6. Mineral ve organik toprakta Net Karbon Stok Değişimi (Gg C/ha)

7. Madde 4, 5, ve 6'da verilen Karbon Stok Değerlerinin alana bölünmesiyle her bir karbon havuzu için elde edilen emisyon faktörleri (IEF: Implied Emission Factors) de tabloda yer alır.

8. Son olarak da C stokunun CO₂ eşdeğeri işareti (+ ise -, - ise +) değiştirilerek hesaplanır ve son sütuna yazılır

Hesaplama yapılmayan hücreler için ise Notasyon Simgeleri (Notation Key) kullanılır. Bunlar;

NO: Not occurring – Bir ülkede herhangi bir kategoride yer almayan aktivite veya işlemler için kullanılır. Örneğin bir ülkede ormancılık uygulamaları içinde gübreleme yer almıyorsa bu kategori için NO notasyon simgesi kullanılmalıdır. Envanterde bazı basılı kaynaklar ve dökümanlarla belgelenmelidir veya en son seçenek olarak da uzman görüşü ile bu durum açıklanmalıdır.

NE: Not estimated – Gerçekleştiği bilinen fakat raporlanmayan veya belli bir sebepten ötürü raporlanamayan salım ve tutumlar için kullanılır. CO₂, N₂O, CH₄, HFCs, PFCs, veya SF₆ gazlarının salım ve tutumları ile ilgili olarak kullanıldığında neden hesaplama yapılmadığı ve raporlanmadığı NIR raporu ve CRF bütünlük tablosunda açıklanmalıdır. Bir ana kategori için kullanılacaksa mutlaka sıfır emisyon veya tutum koşulu açıklanmalıdır. Örneğin degrade meraların iyileştirilmesi durumunda topraküstü biyokütlede C kazancı olacağı açıktır. Bu kazanç hesaplanamıyorsa NE notasyon simgesi kullanılıp NIR raporunda da bu aktivitenin aslında C kazancı ortaya çıkardığı fakat hesaplama yapılamadığı ifade edilir. Bu açıklama içerisinde bazı literatür verilerinin yer alması açıklamayı güçlendirecektir. Öte yandan iyi durumdaki meraların bozulması durumunda yani tam ters koşulda NE notasyon simgesinin kullanılması envanterin “doğruluğu” açısından sorun çıkartır. Bu kategori (Grassland remaning Grassland veya KP altında Grazing Land Management) eğer anahtar kategori ise ve raporlamayı yapan ülke bir Kyoto Ek B Ülkesi (azaltım taahhüdü olan) ise bu durumda çok ciddi bir sorun ortaya çıkması kaçınılmazdır. Türkiye'nin sera gazı envanterinde NE kullanılan alt kategoriler bulunmaktadır. Türkiye Kyoto Ek B listesinde yer olmadığından bu tip durumlar sadece uyarı ile geçiştirilmektedir. Zaman içinde çeşitli nedenlerle (genellikle aktivite verisi olmaması nedeniyle) hesaplama yapılmayan bu alt kategorilerin hesaplamaya dâhil edilmesi gerekir.

NA: Not applicable - Belli bir kaynak veya tutum kategorisinde söz konusu sera gazı için bir salım veya tutum gerçekleşmiyorsa kullanılır. CRF tablosunda bu tip hücreler zaten karartılmıştır ve veri girilmez. Dolayısıyla çok nadir durumlarda kullanılan bir notasyon simgesidir.

IE: Included elsewhere – Hesaplanan fakat tablonun başka bir yerinde verilen salım ve tutum değerleri için kullanılır. Eğer kullanıldıysa, bütünlük tablosunda durum açıklanmalıdır.

C: Confidential - Gizli bir bilginin açığa çıkmasına neden olabilecek salım ve tutumlar için kullanılır.

2- Ulusal Envanter Raporu (NIR): Bu rapor CRF tablolarınada yer alan hesaplamaların nasıl yapıldıkları ile ilgili bilgilerin derlendiği dökümandır. Tablolarla aynı sıra dâhilinde sektörel hesaplamalar açıklanır. Bu bilgiler;

- Sera gazı salım ve tutum oranları ile ilgili olarak sektör ve kategori özeti ve genel değerlendirmesi
- Kullanılan aktivite verileri ve hesaplama altlık oluşturan veri setleri
- AKAKDO sektörüne özel olarak arazi kullanma sınıflarının envanterde nasıl tanımlandığı (örn. hangi orman tanımının kullanıldığı, mera tanımı, sulak alan, tarım alanı, yerleşim ve diğer alanların nasıl tanımlandığı ve ne tip arazileri kapsadığı veya kapsamadığı)
- Arazi kullanma altlıklarının açıklanması
- Emisyon faktörlerinin nasıl hesaplandığı
- Yöntemler, denklemler ve önceki yıllardaki hesaplama yöntemlerinde değişikliğe gidilip gidilmediği
- Yeniden hesaplama yapılmışsa (recalculation) nedenleri ve önceki hesaplamadan farkları
- TACCC (Şeffaflık, Doğruluk, Bütünlük, Tutarlılık, Karşılaştırılabilirlik) ilkelerinin envanterde nasıl yer bulduğu
- Planlanan iyileştirmeler olarak özetlenebilir.

17.

ORMANCILIK
VE KARBON
TİCARETİ

Ormanlık ve karbon ticareti konusunu irdelemeden önce karbonun bedeli (carbon price) kavramının anlaşılması gerekmektedir. Karbonun bedeli kavramı, azaltım anlamında oldukça olumlu bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Karbonu salan kişi ve kurumların bunun bedelini ödemesi gerektiği mantığını temel almaktadır. Bundan yola çıkılarak 1 ton CO₂ salımının atmosfere salımı için bir bedel hesaplanmalıdır. Bunun için de farklı yaklaşımlar söz konusu olabilir. Karbon vergisi ile bedel ödetilebilir. Örneğin uçak bileti gibi sera gazı salımına neden olabilecek her türü faaliyete vergi konulabilir. Diğer bir yaklaşım ise sınırlandırma ve ticarettir (cap and trade). Bu yaklaşımda ülke ve ülkedeki her sektör için üst salım miktarı belirlenir (allowances) ve bunun aşılması için karbon ticaretinin yapılması sağlanır. Fazla karbon salanlar az salanların kredilerini satın alarak salım seviyelerini dengelerler. Bu durum ise ortaya karbon piyasalarının çıkmasını sağlar. Dünyada uluslararası iklim değişikliği ile mücadele sürecinin ortaya çıkardığı iki tür karbon piyasası bulunmaktadır; zorunlu (compliance) ve gönüllü (voluntary) karbon piyasaları. Zorunlu karbon piyasası sera gazı emisyonlarını yasal olarak hesaplamak zorunda olan şirket ve devletlerce kullanılmaktadır. En çok bilinen örneği ETS (AB Karbon Ticaret Piyasası) olup bu piyasalara sera gazı azaltım politikaları yön vermektedir. Gönüllü piyasalarda ise karbon kredisinin ticareti gönüllülük esasına dayanmaktadır. Bu iki karbon piyasa sisteminin boyutları çok farklıdır. Zorunlu karbon piyasalarının değeri 2008 yılında 119 milyar dolarken, 2011 yılında artış göstererek 176 milyar dolara çıkmış (piyasa hacmi yaklaşık 10.3 milyar ton CO₂ eq.), gönüllü piyasaların değeri ise 2008'de 704 milyon dolardan, 2012 yılında 524 milyon dolara (piyasa hacmi yaklaşık 100 milyon ton CO₂ eq.) düşmüştür (Hamilton ve ark., 2009; Peters-Stanley ve Yin, 2013). Zorunlu piyasaların tüm karbon piyasa hacmindeki payının yaklaşık %99 olduğu görülmektedir.

Türkiye'de ise Nisan 2014 itibariyle 308 proje gönüllü karbon piyasasına konu olmuştur. Bunların yaklaşık yarısını hidroelektrik santralleri (HES), üçte birini ise rüzgâr santralleri (RES) oluşturmuştur. Atık, enerji verimliliği ve jeotermal santraller ise daha geri planda kalmıştır. Bu projelerin toplam azaltım kapasitesi 21 milyon ton CO₂ eşdeğerine yakındır. Gönüllü karbon piyasasına konu olan projeler Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca 9 Ekim 2013 Tarihli ve 28790 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Gönüllü Karbon Piyasası Proje Kayıt Tebliği kapsamında kayıt altına alınmaktadır. Bu tebliğe göre, Türkiye'de Gönüllü Karbon Piyasaları kapsamında karbon sertifikası elde eden proje sahiplerinin projelerine ait proje tasarım belgesi, onaylama raporu ve doğrulama raporlarını, projenin karbon sertifikasının elde

edilmesini müteakip 30 gün içerisinde <http://online.cevre.gov.tr/> web adresinden Bakanlığa iletmeleri gerekmektedir.

Küresel düzlemde ise 2012 itibariyle liderlik %20 ile RES'lerde olup bunları %12 ile ağaçlandırma/yeniden ormanlaştırma, %9 REDD+ ve ormansızlaşmanın önlenmesi, %8 temiz ocak fırını dağıtılması, %7 büyük HES projeleri takip etmektedir. Sürdürülebilir ve iyileştirilmiş orman yönetimi projelerinin payı ise %5 olarak gerçekleşmiştir. Böylece 2012 yılında ormancılık ve arazi kullanımı konulu projelerin toplam oranı %32 olarak gerçekleşmiştir (Peters-Stanley ve Yin, 2013).

Bu rakamsal verilerden gönüllü piyasaların önemsiz olduğu anlaşılmalıdır. Gönüllü piyasalar Kyoto mekanizmasına dahil olmayan ülkelerde önemli bir azaltım aracıdır. Gönüllü karbon piyasalarının bazı avantajları şu şekilde sıralanabilir (Bayon ve ark., 2009; Arı, 2013);

- Düşük işlem maliyeti ve daha az bürokratik prosedür
- İnovatif ve yaratıcı proje konuları
- Başlangıç için genellikle finansal kaynak gerektirmemeleri

Gönüllü karbon piyasalarından yararlanılabilen Türkiye'de bu sayede gerçekleştirilecek azaltım potansiyeli yenilenebilir enerji, enerjinin etkin kullanımı ve atık sektörlerinde 2013-2020 dönemi için 1.72 milyar ton olarak hesaplanmaktadır (Arı, 2013).

Kyoto Protokolü 3 esneklik mekanizmasını ortaya çıkarmıştır. Bunlar CDM (Temiz Kalkınma Mekanizması), JI (Ortak Uygulama) ve CM'dir (Karbon piyasaları). Bazı ülkeler, Kyoto Protokolünü kabul etmemiş olsalar bile bölgesel olarak zorunlu azaltım düzenlemeleri uygulayabilmektedir (Örn. ABD, Avustralya). Gelişmekte olan ülkeler ise yalnızca CDM mekanizmasından yararlanabilmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ölçekli ormancılık projeleri, daha geniş anlamda AFOLU projeleri için gönüllü karbon piyasası ve CDM alternatiflerinden söz edilebilir. Fakat CDM mekanizması daha karmaşık bir süreç olduğundan daha çok gönüllü piyasalara yönelmektedir.

Geliştirilecek AFOLU projelerinde üzerinde durulması gereken bazı kurallar şunlardır;

Katkısalılık (Additionality): Emisyon azaltımları veya tutumlar, projersiz duruma göre katma bir etki

yaratmalıdır. Yani proje BAU (business as usual - normal gidişat) duruma göre fazladan alım veya tutum sağlıyor olmalıdır. Ülkemizde geliştirilebilecek ağaçlandırma projeleri için katma etki düşüktür çünkü kamu kurumlarınca yüksek oranda ağaçlandırma yapıldığı birçok kaynakta ve ortamda ifade edilmektedir.

Süreklilik (Permanence): Karbon tutum veya emisyon azaltımının süresi önemlidir. Doğal veya insan etkisiyle (taşkın, yangın, hastalık zararı vb.) proje zarar görebilir. Dolayısıyla AFOLU projelerinde, özellikle ormancılık projelerinde geçici bir kredilendirme sistemi geliştirilmiştir. Bu kredilendirme genellikle 5-30 yıl arası sürede sonlanır, sonra yenilenebilir veya yeniden satılabilir.

Kaçaklar (Leakage): Bazı proje aktiviteleri sera gazı salımı yönünden istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Örneğin orman kesiminin önlendiği bir yörede insanlar başka yörelere göç edip başka ormanlara zarar verebilir. Projenin ilk başta pek kestirilemeyen bu tip kararlı etkileri sonuca olumsuz etki edebilir.

Ülkemiz ne yatırımcı ne de ev sahibi olarak CDM projelerinde yer almaktadır; o nedenle bu konuya burada fazla yer verilmemiştir. Daha çok gönüllü karbon piyasalarına ağırlık verilmiştir. Fakat CDM mekanizmasını kısaca özetlemek gerekirse; Kyoto'ya taraf gelişmiş bir ülke (Kyoto Ek-B listesi) gelişmekte olan bir ülkede emisyon azaltım projesi gerçekleştirmektedir. Bu proje yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu veya ağaçlandırma olabilir. Bu sayede yatırımı yapan gelişmiş ülke tarafından sertifikalandırılmış emisyon azaltımı (Certified Emission Reduction - CER) kredileri kazanılmakta ve emisyon hedeflerini tutturmakta kullanılmaktadır. Ev sahibi ülkeye ise çevresel kazançlar, yatırım ve teknoloji transferi, işlendirme gibi getirileri olmaktadır. Tüm projelerin CDM Yönetim Kurulunca onaylanmış sağlam izleme yöntemleri bulunmalıdır. CDM mekanizmasına konu olabilecek AFOLU proje konuları şunlardır;

Tarım sektöründe;

- Hayvansal atıklarda metan salımını azaltma (manure management)
- Biyogaz projeleri
- Tarımsal atıklarda biyokütle enerjisi

Ormanlık sektöründe;

- Ormanlaştırma
- Yeniden ormanlaştırma

CDM mekanizmasının kuralları ve kapsamı diğer birçok araç gibi sürekli bir değişim içerisinde. Farklı proje tipleri zaman zaman kapsama alınmakta veya çıkarılmaktadır. Bu süreç BMİDÇS içerisinde yürümektedir¹⁸.

Gönüllü piyasalar ormanlık ve tarım bakımından daha büyük avantajlar içermektedir. Gönüllü karbon kredileri doğrulanmış emisyon azaltımı (Verified Emission Reductions - VER) genellikle özel sektöre satın alınmaktadır. Halka ilişkiler, şirket imajı, sosyal sorumluluk gibi nedenlerle şirketler karbon kredisi alma yoluna gitmektedir. Özellikle Avrupa'da bazı havayolu şirketleri uyguladıkları çevreci politikalar kapsamında karbon ayak izlerini ortadan kaldırmak üzere karbon kredisi almaktadır. Alımlar doğrudan projeleri destekleyerek veya karbon fonlarından olabilmektedir. Ormanlık projeleri çevresel yararları göz önünde bulundurulduğunda bu bakımdan avantajlıdır¹⁹.

Öte yandan ağaçlandırma (Afforestation/Reforestation) veya karbon odaklı orman yönetimi (Improved Forest management) konularında herhangi bir proje gönüllü piyasalara konu olmamıştır. Bunun başlıca nedenleri arasında;

- Ağaçlandırmaya konu olabilecek verimli geniş alanların olmaması
- Bu alanların yasal statüsü (mülkiyet ve kullanma hakkı) ile ilgili sorunlar
- Mevcut uluslararası projelendirme giderlerinin yüksek oluşu
- Karbon piyasa fiyatının odun hammaddesi ve suya göre çok düşük olması. Bunun sonucu elde edilecek gelirin düşük olması

¹⁸ Son gelişmeler ve daha ayrıntılı bilgiler için önerilebilecek web siteleri;

<http://cdmrulebook.org/>

<https://cdm.BMİDÇS.int/>

<http://www.itto.int/>

<http://cdmpolicydialogue.org>

¹⁹ İlgili web sayfaları;

<http://www.forestcarbonportal.com/>

Konuyu açıklamak bakımından bir örnek vermek gerekirse.

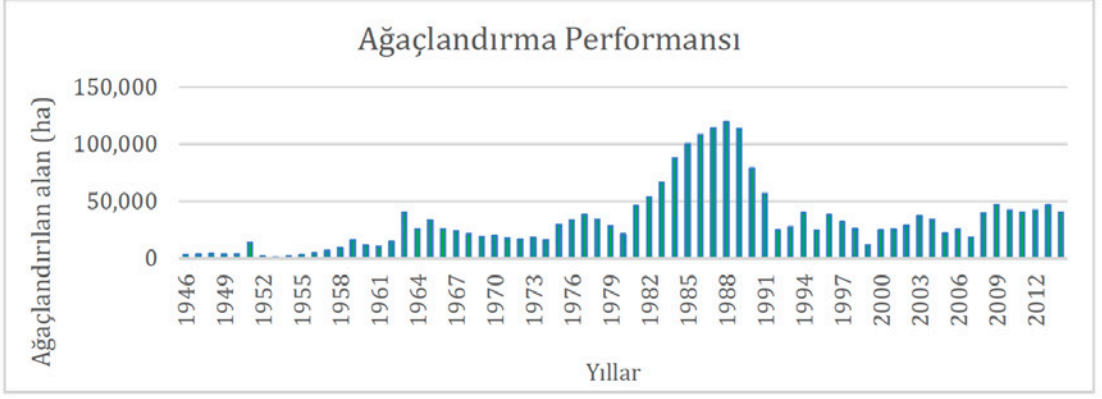
Kaba bir hesapla hızlı gelişen bir orman ağaç türünün hektardaki artımı yıllık 10 m3 civarı olup bunun hektardaki tutum değeri yaklaşık $(= Iv \cdot BCEFI \cdot CF)$ 8 ton CO₂ eşdeğeri/yıl olacaktır. Bu da projelendirme masrafları hariç hektarda yıllık en fazla 80 USD anlamına gelir. Öte yandan odun hammaddesinin değeri hesaplanmak istenirse, fiyatı çok değişken olmakla beraber m3 fiyatı en az 50 USD'tür. Yani 10 m3 için en az 500 USD. Su verimini hesaplırsak. Yağışın 800 mm olduğu bir yöreden bahsediyorsak akış katsayısı 0.4 alınsa elde edilecek su miktarı $(= P \cdot Rc)$ 320 mm yani 320 m3'tür. Birim fiyatı yaklaşık 1 USD alındığında 320 m3 su da 320 USD gelir anlamına gelmektedir.

Bu hesaplama genel piyasa rakamları ile yapılmış sadece indikatif bir değerlendirmedir. Yöreye ve koşullara göre büyük değişiklikler gösterebilir. Ayrıca karbon fiyatı ile ilgili birden çok yaklaşım (gölge fiyatı vbç) vardır. Burada yaklaşık gönüllü piyasa rakamı kullanılmıştır.

Tabii ki karbon tutan bir orman ekosistemi aynı zamanda odun, su üretimi ve benzeri ekosistem hizmetlerini de sağlayacaktır fakat karbonun bir yönetim hedefi olması için karbon piyasa fiyatının daha yüksek olması gerekmektedir. Bu da daha istekli azaltım politikaları ve ulusal/küresel bazda iklim değişikliği ile ilgili daha ciddi politikalar sayesinde olabilir.

▪ Ormanlık ve arazi kullanım projelerinin temel sorunları olan katkısallık, süreklilik ve karbon kaçığı konularının ortaya çıkarabileceği riskler. Örneğin devletin yüksek hızda ağaçlandırma yaptığı bir dönemde özel sektör tarafından yapılacak bir ağaçlandırma projesinin katkısallığı düşük görünebilir. Ayrıca çabuk değişen politik ve yasal altyapı yanında arazi kullanma değişiklikleri projenin sürekliliğini zedeleyebilir

Ülkemizde devlet tarafından gerçekleştirilen ağaçlandırma hızı oldukça yüksektir. Türkiye'nin ağaçlandırma hızının son 10 yıl ortalaması 36.200 ha olup bu alanın tamamına yakını orman arazisindedir (Şekil 25). Bu durum aslında önemli bir avantajı beraberinde getirmektedir. Zira orman dışı arazilerde yapılacak herhangi bir ağaçlandırma katma etki sağlama potansiyelindedir.



Şekil 25. Ülkemizin 1948-2014 dönemi ağaçlandırma karnesi.

Fotoğraf 15: Kahramanmaraş'ta baraj havzası ağaçlandırmaları.



18.

REDD+

Ormansızlaşmanın veya orman bozulmasının azaltılması veya daha iyi yönetilmesi ile atmosfere sera gazı salımı azaltılabilir. Bu proje kavramı REDD+ kapsamında ele alınmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşma ve orman bozulmasından kaynaklanan salımların azaltılması (REDD) BMİDÇS gündemine 2005 yılında girmiş, REDD+ olarak kabul edilmesi 2013 yılındaki Varşova taraflar toplantısını (COP 19) bulmuştur. Varşova taraflar toplantısı REDD+ ağırlıklı kararlarla bilinmektedir. REDD+ Varşova Çerçevesi olarak bilinen kararlar grubu sadece ormansızlaşmayı ve orman bozulmasını değil 1/CP.16 paragraf 70'de bahsedilen;

- a) Ormansızlaşmadan kaynaklanan salımların azaltılması
- b) Orman bozulmasından kaynaklanan salımların azaltılması
- c) Orman karbon stoklarının korunması
- d) Ormanların sürdürülebilir yönetimi
- e) Orman karbon stoklarının artırılması

aktivitelerini de kapsamaktadır. BMİDÇS kapsamında 2007-2012 yılları arasında aşağıdaki 6 REDD+ kararı alınırken;

- 2/CP.13 (COP 13 Bali) – REDD tanınmıştır
 - 4/CP.15 (COP 15 Copenhagen) – REDD+ metodolojisi kabul edilmiştir
 - 1/CP.16 (COP 16 Cancun) – Cancun kararları kapsamında Uzun Dönem İşbirliği Aksiyonu Çalışma Grubu (Ad-HOC LCA) sonuçları kabul edilmiştir
 - 2/CP.17 (COP 17 Durban) – REDD+ uluslararası gözden geçirme süreci kabul edilmiştir
 - 12/CP.17 (COP 17 Durban) – Koruyucu prensipler (Safeguards) ve orman referans seviyesi/Orman referans salım seviyesi konularında kılavuz kararlar alınmıştır
 - 1/CP.18 (COP 18 Doha) Bali Eylem Planı sonuçları kabul edilmiştir
- 2013 yılındaki COP 19 Varşova toplantısında buna 7 karar daha eklenmiştir. Bunlar;

- 9/CP.19 – Yukarıda bahsedilen 1/CP.16 paragraf 70 bahsi geçen aktivitelerin tam anlamıyla uygulanabilmesi için sonuç bazlı finansal destekle ilgili iş programı
- 10/CP.19 – REDD+ desteklerinin koordinasyonu
- 11/CP.19 – Ulusal orman izleme sistemlerinin kural ve kaideleri
- 12/CP.19 – Koruyucu prensiplerin REDD+ a uyarlanması
- 13/CP.19 – Orman referans seviyesi ve/veya orman referans salım seviyesi bildirimlerinin teknik analizi ile ilgili kılavuz ve prosedürler
- 14/CP.19 – MRV kuralları
- 15/CP.19 – Ormansızlaşma ve orman bozulmasına neden olan etkenlerin ortaya konulması

Gelişmekte olan ülkelerin sonuç bazlı destek kapsamında REDD+ desteği almaları için İki Yıllık Güncelleme Raporlarına (BUR) REDD+ eki hazırlamaları gerekmektedir. Bu ekte bildirilen REDD+ aktiviteleri; BMİDÇS amaçları ile paralellik göstermeli ve katkı sağlamalı, ülke tarafından yürütülmeli, çevresel bütünlük ilkesine ve ormanların çoklu fonksiyonlarına uyumlu olmalı, ulusal kalkınma hedefleri ile uyumlu ve yürütüldüğü ülkenin yasal ve yönetsel yapısına saygılı olmalı, yürütüldüğü ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedef ve ihtiyaçları ile uyumlu, fakirlikle ve iklim değişikliği ile mücadeleye destek verecek nitelikte olmalı, ülkenin uyum ihtiyaçlarını dikkate alan, belli finansal destekler sayesinde teknoloji transferi ve kapasite geliştirmeyi de dikkate alacak şekilde sonuç bazlı ve ormanların sürdürülebilir yönetimini destekleyici yönde olmalıdır.

Gelişmekte olan bir ülkede REDD+ projeleri yapılacaksa: a) ulusal bir strateji veya eylem planı; b) orman referans seviyesi ve/veya orman referans salım seviyesi; c) REDD+'a yönelik ulusal orman izleme sistemi, d) koruyu prensiplerin nasıl uygulandığı ve dikkate alındığına yönelik bir sistemin oluşturulması gerekmektedir. Bunlara REDD+ bileşenleri de denilebilir.

REDD+ proje uygulamaları için ulusal sistem geliştirilmesinde 3 aşama söz konusudur. Bunlar; Faz 1 Hazırlık (Readiness) – Ulusal stratejilerin, politika ve önlemler yanında kapasite geliştirilmesi aşaması,

Faz 2 Geçiş, uygulama ve kapasite geliştirme – Politika ve önlemlerin uygulanması, bölgesel demonstratif aktiviteler ve kapasite geliştirme,

Faz 3 Tam uygulama – Sonuç bazlı aktivitelerin ulusal bazda tam uygulaması, raporlanması ve doğrulanması. Bu aşamaya ulaşan gelişmekte olan ülkeler sonuç bazlı finansal kaynak kullanmaya uygun hale gelmiştir.

Gelişmekte olan ülkelerin REDD+ kapsamında finansal desteğe ulaşabilmesi için Faz 3' tamamlamış olmanın yanında orman referans seviyesi ve/veya orman referans salım seviyesi bildirimleri ile BUR raporlarındaki REDD+ eklerinin teknik gözden geçirme sürecine dâhil olması gerekmektedir.

BUR Raporları, gelişmekte olan ülkelerin gerçekleştirdikleri iki yılda bir yayınlanan bir raporlama türüdür.



19.

İKLİM
PROJELERİNDE
FİNANSMAN

Bu kısımda iklim değişikliği ile mücadele projelerinin tipik finansman kaynaklarına değinilmiş, ayrıntılar için ilgili web sayfalarına yönlendirilmiştir.

İklim değişikliği ile mücadele projeleri finansman yönünden en şanslı proje grubuna girmektedir zira küresel ölçekte benzer diğer konulara (çölleşme, biyoçeşitlilik vb.) nazaran daha yüksek bir desteklenme potansiyeline sahiptirler. Bunun başlıca nedeni BMİDÇS müzakere sürecinde fazla sayıda ve yüklü fonların oluşturulmuş olmasıdır. Yeni iklim anlaşması bu konuda oldukça iddialıdır. Nitekim bu çerçevede kurulan Yeşil İklim Fonunun 2020 itibarıyla 100 milyar dolar yıllık bütçeye ulaşması hedeflenmiştir. Olası fon kaynakları sıralanacak olursa;

Global Environment Facility (GEF) Fonu (<https://www.thegef.org/>)

1992 yılında gerçekleştirilen Rio Dünya Zirvesi'nin hemen öncesinde kurulmuştur. Fon kapsamında bugüne dek 183 ülkede proje faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. 18 partner kuruluş (Birleşmiş Milletler kuruluşları, kalkınma bankaları, uluslararası STK'lar ve ulusal kuruluşlar) aracılığıyla tüm çevre konularında proje finansmanı yapmaktadır. Çevre ile ilişkili 5 uluslararası anlaşmaya destek sağlamaktadır. Bunlar;

- i. Civa konusunda Minamata Sözleşmesi,
- ii. Kalıcı Organik Kirleticiler İçin Stockholm Sözleşmesi (POPs),
- iii. Birleşmiş Milletler Biyoçeşitlilik Sözleşmesi (UNCBD),
- iv. Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD)
- v. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)

Fon kapsamında son yıllarda desteklenen başlıca konu başlıkları tehlike altındaki ekosistemler, iklim değişikliğinin etkilerine uyumlu ve dayanıklı kentleşme, gıda güvencesi ve temiz enerjidir. Fon 1 dolarlık proje bütçesine 5.2 dolar katkı sağlamaktadır. Dörder yıllık periyotlarda yenilenen GEF bütçesi halen 6. dönemindedir. GEF tarafından bugüne dek desteklenmiş olan projelerle ilgili bazı ayrıntılar vermek gerekirse;

- Toplam 790 iklim değişikliği azaltım projesine destek verilmiş, bu sayede 2.7 milyar ton sera gazının salımı önlenmiştir
- Toplam 130 ülkede iklim değişikliğine uyum projesi desteklenerek yaklaşık 15 milyon insan yaşamına bu yönde olumlu katkı sağlanmıştır
- Toplam 3300 korunan alanın oluşturulmasına destek verilmiştir

GEF Fonu Türkiye’de yürütülmüş olan 58 projeye destek vermiştir. Ortalama proje bütçesi 5.6 milyar dolar, toplam destek 1 milyar doların az üzerindedir. Halen yürürlükte olan GEF-6 (2014-2018) döneminde Türkiye’ye 26.9 milyon dolar destek sağlanmış, bunun yarısı hâlihazırda kullanılmıştır. Fonun politik odak noktası Hazine Bakanlığı, İşlevsel odak noktası ise Orman ve Su İşleri Bakanlığı’dır.

GEF Fonu genellikle devlet proje ve programlarına destek sağlamaktadır. Devletler çeşitli uygulayıcı aracı kurumlar aracılığıyla bu fondan yararlanmaktadır. Bu aracı kurumlar; araştırma kurumları, sivil toplum kurumları veya özel şirketler olabilir. Türkiye deki aracı kurumlar;

- BM Gıda ve Tarım Örgütü (UNFAO)
- Dünya Bankası (WB)
- BM Kalınma Programı (UNDP)
- BM Çevre Programı (UNEP)
- BM Endüstriyel Kalkınma Örgütü’dür (UNIDO)

Proje başvuruları bu kurumların ilgili devlet kurumları ile ortak çalışmaları sonucu GEF’e iletilmektedir. Yeşil İklim Fonu (GCM) (<http://www.greenclimate.fund/>)

Yeşil İklim Fonu, kuruluş amacını geliştirmekte olan ülkelerde düşük karbon ekonomisine ve iklim değişikliğine dayanıklılığı artırıcı kalkınmaya destek olarak açıklamaktadır (<http://www.greenclimate.fund/home>). Fon, BMİDÇS kapsamında 2009’daki Kopenhag taraflar toplantısında önerilmiş, 2010 Cancun’da kurulmuştur. Fonun 2020 yılında yıllık 100 milyar dolara ulaşması hedeflenmektedir. Hâlihazırda 10 milyar dolar seviyesine ulaşan bütçenin uyum ve azaltımı aynı oranda (50:50) desteklemesi öngörülmektedir. Fon yönetiminin merkezi Songdo, Güney Kore’dedir. Fonun ilk destekleme kararları, 2015 yılında Paris Taraflar Toplantısı’nın hemen öncesinde verilmiştir.

Yeşil İklim Fonu, gelişmekte olan ülkelerde Ulusal Yetkili (National Designated Authority) belirlemiştir. Proje önerileri ve süreçlerinde bu kişiler odak noktası görevi görmektedir. Ülkemizin NDI sorumluluğu Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı altındaki Dış Ekonomik İlişkiler Genel Müdürlüğü'ndedir. Yeşil İklim Fonundan yararlanıp yararlanamayacağımız konusunun Paris Anlaşması sürecinde netleşmesi beklenmektedir.

Adaptasyon Fonu (AF) (<https://www.adaptation-fund.org/>)

Adaptasyon (Uyum) Fonu gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliğine uyumu ve zararlı etkilere karşı direncini artırmak yönünde projelere destek vermektedir. Proje başvurusu yapacak ülkeler akredite bir kuruluş vasıtasıyla bunu gerçekleştirirler.

Özellikle gelişmekte olan veya en az gelişmiş ülkeler için kullanılacak diğer fon kaynakları şunlardır;

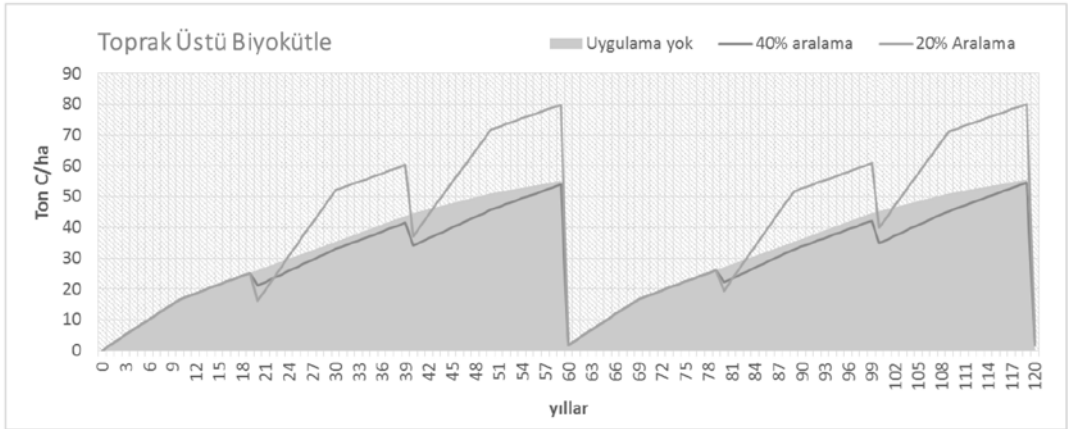
- Special Climate Change Fund (SCCF)
- Least Developed Countries Fund (LDCF)
- Nagoya Protocol Implementation Fund (NPIF)

20.

KARBON
BÜTÇE MODELİ
(CBM)

Orman alanlarında karbon stok hesaplamalarında kullanılmak üzere çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bunların içinde en yaygın kullanılanlarından birisi Kanada kökenli CBM (Carbon Budget Model – Karbon Bütçe Modeli) modelidir (Kurz ve ark., 2008; Taylor ve ark., 2008). Bu model bir bölmecik ölçeğinden ülke ölçeğine kadar hem proje bazında hem de sera gazı envanterinde kullanılabilir. Model sayesinde farklı karbon havuzlarındaki karbon stok değişimleri farklı ekolojik koşullar ve meşcere özellikleri itibarıyla hesaplamaya konu olabilmektedir. Bu sayede de farklı ormancılık uygulamalarının etkileri değerlendirilebilmektedir. Model IPCC kılavuzlarını ve bu kılavuzlarda verilen Kayıp-Kazanç yöntemini temel almakta, kesilmiş orman ürünleri (HWP) modelleri ile ilişkili olarak da kullanılabilir. Bu sayede kesim sonrası karbonun enstantane oksidasyonla atmosfere karışmak yerine ahşap ürünlerinde depolanması ve belli bir süre atmosfere gitmeden tutulması hesaplamalara dahil edilmiştir. Burada CBM modeli kullanımına aşağıda bir örnek verilmiştir.

Bir hektarlık kızılçam (*Pinus brutia*) meşçeresinde farklı aralama uygulamalarının toprak üstü biyokütle karbon havuzuna etkileri incelenmiştir. İlk senaryo kontrol amaçlı olup sadece 60 yıl idare süresinde tıraşlama kesimi öngörmektedir (Şekil 26). İkinci ve üçüncü senaryolar ise 20 ve 40 yaşlarında sırasıyla %40 ve %20 aralama kesimleri içermektedir. Bu uygulama için büyüme modeli Kızılçam Hacim Tablosundan (Eken, 2012), aralamaların etkilerini simüle etmek için ise Carus ve Çatal'dan (2009) yararlanılmıştır.



Şekil 26. Farklı aralama kesim uygulamalarının toprak üstü karbon stokuna etkilerini gösteren 120 yıllık bir simülasyon.

Aralama yapılmayan kontrol meşceresinde toprak üstü karbon stoku önce hızlı, ilerleyen yaşlarda ise yavaşlayan bir artış göstermektedir. İlk aralamalar artımın yavaşlamaya başladığı 20 yaşında gerçekleştirilmiştir. Aralama sonrası toprak üstü biyokütle karbon stoku aniden düşüş göstermiştir. Yüzde 40 aralama uygulamasında düşüş miktarı daha fazla olmakla beraber artım %20 aralamaya göre çok daha hızlı bir artış göstermiştir. Yüzde 20 aralamada hızlanan artım aralama yapılmayan meşcereye göre daha hızlı olmakla beraber 40 yılın sonunda hala toprak üstü biyokütle karbon stoku yönünden onu yakalayamamıştır. Yüzde 40 aralama uygulamasında ise artım o kadar hızlı bir artış göstermiştir ki çok kısa bir sürede toprak üstü biyokütle, karbon stoku aralama yapılmayan ve %20 aralama yapılan meşcereleri geride bırakmıştır. Bu simülasyonda üretilen odun hasılatının tuttuğu karbon dikkate alınmamış enstatantane oksidasyonla atmosfere gittiği varsayılmıştır. Eğer kesilen odunun endüstriyel amaçlı olarak kullanıldığı varsayılsaydı bu durumda sadece %40 aralama değil %20 aralama da daha yüksek bir toplam karbon tutumu gerçekleştirecekti fakat bu simülasyonda sadece toprak üstü biyokütle karbonu dikkate alınmıştır.

Görüldüğü gibi CBM ile tüm ormancılık uygulamalarının (aralama, tıraşlama, ağaçlandırma, arazi kullanım değişikliği vb.) ve etkilerin (yangın, böcek, devrik, vb.) hem karbon havuzları için ayrı ayrı, hem toplam hem de salınan gazlar itibarıyla simülasyonunu yapmak mümkündür. Bu da karbon yönetimi açısından doğru kararların verilmesini sağlayacaktır.

21.

BM GIDA VE
TARIM
ÖRGÜTÜ
(FAO) EXACT
UYGULAMA
ARACI

EXACT, Gıda ve Tarım örgütüncü hazırlanmış proje bazında karbon salım ve tutumunu önceden tahmin (Ex-ante) etme amaçlı bir MS Excel dosyasıdır. Birbiriyle bağlantılı Microsoft Excel sayfalarından oluşur. FAO istatistik veri tabanları ve IPCC geçerli değerlerini temel almakta ve sürekli geliştirilmektedir. Şu an küresel bazda proje karbon hesaplamalarını yapmak üzere en yaygın kullanılan programdır. Projeli ve projersiz durumları karşılaştırmak ve projenin ortaya çıkaracağı ek (additionality) karbon stokunu hesaplamak mümkündür²⁰.

Bugüne dek test edilmiş proje uygulamaları şu başlıklar altında toplanabilir;

- Kırsal faaliyetler
- Ormancılık
- Tarım
- Havza yönetimi
- Bozuk arazilerin restorasyonu
- Çiftlik hayvanalarının sera gazı salım ve tutum hesaplamaları
- Kırsal kalkınma ile ilgili çalışmalar
- Biyoenerji

EXACT yazılımında 3 farklı zaman noktası dikkate alınmalıdır: Proje başlangıç zamanı (t0), proje uygulama dönemi sonu (t1) ve projenin faydalı etkilerinin devam ettiği dönem sonu (t2). Proje dönemleri bu durumda;

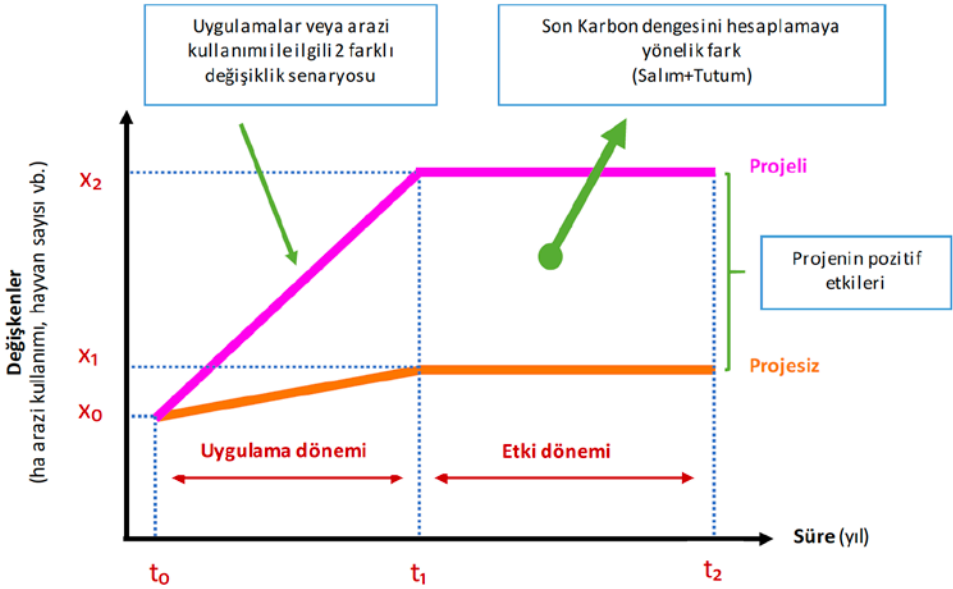
Uygulama dönemi (Implementation phase) (t1-t0)

Etki dönemi (Capitalization phase) (t2-t1)

²⁰Yazılım ve kullanım kılavuzları

<http://www.fao.org/tc/exact/carbon-balance-tool-ex-act/en/>
web adresinden indirilebilir.

Şekil 27’de tipik bir projenin aşamaları ve karbon hesaplama ile ilgili ayrıntıları verilmiştir (EXACT Technical Manual).



Şekil 27. Tipik bir projenin karbon hesaplama ile ilgili aşamaları.

Şekilden kolayca anlaşılacağı gibi projenin yararlı etkileri projesiz durum (business as usual – normal gidişat) ile projeli durum arasındaki karbon stok dengesi ile ifade edilmektedir. Dolayısıyla projenin sonuçlarını değerlendirmek yanında projesiz durumda neler olacağını da ortaya konulması gerekir. Bu da mevcut durumun aynen devam ettiği, geçmiş verilerle extrapolasyon veya ayrıntılı tahmin ve modelleme ile mümkün olabilir.

Bugüne dek yapılmış uygulamalardan birkaç örnek vermek gerekirse;

Proje adı: Carbon Balance Appraisal on the Agriculture Technology and Agribusiness Advisory Services (ATAAS) Project in Uganda²¹.

²¹Projenin ayrıntılı tanıtımı ve ön sonuçları FAO web sayfasından indirilebilir; http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/case_studies/ex-act_uganda_ataas_project_119en.pdf

Bütçesi 665.5 milyon dolarlık bu proje, 5 ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- Yeni tarım teknolojileri geliştirmek ve ulusal tarım araştırma sistemini güçlendirmek
- Tarımsal araştırma, tarımsal danışma ve diğer paydaşlar arasında ikili ilişkileri geliştirmek
- Talep ve pazar odaklı danışma hizmetlerini destekleyerek ulusal tarım danışma sistemini geliştirmek.

Çiftçilerin pazara yönelik üretim yapmalarını ve gelirlerini artırmalarını sağlamak

- Tarım iş kollarını ve pazar bağlantılarını iyileştirmek suretiyle farklı paydaşları bir araya getirmek ve bu yönde küçük çiftçileri desteklemek
- Program yönetimini sağlamak

Bu 5 bileşenin ortaya çıkardığı karbon kazancı ise şu şekilde ifade edilmektedir;

EXACT yazılımı ile proje olmadığı koşulda karbon tutumu 60 M ton CO₂ eşdeğeri iken projeli durumda 92 M ton CO₂ hesaplanmıştır. Hektardaki karbon stoku 22.6 ton eq CO₂ iken 32 ton eq CO₂ ye çıkmıştır. Burada en büyük katkı 1. Bileşen'den gelmiştir.

Proje adı: Forest Protection and Reforestation Project (FPRP) in Kazakhstan (2007-2015)22.

Bu orman koruma ve ağaçlandırma projesinde fayda maliyet oranı yüksek sürdürülebilir orman ve mera rehabilitasyonu yönetim uygulamaları geliştirmektedir. Proje bileşenleri;

- Ağaçlandırma
- Yangınla mücadele ekipmanı satın alınması
- Ormancılık idaresinde kapasite artırımındır

Projenin 20 yıllık süre içinde ağaçlandırmadan 18 M ton eq CO₂, orman rehabilitasyon çalışmalarından 14.5 M ton eq CO₂, mera ıslahından 2.35 ton eq CO₂ karbon kazancı sağlayacağı hesaplanmıştır.

Bu proje örneklerinden anlaşılacağı gibi orman olsun, mera olsun, tarım olsun, her türlü sürdürülebilir arazi ıslahı projesi belli ölçüde karbon kazancı sağlamaktadır. Bu sağlanan karbon tutarının doğruya en yakın biçimde hesaplanması çok önemlidir çünkü proje destekleri ortaya çıkacak başta karbon olmak

üzere çeşitli çıktılara göre verilmektedir. Bir başka deyişle büyük bir fonun sağlanması için projenin başta karbon olmak üzere büyük çıktıları olmalı ve bu çıktılar da net biçimde hesaplanmalıdır. EXACT yazılımı bu konuda önemli bir temel oluşturmaktadır.

EXACT uygulaması öncesi bazı ön çalışmaların tamamlanmış olması gerekir. Bunlar (Bernoux et al., 2011);

Ön Aşama 1. Proje sınırlarının belirlenmesi. Proje yeri, alanı, iklim ve toprak tipi belirlenmiş olmalıdır. Proje sınırları belirlenirken doğrudan ve dolaylı olarak etkilenecek alanlar ayrı ayrı belirlenmelidir. Örneğin orman alanlarının yok edilmesi ile tarım alanı açılan bir bölgede daha verimli tarım uygulamaları ile 1000 ha'lık alanda tarım yapılacak olması doğrudan proje alanı olarak görülebilir. Verimli tarım uygulamasının 100 ha ormansızlaşmayı önlemesi bekleniyor ise bu durumda 100 ha orman alanı da dolaylı proje alanı olarak belirlenecektir.

Bu aşamada hangi modüllerin kullanılacağı da belirlenmelidir.

Ön Aşama 2. Projeli durumun ortaya konulması. Proje amaçlarına yönelik olarak faaliyetler proje metninde yer almaktadır. Bu faaliyetler proje alanı içerisinde gerektiğinde bazı varsayımlar ve kabuller çerçevesinde hesaplamaya konu olacaktır.

Ön Aşama 3. Projesiz durumun (BAU: business as usual – normal gidişat) ortaya konulması. Burada proje gerçekleşmemiş olsa proje alanında sera gazı salım ve tutumları nasıl gerçekleşecekti, sorusunun yanıtı aranmaktadır. Oldukça zor bir değerlendirme adımdır çünkü gelecekteki salım ve tutum miktarları birçok etkenin etkisi altındadır. Bunlar nüfus artışı, ekonomik gelişme, arazi kullanım politikaları ve makroekonomik politikalar olabilir. BAU belirlenirken proje başlangıç koşullarının proje yapılmasaydı aynen devam edeceği varsayımı kabul edilebilir. Büyük ölçekli projelerde bu varsayım geçerli olmayabilir. Örneğin bölge veya ülke ölçeğinde bazı arazi kullanma politikaları dikkate alınmalıdır. Bu durumda daha dinamik bir BAU tahmini yapılmaktadır. Dinamik BAU tahminlerinde geçmişe dönük verilerin incelenmesi

²²Projenin ayrıntılı tanıtımı ve ön sonuçları FAO web sayfasından indirilebilir;
http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/case_studies/FPRP-KAZAK-carbonbalance-Appraisal-2May2014_3_.pdf

ve ileriye dönük projeksiyonlar oluşturulması da mümkündür. Örneğin Adapazarı ilinde son 20 yılda orman alanı artış göstermişse ve arazi kullanma ve ormancılık politikalarının benzer seyredeceği tahmin ediliyorsa bundan sonraki on yıllar için artış trendi bir BAU senaryosu olarak extrapole edilebilir.

Ön Aşama 4. Farklı paralel simülasyonlar geliştirilmesi. Proje kapsamında benzer amaçlara yönelik olarak farklı simülasyonlar geliştirilebilir. EXACT bu kapsamda büyük bir esneklik sağlamaktadır. Örneğin farklı türlerin kullanılması, farklı uygulamalar vs. Birkaç farklı senaryonun baştan belirlenmiş olması değerlendirmelerde kolaylık ve esneklik sağlayacaktır.

Yazılımın içeriği ile ilgili ayrıntılara geçerse. En son sürüm olan 7.0 versiyonunda, diğer önceki versiyonlarda olduğu gibi “Start” sayfasının yer aldığı görülmektedir. Bu sayfada yazılımın telif hakkı, kullanma koşulları ve ayrıntılarına yer verilmektedir. Ayrıca bu sayfada dil seçimi de yapılabilmektedir. İngilizce yanında Birleşmiş Milletlerin diğer 6 dilinde de program kullanılabilir. Türkçe versiyon henüz bulunmamaktadır.

“Start” sayfasından sonra “Description: Tanımlama” sayfası gelmektedir. Bu sayfada proje için bir ad oluşturulmaktadır. Projenin yapılacağı kıta, iklim tipi ve toprak tipi belirlenmekte, son olarak da proje süresi programa girilmektedir.

Kıta belirlemesi bazı hesaplamalar için gereklidir. Örneğin enterik fermentasyon ve hayvansal atık yönetiminde çiftlik hayvanlarının ağırlıkları ve emisyon faktörleri belirlenirken gerekmektedir.

İklim tipi belirlenirken çeşitli seçenekler arasından Türkiye için “cool-temperate : serin-ılıman” veya “warm temperate: ılık-ılıman” dan birisi seçilmelidir. Zira Türkiye’de IPCC iklim tiplerinden bu ikisi mevcuttur. Bir sonraki adımda nem rejimi seçilmelidir. Burada da “dry : kuru”, “moist : nemli”, ve “wet : ıslak” seçenekleri bulunmaktadır. Toprak tipi için ise IPCC toprak tipi seçeneklerden birisi seçilmelidir. Ekosistemlerde Karbon Havuzları bölümünün altındaki Toprak Karbonu alt bölümünde IPCC toprak tiplerine değinilmişti. Proje sahasındaki uygun iklim, nem ve toprak tiplerine t-Sera yazılımından, EXACT

kullanım kılavuzlarındaki haritalardan veya Ulusal Sera Gazı Envanterimizdeki (http://BMİDÇS.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php) iklim haritasından ulaşılabilir. EXACT içerisinde yine “tanımlama” sayfasında yardım düğmelerinden de iklim ve toprak haritalarına ulaşılabilir.

Tanımlama sayfasından sonra projenin içeriğine göre seçilecek sayfalarda işlem yapılabilir. İlk modül olan “Land Use Change: Arazi Kullanım Değişikliği” modülünden başlayalım. Bu modülde;

- Deforestation : Ormansızlaşma
- Afforestation/Reforestation : Ağaçlandırma
- Other Land Use Changes : Diğer Arazi Kullanım Değişiklikleri

alt bölümleri yer almaktadır.



ÖRNEK PROJELER

Proje 1 - Ormansızlaşmanın Önlenmesi – EXACT aracı ile

Exact Ormansızlaşma sayfasında Seviye-1 hesaplaması için gerekli veriler için alan bırakılmıştır. Eğer hesaplama Seviye-2 de yapılmak istenirse daha ayrıntılı veri girişi için başka bir sayfaya geçiş yapılmaktadır.

Öncelikle ormansızlaşmaya maruz kalan veya kalacak bitki örtüsü belirlenir. Tanımlama sayfasında belirtilen iklim tipine göre 4 farklı orman zonu yukarıda belirmektedir. Örneğin İstanbul için “warm-temperate-dry” seçimi, toprak için ise “HAC” seçildiğinde ormansızlaşma modülünün üzerinde;

- Subtropical humid forest
- Subtropical dry forest
- Subtropical steppe
- Subtropical mountain system

seçenekleri belirlecektir. İlk sütunda bunlardan birisi seçilmelidir. Doğal bitki örtüsü “forest”, plantasyon ise “plantation” seçilmelidir. Her iklim ve nem bölgesi için farklı orman zonları için EXACT Technical Guides kılavuzundan yararlanılabilir.

İstanbul (ılık-ılıman-kuru- HAC) için beliren orman tipleri içinden “subtropical humid forest”ı (Yani “Forest Zone 1”i) seçtim.

Bu durumda hesaplanacak C salımı için her karbon havuzunda IPCC’de (2006) verilen geçerli rakamlar kullanılır ve bu rakamlar Tier-2 düğmesine tıklanırsa tabloda görünür. Örneğimizde beliren sayılar şu şekildedir;

Karbon havuzu	Geçerli Karbon Stok Değeri (Mg ha⁻¹)
Toprak üstü biyokütle	103.4
Toprak altı biyokütle	24.8
Ölü örtü	24.3
Ölü odun	0
Toprak	38

Tablo 38. Ülkemiz envanterinde kullanılmakta olan karbon stok değerleri.

Yine Tier-2 sayfasında verilen geçerli rakamların her birinin yanında Tier-2 sütunu açılmıştır ve buraya eğer elde yöreye özgü daha doğru bir rakam var ise girilebilir. Bu durumda EXACT programı Tier-2 sütununa elle girilen rakamı dikkate alacaktır. Örneğin EXACT tarafından ılık-ılıman-kuru iklim tipi için verilen ölü örtü karbon stok değeri 24.30 Mg C ha⁻¹'dir. Bu değer tüm ağaç türleri ve orman tipleri için aynıdır. Oysaki Serengil ve ark.'da (2015) ölü örtü için daha düşük ama ayrıntılı değerler verilmiştir. İbrelî ormanlar için 4.43, yapraklılar için 2.86, karışık ormanlar için 4,02 Mg C ha⁻¹ değeri hesaplanmıştır.

Tier-2 tablosuna Serengil ve ark. (2015) tarafından yapraklı türler için verilen karbon stok değerlerini (Tablo 38) girelim.

Bu durumda EXACT Tier-2 tablosu aşağıdaki gibi olacaktır. Hem Seviye-1 hem de yöreye özgü değerler girilmiş durumdadır. Seviye-1 değerleri, program tarafından IPCC (2006) geçerli değerleri alınarak otomatik olarak belirlenmiştir.

Type of vegetation that will be deforested	Above-ground		Below-ground		Litter		Dead wood		Soil carbon	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
Forest - Zone 1	103.4	157.8	24.8	37.9	24.3	2.9	0.0		38.0	97.3
Forest - Zone 2	81.1		17.1		24.3		0.0		38.0	
Forest - Zone 3	32.9		10.5		24.3		0.0		38.0	
Forest - Zone 4	65.8		17.8		24.3		0.0		38.0	
Plantation - Zone 1	65.8		15.8		24.3		0.0		38.0	
Plantation - Zone 2	28.2		7.9		24.3		0.0		38.0	
Plantation - Zone 3	14.1		4.5		24.3		0.0		38.0	
Plantation - Zone 4	42.3		11.4		24.3		0.0		38.0	

Yöreye özgü değerleri kullanmak çok daha doğru sonuç verecektir. Elde karbon stok değeri yoksa kuru madde ağırlık değerleri, karbon fraksiyonu katsayıları ile çarpılarak hesaplanabilir. Örneğin ölü örtü

kuru ağırlık değeri IPCC (2006) tarafından verilen 0.37 katsayısı ile çarpılarak karbon stok değerine ulaşılabilir.

Ormansızlaşma yangın ile gerçekleşmişse "FIRE USE" sütunu "YES" olarak değiştirilir. Ormansızlaşmanın önlenmesi ile ilgili bir projenin sera gazı salım ve tutumlarını bir örnekte hesaplayalım:
Alanla ilgili veriler aşağıdaki gibidir;

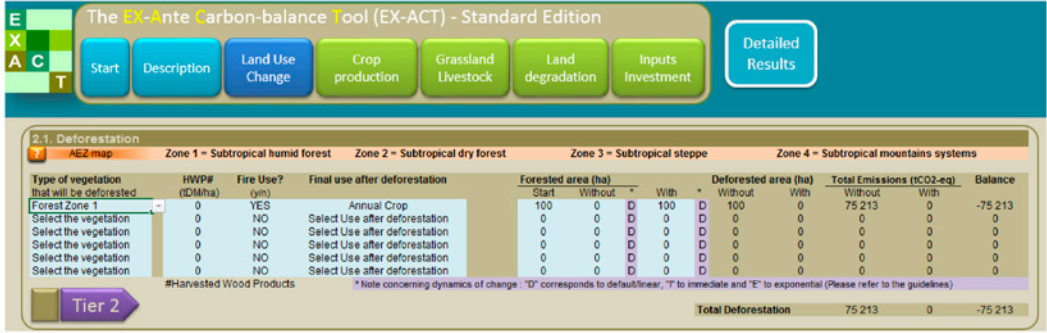
100 ha'lık subtropikal nemli bir orman alanı;

- Kesilerek tek yıllık tarıma dönüştürülmekten kurtarılıyor.
- Yakılarak tek yıllık tarıma dönüştürülmekten kurtarılıyor.
- Kesilerek çok yıllık meyve bahçesine dönüştürülmekten kurtarılıyor.

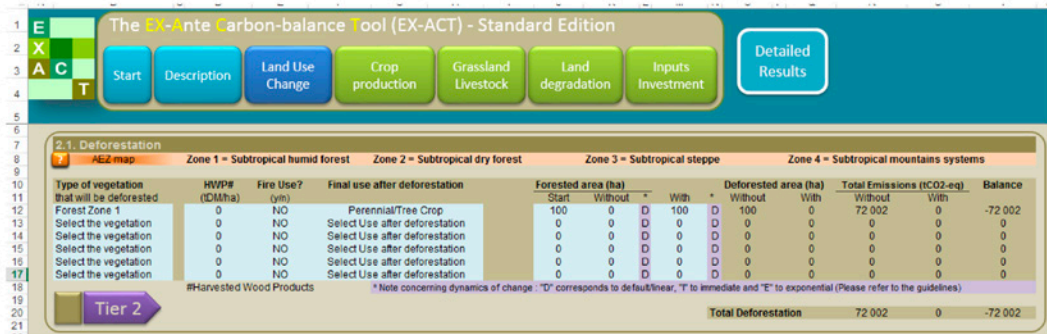
Ormansızlaşmanın önlenmesi ile kazanılacak tutum miktarı (projeli – projersiz) nedir?
İlk durum için veriler EXACT'e girildiğinde;

Type of vegetation that will be deforested	HWP# (IDM/ha)	Fire Use? (y/n)	Final use after deforestation	Forested area (ha)		Deforested area (ha)		Total Emissions (tCO2-eq)		Balance			
				Start	Without *	With *	Without	With	Without		With		
Forest Zone 1	0	NO	Annual Crop	100	0	D	100	D	100	0	73 793	0	-73 793
Select the vegetation	0	NO	Select Use after deforestation	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Select the vegetation	0	NO	Select Use after deforestation	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Select the vegetation	0	NO	Select Use after deforestation	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Select the vegetation	0	NO	Select Use after deforestation	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Select the vegetation	0	NO	Select Use after deforestation	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
#Harvested Wood Products				* Note concerning dynamics of change: "D" corresponds to default/linear, "I" to immediate and "E" to exponential (Please refer to the guidelines)									
Tier 2				Total Deforestation		73 793		0		-73 793			

a) Ormansızlaşmanın durdurulması ile kazanılan miktar 73.793 ton CO₂ eq hesaplanmıştır. Yakılarak gerçekleştirilmesi planlanan bir arazi kullanım dönüşümü engellenmişse bu durumda;



b) Kazanç miktarı 75.213 ton CO₂ eq olacaktır. Eğer ormansızlaşma sonrası arazi çok yıllık meyve bahçesi olarak kullanılacaksa bu durumda;



c) Önlenecek sera gazı salımı 72.002 ton CO₂ eq olacaktır.

Görüldüğü gibi EXACT yazılımı arazi kullanma ile ilgili proje planlamalarında oldukça yararlı egzersizler sunmaktadır. Proje yapılandırılırken çeşitli hesaplamalarla elde edilebilecek en yüksek karbon tutumu belirlenebilir. Bu da fayda-maliyet analizinde büyük faydalar sağlar. Bu örnekte 100 hektarlık ormansızlaşmanın önlenmesi ile elde edilebilecek karbon kazancı hesaplanmıştır. Tropikal bölgelerde gerçekleştirilen REDD+ projelerinde ormansızlaşmayı önlemek tipik bir proje konusudur ve sera gazı tutumu bu şekilde hesaplanmaktadır. Örnekte HWP kısmı boş bırakılmış ve sıfır kabul edilmiştir. Bu nedenle kesilen veya yakılan tüm biyokütlelerin hemen atmosfere salındığı varsayılmıştır. Eğer HWP kısmına bir değer yazılıysa, yani kesilen veya yakılan biyokütlelerin bir kısmının kullanım amaçlı ayrılacağı öngörülseydi, bu durumda sonuç biraz değişirdi. Örneğin ilk hesaplamada HWP değeri olarak 50 ton

dm/ha değeri girilecek olsaydı, sonuç 73.793 yerine, 65.176 ton CO₂ eq olacaktı.

Proje 2 – Ağaçlandırma/Yeniden Ormanlaştırma

Ağaçlandırma/Yeniden Ormanlaştırma'daki karbon hesabı ormansızlaşmayla hemen hemen aynıdır. Ağaçlandırma terimi genellikle son 50 yıldır orman olmayan bir yerde insan etkisi veya eliyle yapılan ağaçlandırmaları kapsar, yeniden ormanlaştırmada ise 50 yıldan daha az süre önce zaten orman olan bir yerin yeniden ağalandırmasıdır. Kyoto Protokolü yeniden ormanlaştırma (reforestation) tanımı 31 Aralık 1989'da orman olmayan bir yerin ağalandırmasını ifade eder.

1000 ha'lık bir mera alanının hızlı gelişen bir orman ağacı olan kızılamla (Pinus brutia) ağaçlandırılması planlanmaktadır. Eldeki veriler şunlardır;

Meranın biyokütlesi hektarda 5 ton kuru maddedir

Toprak işlemesi yapılarak ortalama ağırlığı 1 kg olan fidanlarla hektara 1000 fidan dikilmesi öngörülmektedir.

İdare süresi 80 yıl olup dikilen fidanların farklı büyüme evrelerinde farklı büyüme hızları olması beklenmekte fakat ortalama değer olarak 12 m³/ha değerinin esas alınması kabul edilmektedir.

Mera alanında yapılan toprak rneklemesinde;

İskelet içeriği %10 (taş, çakıl vb.)

Hacim ağırlığı 1.6 gr/cm³

Organik madde yüzdesi %8 hesaplanmıştır.

HESAPLAMA ADIMLARI

Biyokütle

Meradan ormana dönüşüm bir ağaçlandırma uygulamasıdır ve biyokütle, l organik madde ve toprak karbonu havuzlarında artış olması sonucunu doğurması beklenmektedir.

Kullanılacak denklemler (Bknz. Bölüm: Arazi Kullanım Değişikliği Durumunda Karbon Stok Değişimi);

$$\Delta C_{DÖNÜŞÜM} = \sum_i \{ (B_{SONRASI} - i - B_{ÖNCESİ} - i) \cdot \Delta ADIĞER_AKi \} \cdot CF$$

$$\Delta CB = \Delta CG + \Delta C_{dönüşüm} - \Delta CL$$

Üstteki denklem kullanılarak dönüşümün neden olduğu karbon stok değişimi hesaplanır. Bunun için sonraki durumdaki (fidan dikimi) karbon stok değeri;

$$1 \text{ fidan} = 1 \text{ kg ise hektarda } 1 \times 1000 = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ ton}$$

$$1 \text{ ton yaş ağırlık} = 1 \times 0.5 = 0.5 \text{ ton kuru ağırlık (nem \%50 alınmıştır)}$$

Meranın biyokütlesi hektarda 5 ton olarak verilmişti. Bu durumda;

$$= (0.5 - 5) \times 1000 \times 0.5 \text{ (CF= 0.5 alınmıştır)}$$

$$= -2250 \text{ ton C}$$

ΔCB yi hesaplamak için artımı karbon stok değerine çevirmek gerekmektedir. Bunun için

$$G_{toplam} = \sum \{ I_v \cdot BCEF_i \cdot (1+R) \}$$

denklemini uygulanabilir;

$$= 12 \times 0.6 \times (1+0.29) \text{ (BCEFI} = 0.6, R \text{ değeri } 0.29 \text{ alınmıştır)}$$

$$= 9.3 \text{ ton kuru madde}$$

$$= 9.3 \times 0.51 \text{ (CF: 0.51 alınmıştır)}$$

$$= 4.74 \text{ ton C/ha}$$

Toplam proje alanı için;

$$= 4.74 \times 1000$$

$$= 4740 \text{ ton C}$$

Değerler,

$\Delta CB = \Delta CG + \Delta C_{\text{dönüşüm}} - \Delta CL$ denkleminde yerine konulursa;

$$\Delta CB = 4\,740 + (-2\,250) - 0 \quad (\text{Dönüşüme uğrayan arazide üretim, yakacak odun ve orman zararları sonucu biyokütle karbon stoklarındaki azalma sıfır kabul edilmiştir})$$

$$= 2\,490 \text{ ton C/yıl}$$

Ağaçlandırmanın yapıldığı ilk yıl için karbon stok değişimi 2.490 ton C hesaplanmıştır. İkinci ve sonraki yıllarda ise yıllık biyokütle karbon kazancı 4.740 ton olarak devam edecektir. Zira artımın sabit ve 12 m³ olduğu kabul edilmiştir.

Toprak

Toprak karbonu biyokütle karbonundan farklı bir yaklaşımla hesaplanmalıdır zira arazi kullanım değişikliği durumlarında toprak karbon stok değerinin belli bir sürede durağan hale gelmesi beklenir.

Bu süre Türkiye sera gazı envanterinde 20 yıl olarak kabul edilmektedir. Kullanılacak denklem

(Denklem 25);

$$\Delta C_{\text{mineral}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

Kısaca özetlemek gerekirse sonraki toprak karbon stok değerinden önceki çıkartılarak geçiş süresi olan 20 yıla bölünür.

Önceki arazi kullanımındaki toprak karbon stokunu hesaplayalım;

Organik karbonun üst 30 cm'de yer aldığını ve arazi kullanım değişikliğinin bu derinliğe kadar etki edebildiğini varsayalım.

Hektardaki toprak hacmi = $0.3 \times 10.000 = 3.000 \text{ m}^3$

Bu hacmin kütle karşılığı $3.000 \times 1.6 = 4.800$ ton toprak (iskelet dâhil)

İskelet içeriğinin karbon içermediği varsayıldığında = $4800 - (4.800 \times 0.10) = 4.320$ ton toprak

Karbon içeriği = $4.320 \times 0.08 \times 0.58 = 200.4$ ton C (CF= 0.58 alınmıştır)

Hesaplama sonucunda oldukça yüksek bir karbon stok değeri elde edilmiştir zira organik madde içeriği bir mera alanı için oldukça yüksektir. Orman alanının karbon stok değerini hesaplamada en mantıklı yaklaşım yakındaki bir ormanlık alanda toprak örnekleme ve analizi yapmaktır zira mera alanı için hesaplama bu şekilde yapılmıştır. IPCC 2006'dan geçerli bir değer alınması tutarsızlığa neden olabilir.

Eğer örnekleme yapılamayacaksa tek çözüm mera ile orman toprakları arasında bir oran kabulü yapılmasıdır. Bu oran literatürden veya bölgede yapılmış çalışmalardan alınabilir. Mera ve orman toprağı arasındaki oran 0.9 alınırsa, orman toprağı için C stok değeri;

$$= 200.4/0.9$$

$$= 222.7 \text{ ton C/ha bulunur.}$$

Denklemden yerine konulursa;

$$= (222.7 - 200.4) / 20$$

$$= 1.1 \text{ ton C / ha yıl hesaplanır.}$$

Proje alanı ile çarpıldığında;

$$= 1.1 \times 1000 = 1100 \text{ ton / yıl karbon stokunda artış olması beklenmektedir.}$$

Ölü organik madde

Meralarda ölü organik madde karbon stokunun sıfır olduğu kabul edilebilir. Ormana dönüşte ise belli bir süre zarfında ölü örtü ve ölü odun oluşumu beklendiğinden projenin bir de ölü organik madde karbon stok oluşumu hesaplanabilir. Bunun için en doğru yaklaşım yakındaki benzer bir orman alanında ölçüm yapılmasıdır. Bu imkân yoksa ulusal veya IPCC 2006 geçerli katsayılar kullanılabilir.

Eğer IPCC 2006 geçerli katsayıları kullanılırsa Tablo 2.2 de verilen 20.3 ton C/ha değeri (sıcak ılıman kuru iklim koşulları için) 20 yıla bölünerek hesaplama yapılır;

$$= 20.3 / 20 = 1 \text{ ton C/ha}$$

Proje alanı için;

$$= 1 \times 1000 = 1000 \text{ ton C/ha yıl hesaplanır.}$$

Arazi kullanım değişikliği (Bu durumda ağaçlandırma) sonucu karbon stok değişimi biyokütle ve toprak organik karbon havuzlarındaki artışın toplamıdır. Öte yandan orman oluşumu ile bir de ölü organik madde havuzu ortaya çıkacaktır. Mera ve tarım arazilerinde ölü örtü ve ölü odun oluşumu pek olası değildir fakat ağaçlandırma alanındaki fidanlar büyüdükçe zaman içinde bu ekosistem bileşenleri de ortaya çıkacaktır. Çok önemli bir karbon havuzu olmasa da eğer ölü organik madde de hesaba katılacaksa, bu durumda;

a) Yakındaki benzer bir orman alanından (20 yaş civarı) ölü örtü ve ölü odun örnekleme yapılır ve bu seviyede bir ölü örtü-ölü odun birikimine 20 yılda ulaşabileceği varsayılarak sıfır ölü odundan (önceki kullanım mera olduğu için) artış gerçekleşiyor varsayımıyla hesap yapılır. Ölü odunun minimum çap değeri Türkiye için 8 cm olduğundan 20 yaşa kadar olan bir meşcerede ölü odun bulunma ihtimali oldukça düşüktür.

b) Eğer araziye çıkma olanağı yoksa IPCC 2006'da verilen geçerli tablo değeri kullanılarak ölü örtünün sıfırdan bu değere çıktığı varsayılarak hesap yapılır.

Proje 3 – Kontrollü otlatma uygulaması

Aşırı ve kontrolsüz otlatma Türkiye meralarının önemli bir sorunudur. Meralarda ot verimi ciddi zarar görmekte, toprak organik maddesi de zaman içinde azalmaktadır. Bir başka deyişle aşırı ve kontrolsüz otlatma nedeniyle hem biyokütle hem de toprak karbon stokları düşüş göstermektedir. Mera ıslahı veya

kontrollü otlatma yöntemleri ile bu durum tersine çevrilebilir. Hem toprak hem de biyokütle karbon stokları iyileştirilebilir.

Örneğimizde bir proje kapsamında 100 ha'lık bir merada kontrollü otlatmaya dayalı mera ıslah projesi planlanmaktadır. Projenin uygulama süresi 5 yıl kapitalizasyon süresi 10 yıl olarak belirlenmiştir. Yani kontrollü otlatma uygulaması 5 yıl boyunca gerçekleştirilecek, daha sonra meradan bu şekilde faydalanılmaya devam edilecektir.

Islaha konu meranın hacim ağırlığı değeri 1.4 gr/cm³, organik madde içeriği ise %4'tür. Islah sonrası hacim ağırlığının değişmemesi, organik madde içeriğinin ise 20 yıl içinde %6'ya çıkması beklenmektedir.

Kontrollü otlatmanın etkilerini ortaya koymak için bazı varsayımlarda bulunmak gerekmektedir. Başarı ile uygulanan bir projenin hem biyokütle hem de toprak karbon stoklarını artıracığı varsayılabilir fakat ne ölçüde artacağını tahmin etmek zordur.

Biyokütle

Meranın proje faaliyetleri ile bozulmuş durumdan iyi duruma geçeceği varsayıldığından en doğru yaklaşım önceki durumla sonraki durumda biyokütlenin örneklenmesi ve karşılaştırılmasıdır.

Bu yaklaşım mümkün değilse yani arazi ölçümü yapılmayacaksa bu durumda yakın çevrede (benzer ekolojik koşullara sahip çevre iller olabilir) yapılmış olan projeler veya bilimsel yayınlara bakılması gerekir. Son çare IPCC'nin emisyon faktörü veri tabanına benzer koşullara sahip alanlar için bakılabilir.

Eğer bu da mümkün değilse IPCC 2006 kılavuzunda meraya dönüşen alanlar için verilmiş olan farklı iklim tipleri için biyokütle stok değerleri (Tablo 6.4) kullanılabilir. Kılavuzda otsu bitki örtüsü için kök gövde oranları da verilmiştir (Tablo 6.1). Biyokütle karbon değeri tablodan alınıp degrade durumdaki biyokütle için bir kabul yapılarak hesap gerçekleştirilebilir. Bu durumda yine degrade mera ile iyi durumdaki meranın biyokütle stokları arasında bir oran belirlemek gerekecektir. Bu da ancak sahaya gidilerek veya uzman görüşü ile olabilir.

IPCC 2006 Tablo 6.4'ten sıcak ılıman nemli iklim tipi için biyokütle kuru ot değeri 13.5 ton/ha alınır ve degrade durumda biyokütlenin bu değerin yarısı olduğu varsayılırsa toplam biyokütle kazancı şu şekilde hesaplanabilir;

Yıllık biyokütle artışı;

$$= ((13.5 \times 0.5) - (13.5/2 \times 0.5)) / 5$$

(5'e bölmenin gerekçesi bozuk meranın biyokütlesinin iyi duruma geçmesinin 5 yıl olacağı kabulüdür. Bu değer uygulanan yöntemlere ve ekolojik faktörlere bağlıdır. 0.5 ise karbon fraksiyonudur)

$$= 0.675 \text{ ton C /ha yıl}$$

Toprak

Bozuk mera için toprak karbon stok değeri;

$$= 1.4 \times 0.3 \times 10.000 \times 0.04 \times 0.58$$

(HA: 1.4 gr/cm³, organik karbon içeren toprak derinliği 0.3 m, 1 ha 10.000 m², organik madde içeriği %4 ve karbon fraksiyonu toprak organik maddesi için 0.58 alınmıştır.)

$$= 97.44 \text{ ton C /ha}$$

Islah edilmiş mera için karbon stok değeri;

$$= 1.4 \times 0.3 \times 10\ 000 \times 0.06 \times 0.58$$

(Bir tek organik madde içeriği değişmiştir)

$$= 146.16$$

Islah sonraki durumla önceki durumun farkı;

$$= (146.16 - 97.44) / 20$$

(Karbon stokunun toprakta dengeye ulaşma süresi 20 yıl alınabilir)

$$= 2.44 \text{ ton ha/yıl}$$

Proje alanı olan 100 ha için elde edilen değerler 100 ile çarpılır. Toplam proje süresi olan 15 yıl için hesap yapılır.

Burada altı çizilmesi gereken önemli bir nokta gübre uygulamasıdır. Organik veya inorganik biçimde alana gübre verilir ise bu verilen gübre miktarının topraktan salımı hem doğrudan hem de dolaylı salım olarak hesaplanmalıdır. Tarım kısmında bununla ilgili bilgi verilmiştir.



Masai Mara/Kenya

KAYNAKLAR

Baccini A, Laporte N, Goetz SJ, Sun M, Dong H: A first map of Tropical Africa's above-ground biomass derived from satellite imagery. *Environmental Research Letters* 2008:045011 [<http://stacks.iop.org/1748-9326/3/045011>].

Bouyer, O., Serengil, Y., 2016. Cost-Benefit Assessment of Implementing AKAKDO Accounting Rules in Turkey. *Carbon Management, Technologies, and Trends in Mediterranean Ecosystems*. Chapter 8. Springer. ISBN-13: 978-3319450346.

Bouyer, O., Serengil, Y., 2016. Carbon Stored in Harvested Wood Products in Turkey and Projections for 2020. *Journal of Faculty of Forestry*. Volume 66, No:1, 295-302.

Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa, K. Pingoud, 2011: Bioenergy. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlomer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Paoletti, E., Wim de Vries, Teis Nørgaard Mikkelsen, Andreas Ibrom, K.S. Larsen, Juha-Pekka Tuovinen, Yusuf Serengil, I. Yurtseven, Gerhard Wieser, Rainer Matyssek, 2014. Chapter 23 – Key Indicators of Air Pollution and Climate Change Impacts at Forest Supersites. *Elsevier Book Series: Developments in Environmental Science*, Volume 13, 2013, Pages 497-518.

Sabine, C., 2014. Ask the Experts: The IPCC Fifth AR, *Carbon Management*, 5:1, 17-25.

Scott J Goetz, Alessandro Baccini, Nadine T Laporte, Tracy Johns, Wayne Walker, Josef Kellndorfer, Richard A Houghton and Mindy Sun, 2009. Mapping and monitoring carbon stocks with satellite observations: a comparison of methods. *Carbon Balance and Management* 2009, 4:2

Serengil, Y., Swank, W.T., Riedel, M.S., Vose, J.M., 2011. Conversion to Pine: Changes in timing and magnitude of high and low flows. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 26, 568-575.

Serengil, Y., Augustaitis, A., Bytnerowicz, A., Grulke, N., Kozovitz, A.R., Matyssek, R., Mueller-Starck, G., Schaub, M., Wieser, G., Coskun, A.A., Paoletti, E., 2011. Adaptation of forest ecosystems to air pollution and climate change: a global assessment on research priorities. *IForest Biogeosciences and Forestry* 4, 44-48.

Serengil, Y., Swank, W.T., Vose, J.M., 2012. Alterations on flow variability due to converting hardwood forests to pine. *iForest* (2012) 5: 44-49.

Uygur, B., Serengil, Y., 2016. Carbon sequestration potential of forest biomass in Turkey. *Biochar. A Regional Supply Chain Approach in View of Climate Change Mitigation*. Chapter 9. Cambridge Publishers. ISBN: 9781107117099.

Williams C, Hanan N, Neff J, Scholes R, Berry J, Denning AS, Baker D., 2007. Africa and the global carbon cycle. *Carbon Balance and Management* 2007, 2:3.

EK TABLOLAR

Ek Tablo 1. İklim Sınıfları, İklim Bölgeleri, ve Ekolojik Zonlar (FAO, 2001)

İklim Kuşağı		İklim Bölgesi	Ekolojik Zon			
Kuşak	Kriter		Zon	Kod	Zon Kriteri	
Tropikal (Tropical)	Don olayı görülmez, deniz etkisi vardır, yıllık ortalama sıcaklık >18°C	Tropikal yağışlı	Tropikal yağmur ormanı	TAr	Tüm yıl yağışlı, kış ayları boyunca en fazla 3 ay yağışsız	
		Tropikal nemli	Tropikal nemli geniş yapraklı orman	TAWa	Genellikle yağışlı, kış ayları boyunca en fazla 3-5 ay yağışsız	
		Tropikal kuru	Tropikal kuru orman	TAWb	Genellikle yağışsız, kış ayları boyunca en fazla 5-8 ay yağışsız	
			Tropikal makilik	TBSH	Yarı kurak, toplam buharlaşma > yağış	
		Tropikal çöl	TBWh	Kurak, yıl boyunca yağışsız		
Tropikal dağlık	Tropikal dağlık ekosistemler	TM	Yükseklik genellikle 1000 m den yüksek			
Yarı-tropikal (Sub-tropical)	Yılın en az 8 ayı ortalama sıcaklık >10 °C	Sıcak ılıman nemli	Yarı tropikal nemli orman	SCf	Nemli, tüm yıl yağışlı	
		Sıcak ılıman kuru	Yarıtropikal kuru orman	SCs	Kışın yağışlı, yazlar yağışsız	
			Yarıtropikal step	SBSH	Yarı kurak, toplam buharlaşma > yağış	
		Yarıtropikal çöl	SBWh	Kurak, yıl boyunca yağışsız		
Sıcak ılıman nemli veya kuru	Yarıtropikal dağlık ekosistemler	SM	Genellikle 800-1000 m arası yükseltilerde			
İlman (Temperate)	Yılın 4-8 ayı ortalama sıcaklık >10 °C	Serin ılıman nemli	İlman okyanus ormanlar	TeDo	Okyanus iklimi, en soğuk ay ortalama sıcaklığı > 0 °C	
			İlman karasal ormanlar	TeDc	Karasal iklim en soğuk ay ortalama sıcaklığı < 0 °C	
		Serin ılıman kuru	İlman step	TeBSk	Yarı kurak, toplam buharlaşma > yağış	
			İlman çöl	TeBWk	Kurak, yıl boyunca yağışsız	
			Serin ılıman nemli veya kuru	İlman dağlık ekosistemler	TeM	Genellikle 800 m'den yüksek
			Soğuk (Boreal)	Soğuk nemli	Soğuk iğne yapraklı ormanlar	Ba
Soğuk kuru	Soğuk Tundra	Bb			Seyrek orman	
		Soğuk nemli veya kuru	Soğuk dağlık ekosistemler	BM	Genellikle 600 m'den yüksek	
			Kutupsal	Kutupsal	P	Yıl boyunca sıcaklık < 10 °C
Kutupsal (Polar)	Tüm yıl boyunca ortalama sıcaklık < 10 °C	Kutupsal nemli veya kuru	Kutupsal	P	Yıl boyunca sıcaklık < 10 °C	

Ek Tablo 2. Topraküstü biyokütlenin karbon fraksiyonları (CF) için geçerli (default) değerler (IPCC, 2006) ve Türkiye’de elde edilmiş CF değerleri.

İklim Kuşağı	Ağaç kısmı	Karbon fraksiyonu (CF) Ton karbon/ton kuru madde	Kaynak
Geçerli değer	Tümü	0.47	McGroddy <i>et al.</i> , 2004
Tropikal/Yarı tropikal	Tümü	0.47 (0.44-0.49)	Andreae and Merlet, 2001; Chambers <i>et al.</i> , 2001; McGroddy <i>et al.</i> , 2004; Lasco and Pulhin, 2003
	Odun	0.49	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
	Odun, çapı 10 cm de küçük gövdeler	0.46	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	Odun, çapı 10 cm ve daha geniş gövdeler	0.49	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	Yaprak	0.47	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
	Yaprak, çapı 10 cm de küçük gövdeler	0.43	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	Yaprak, çapı 10 cm ve daha geniş gövdeler	0.46	Hughes <i>et al.</i> , 2000
İlman ve soğuk	Tümü	0.47 (0.47-0.49)	Andreae and Merlet, 2001; Gayoso <i>et al.</i> , 2002; Matthews, 1993; McGroddy <i>et al.</i> , 2004
	Geniş yapraklı türler	0.48 (0.46-0.50)	Lamloom and Savidge, 2003
	İğne yapraklı türler	0.51 (0.47-0.55)	Lamloom and Savidge, 2003
Türkiye	Maki (Akdeniz)	0.49 (gövde, yaprak, dal)	Karatepe, 2014.
	Q.coccifera	0.49 (gövde, dal) 0.51 (yaprak)	Karatepe ve Bahtiyar, 2014.

Ek Tablo 3. Kök-gövde oranı (R) için geçerli (default) değerler (IPCC, 2006).

Kuşak	Ekolojik zon	Topraküstü biyokütle	(R) Kök-gövde oranı (kuru madde kök / kuru madde gövde)	Kaynak	
Tropikal	Tropikal yağmur ormanı		0.37	Fittkau and Klinge, 1973	
	Tropikal nemli geniş yapraklı orman	Topraküstü biyokütle <125 ton/ ha	0.20 (0.09 - 0.25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		Topraküstü biyokütle >125 ton/ ha	0.24 (0.22 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Tropikal kuru orman	Topraküstü biyokütle <20 ton/ ha	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		Topraküstü biyokütle >20 ton/ ha	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Tropikal makilik		0.40	Poupon, 1980	
Tropikal dağlık ekosistemler		0.27 (0.27 - 0.28)	Singh <i>et al.</i> , 1994		
Yarı tropikal	Yarı tropikal nemli orman	Topraküstü biyokütle <125 ton/ ha	0.20 (0.09 - 0.25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		Topraküstü biyokütle >125 ton/ ha	0.24 (0.22 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Yarıtropikal kuru orman	Topraküstü biyokütle <20 ton/ ha	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		Topraküstü biyokütle >20 ton/ ha	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Yarıtropikal step		0.32 (0.26 - 0.71)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Yarıtropikal dağlık ekosistemler				
Ilıman	Ilıman okyanus ormanlar	İğne yapraklı, Topraküstü biyokütle < 50 ton/ ha	0.40 (0.21 - 1.06)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		İğne yapraklı, Topraküstü biyokütle 50-150 ton/ ha	0.29 (0.24 - 0.50)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Ilıman karasal ormanlar	İğne yapraklı, Topraküstü biyokütle > 150 ton/ ha	0.20 (0.12 - 0.49)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		Quercus spp. Topraküstü biyokütle >70 Ton/ ha	0.30 (0.20 - 1.16)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Ilıman step	Eucalyptus spp. Topraküstü biyokütle < 50 ton/ ha	0.44 (0.29 - 0.81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
		Eucalyptus spp. Topraküstü biyokütle 50-150 ton/ ha	0.28 (0.15 - 0.81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006	
	Eucalyptus spp. Topraküstü biyokütle > 150 ton/ ha	0.20 (0.10 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006		
	Diğer geniş yapraklı, Topraküstü biyokütle < 75 ton/ ha	0.46 (0.1 - 0.93)	Mokany <i>et al.</i> , 2006		
	Diğer geniş yapraklı, Topraküstü biyokütle 75-150 ton/ ha	0.23 (0.13 - 0.37)	Mokany <i>et al.</i> , 2006		
	Diğer geniş yapraklı, Topraküstü biyokütle > 150 ton/ ha	0.24 (0.17 - 0.44)	Mokany <i>et al.</i> , 2006		
	Soğuk	Soğuk iğne yapraklı ormanlar Soğuk Tundra	Topraküstü biyokütle < 75 ton/ ha	0.39 (0.23 - 0.96)	Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006
			Topraküstü biyokütle > 75 ton/ ha	0.24 (0.15 - 0.37)	Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006
		Soğuk dağlık ekosistemler			

Ek Tablo 4. Soğuk kuşak ormanları için geçerli (default) BCEF değerleri (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Orman tipi	BCEF	Dikili hacim (m ³)			
			<20	21 – 50	51 – 100	> 100
Soğuk	Çam	BCEFS	1.2 (0.85 – 1.3)	0.68 (0.5 – 0.72)	0.57 (0.52 – 0.65)	0.5 (0.45 – 0.58)
		BCEFI	0.47	0.46	0.46	0.463
		BCEFR	1.33	0.75	0.63	0.55
	Melez	BCEFS	1.22 (0.9 – 1.5)	0.78 (0.7 – 0.8)	0.77 (0.7 – 0.85)	0.77 (0.7 – 0.85)
		BCEFI	0.9	0.75	0.77	0.77
		BCEFR	1.35	0.87	0.85	0.85
	Göknaar ve ladin	BCEFS	1.16 (0.8 – 1.5)	0.66 (0.55 – 0.75)	0.58 (0.5 – 0.65)	0.53 (0.45 – 0.605)
		BCEFI	0.55	0.47	0.47	0.464
		BCEFR	1.29	0.73	0.64	0.59
	Geniş yapraklı	BCEFS	0.9 (0.7 – 1.2)	0.7 (0.6 – 0.75)	0.62 (0.53 – 0.7)	0.55 (0.5 – 0.65)
		BCEFI	0.65	0.54	0.52	0.505
		BCEFR	1.0	0.77	0.69	0.61

Ek Tablo 5. Ilıman kuşak ormanları için geçerli (default) BCEF değerleri (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Orman tipi	BCEF	Dikili hacim (m ³)				
			<20	21 – 40	41 – 100	100 – 200	> 200
Ilıman	Geniş yapraklı	BCEFS	3.0 (0.8 – 4.5)	1.7 (0.8 – 2.6)	1.4 (0.7 – 1.9)	1.05 (0.6 – 1.4)	0.8 (0.55 – 1.1)
		BCEF _I	1.5	1.3	0.9	0.6	0.48
		BCEFR	3.33	1.89	1.55	1.17	0.89
	Çam türleri	BCEFS	1.8 (0.6 – 2.4)	1.0 (0.65 – 1.5)	0.75 (0.6 – 1.0)	0.7 (0.4 – 1.0)	0.7 (0.4 – 1.0)
		BCEF _I	1.5	0.75	0.6	0.67	0.69
		BCEFR	2.0	1.11	0.83	0.77	0.77
	Diğer ibrelili	BCEFS	3.0 (0.7 – 4.0)	1.4 (0.5 – 2.5)	1.0 (0.5 – 1.4)	0.75 (0.4 – 1.2)	0.7 (0.35 – 0.9)
		BCEF _I	1.0	0.83	0.57	0.53	0.60
		BCEFR	3.33	1.55	1.11	0.83	0.77
Akdeniz, Yağışsız tropikal, Yarı tropikal	Geniş yapraklı		<20	21 – 40	41 – 80	> 80	
		BCEFS	5.0 (2.0 – 8.0)	1.9 (1.0 – 2.6)	0.8 (0.6 – 1.4)	0.66 (0.4 – 0.9)	
		BCEF _I	1.5	0.5	0.55	0.66	
	BCEFR	5.55	2.11	0.89	0.73		
	İbrelili	BCEFS	6.0 (3.0 – 8.0)	1.2 (0.5 – 2.0)	0.6 (0.4 – 0.9)	0.55 (0.4 – 0.7)	
		BCEF _I	1.5	0.4	0.45	0.54	
BCEFR		6.67	1.33	0.67	0.61		

Ek Tablo 6. Tropikal kuşak ormanları için geçerli (default) BCEF değerleri (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Orman tipi	BCEF	Dikili hacim (m³)							
			<10	11 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	80 – 120	120 – 200	>200
Nemli Tropikal	İbrel	BCEFs	4.0 (3.0 - 6.0)	1.75 (1.4 - 2.4)	1.25 (1.0 - 1.5)	1.0 (0.8 - 1.2)	0.8 (0.7 - 1.2)	0.76 (0.6 - 1.0)	0.7 (0.6 - 0.9)	0.7 (0.6 - 0.9)
		BCEFi	2.5	0.95	0.65	0.55	0.53	0.58	0.66	0.7
		BCEFr	4.44	1.94	1.39	1.11	0.89	0.84	0.77	0.77
	Doğal orman	BCEFs	9.0 (4.0 - 12.0)	4.0 (2.5 - 4.5)	2.8 (1.4 - 3.4)	2.05 (1.2 - 2.5)	1.7 (1.2 - 2.2)	1.5 (1.0 - 1.8)	1.3 (0.9 - 1.6)	0.95 (0.7 - 1.1)
		BCEFi	4.5	1.6	1.1	0.93	0.9	0.87	0.86	0.85
		BCEFr	10.0	4.44	3.11	2.28	1.89	1.67	1.44	1.05

İklim	Emisyon Faktörleri (ton C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	
	Değerler	Aralık
Tropikal	1.36	0.82 – 3.82

Ilıman	0.68	0.41 – 1.91
Soğuk	0.16	0.08 – 1.09

Ek Tablo 7. Farklı orman tipleri için biyokütle karbon stok ve stok artımı değerleri (IPCC, 2006)

İklim tipi	Ekolojik zon	Doğal ormanlarda toprak üstü biyokütle (ton d.m. ha ⁻¹)	Plantasyon ormanlarda toprak üstü biyokütle (ton d.m. ha ⁻¹)	Doğal ormanlarda net toprak üstü biyokütle artımı (ton d.m. ha ⁻¹ y ⁻¹)	Plantasyon ormanlarda net toprak üstü biyokütle artımı (ton d.m. ha ⁻¹ y ⁻¹)
Tropikal	Tropikal yağmur ormanı	300	150	7.0	15.0
	Tropikal nemli yapraklı orman	180	120	5.0	10.0
	Tropikal kuru orman	130	60	2.4	8.0
	Tropikal maki	70	30	1.0	5.0
	Tropikal dağ ekosistemi	140	90	1.0	5.0
Sub-tropikal	Subtropikal nemli orman	220	140	5.0	10.0
	Subtropikal kuru orman	130	60	2.4	8.0
	Subtropikal step	70	30	1.0	5.0
	Subtropikal dağ ekosistemi	140	90	1.0	5.0
Ilıman	Ilıman okyanus etkisinde orman	180	160	4.4	4.4
	Ilıman karasal orman	120	100	4.0	4.0
	Ilıman dağ ekosistemleri	100	100	3.0	3.0
Soğuk	Soğuk kuşak ibreli orman	50	40	1.0	1.0
	Soğuk kuşak tundra	15	15	0.4	0.4
	Soğuk kuşak dağ ekosistemi	30	30	1.0	1.0

Ek Tablo 8. Çeşitli odunsu tür ve cinslerin fırın kurusu ağırlık oranları (IPCC, 2006).

Ağaç türü	D fırın kurusu ağırlık ton / nemli m ³	Kaynak
Abies spp.	0.40	Dietz, 1975
Acer spp.	0.52	Dietz, 1975
Alnus spp.	0.45	Dietz, 1975
Betula spp.	0.51	Dietz, 1975
Fagus sylvatica	0.58	Dietz, 1975
Fraxinus spp.	0.57	Dietz, 1975
Larix decidua	0.46	Dietz, 1975
Picea abies	0.40	Dietz, 1975
Picea sitchensis	0.40	Knigge ve Shulz 1966
Pinus pinaster	0.44	Rijsdijk ve Laming 1994
Pinus radiata	0.38 (0.33 – 0.45)	Beets ve ark. 2001
Pinus strobus	0.32	Dietz, 1975
Pinus sylvestris	0.42	Dietz, 1975
Populus spp.	0.35	Dietz, 1975
Prunus spp.	0.49	Dietz, 1975
Pseudotsuga menziesii	0.45	Dietz, 1975
Quercus spp.	0.58	Dietz, 1975
Salix spp.	0.45	Dietz, 1975
Tilia spp.	0.43	Dietz, 1975

Ek Tablo 9. Mineral Topraklar İçin Referans (Doğal Bitki Örtüsü Altında) Geçerli Toprak Organik Karbon (SOCREF) Değerleri (0-30 cm de ton C /ha)

İklim Bölgesi	HAC ¹	LAC ²	Kumlu ³	Spodik ⁴	Volkanik ⁵	Sulak alan toprağı ⁶
Soğuk	68	NA	10	117	20	146
Serin ılıman, kuru	50	33	34	NA	20	87
Serin ılıman, nemli	95	85	71	115	130	
Sıcak ılıman, kuru	38	24	19	NA	70	88
Sıcak ılıman, nemli	88	63	34	NA	80	
Tropikal, kuru	38	35	31	NA	50	86
Tropikal, nemli	65	47	39	NA	70	
Tropikal, ıslak	44	60	66	NA	130	
Tropikal, dağlık	88	63	34	NA	80	

¹ HAC (Yüksek aktivite kil) toprakları düşük veya orta seviyede ayrılmış 2:1 silikat kil minerallerince domine edilen topraklardır. World Reference Base for Soil Resources (WRB) sınıflamasına göre bu gruba dahil olan toprak grupları Leptosoller, Vertisoller, Kastanozemler, Chernozemler, Phaeozemler, Luvisoller, Alisoller, Albeluvisoller, Solonçaklar, Calcisoller, Gypsisoller, Umbrisoller, Cambisoller, Regosoller; USDA sınıflamasına göre ise Mollisoller, Vertisoller, yüksek alkali seviyesinde Alfisoller, Aridisoller, İnseptisollerini kapsamaktadır.

² LAC ((Yüksek aktivite kil)) toprakları yüksek seviyede ayrılmış 1:1 kil mineralleri ve amorf demir ve alüminyum oksitlerce domine edilen topraklardır. WRB sınıflamasına göre Acrisoller, Lixisoller, Nitisoller, Ferralsoller, Durisoller; USDA sınıflamasına göre Ultisoller, Oxisoller, acidic Alfisollerini kapsamaktadır.

³ Taksonomik sınıflamasına bakılmadan %70 oranından yüksek kum, %8 oranından düşük kil içeren topraklardır. WRB sınıflandırmasına göre Arenosoller; USDA sınıflandırmasında Psammentleri kapsar.

⁴ Yüksek oranda podzollaşmaya maruz kalmış topraklardır. WRB sınıflandırmasında Podzoller; USDA sınıflandırmasında Spodosollerini kapsamaktadır.

⁵ Volkanik küllerden oluşmuş topraklar. WRB sınıflamasında Andosoller; USDA sınıflamasında Andisoller.

⁶ Drenaj özellikleri kötü olan topraklar. Periyodik taşkın ve oksijensiz ortam söz konusu. WRB sınıflamasında Gleysoller; USDA sınıflamasında Aquik alt gruplar.

Ek Tablo 10. Farklı Vejetasyon Tipleri için Biyokütle Yakıt (Ölü organik madde + canlı biyokütle) Yanma Değerleri (ton d.m. / ha)

Bitki örtüsü tipi	Alt kategori	Ortalama	Std. Hata
Birincil tropikal orman (kesip yakma uygulaması)	Birincil tropikal orman	83.9	25.8
	Birincil tropikal açık orman	163.6	52.1
	Birincil tropikal nemli orman	160.4	11.8
	Birincil tropikal kuru orman	-	-
Tüm birincil tropikal ormanlar için		119.6	50.7
İkincil tropikal orman (kesip yakma uygulaması)	Genç ikincil tropikal orman (3-5 yıl)	8.1	-
	Orta yaşlarda ikincil tropikal orman (6-10 yıl)	41.1	27.4
	İleri yaşlarda ikincil tropikal orman (14-17 yıl)	46.4	8.0
Tüm ikincil tropikal ormanlar için		42.2	23.6
Tüm üçüncül tropikal ormanlar için		54.1	-
Soğuk kuşak ormanları	Yangın (genel)	52.8	48.4
	Tepe yangını	25.1	7.9
	Örtü yangını	21.6	25.1
	Yakma sonrası üretim	69.6	44.8
	Tüm biyokütlenin yakılması	87.5	35.0
Tüm soğuk kuşak ormanları		41.0	36.5
Ökalyptus ormanı	Yangın	53.0	53.6
	Kontrollü yakma - (örtü)	16.0	13.7
	Yakma sonrası üretim	168.4	168.8
	Kesim, taşıma ve yakma (tüm biyokütlenin yakılması)	132.6	-
Tüm Ökalyptus ormanları		69.4	100.8
Diğer ılıman Kuşak Ormanları	Yangın	19.8	6.3
	Yakma sonrası üretim	77.5	65.0
	Kesim ve yakma (tüm biyokütlenin yakılması)	48.4	62.7
Tüm diğer ılıman kuşak ormanları		50.4	53.7
Makilikler	Makilikler (genel)	26.7	4.2
	Süprüge otu (<i>Calluna</i> sp.)	11.5	4.3
	Yavşan (<i>Artemisia</i> sp.)	5.7	3.8
	Fynbos makilikler	12.9	0.1
Tüm makilikler		14.3	9.0
Odunsu savanlar (erken kuru sezon yakma)	Odunsu savanlar	2.5	-
	Odunsu kümelerin yer aldığı savanlar	2.7	-
Tüm odunsu makilikler (erken kuru sezon yakma)		2.6	0.1
Odunsu savanlar (kuru sezon ortası veya sonu yakma)	Odunsu savanlar	3.3	-
	Odunsu kümelerin yer aldığı savanlar	4.0	1.1

	Tropikal savanlar	6.0	1.8
	Diğer odunsu savanlar	5.3	1.7
Tüm odunsu makilikler (Kuru sezon ortası veya sonu yakma)		4.6	1.5
Otsu savanlar/ Meralar (erken kuru sezon yakma)	Tropikal – subtropikal meralar	2.1	-
	Mera	-	-
Tüm otsu savanlar (erken kuru sezon yakma)		2.1	-
Otsu savanlar/ Meralar (kuru sezon ortası veya sonu yakma)	Tropikal – subtropikal meralar	5.2	1.7
	Mera	4.1	3.1
	Tropikal Mera	23.7	11.8
	Savan	7.0	2.7
Tüm otsu savanlar (Kuru sezon ortası veya sonu yakma)		10.0	10.1
Diğer bitki örtü grupları	Turbalık	41	1.4
	Tundra	10	-
Tarımsal atıklar - anız (hasat sonrası anız yakma)	Buğday atıkları	4.0	-
	Mısır atıkları	10.0	-
	Pirinç atıkları	5.5	-
	Şekerkamışı	6.5	-

Ek Tablo 11. Çeşitli yanma tipleri için emisyon faktörleri (g/kg d.m.) (IPCC, 2006 Tablo 2.5.)

Kategori	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x
Savan ve mera	1613 ± 95	65 ± 20	2.3 ± 0.9	0.21 ± 0.10	3.9 ± 2.4
Anız	1515 ± 177	92 ± 84	2.7	0.07	2.5 ± 1.0
Tropikal orman	1580 ± 90	104 ± 20	6.8 ± 2.0	0.20	1.6 ± 0.7
Extra tropikal orman	1569 ± 131	107 ± 37	4.7 ± 1.9	0.26 ± 0.07	3.0 ± 1.4
Biyoyakıt yakma	1550 ± 95	78 ± 31	6.1 ± 2.2	0.06	1.1 ± 0.6

Ek Tablo 12. Çeşitli vejetasyon tipleri için yanma faktörü değerleri (yanan miktarın toplam biyokütleyle oranı) (IPCC, 2006 Tablo 2.6)

Bitki örtüsü tipi	Alt kategori	Ortalama	Std. Hata
Birincil tropikal orman (kesip yakma uygulaması)	Birincil tropikal orman	0.32	0.12
	Birincil tropikal açık orman	0.45	0.09
	Birincil tropikal nemli orman	0.50	0.03
	Birincil tropikal kuru orman	-	-
Tüm birincil tropikal ormanlar için		0.36	0.13
İkincil tropikal orman (kesip yakma uygulaması)	Genç ikincil tropikal orman (3-5 yıl)	0.46	-
	Orta yaşlarda ikincil tropikal orman (6-10 yıl)	0.67	0.21
	İleri yaşlarda ikincil tropikal orman (14-17 yıl)	0.50	0.10
Tüm ikincil tropikal ormanlar için		0.55	0.06
Tüm üçüncül tropikal ormanlar için		0.59	-
Soğuk kuşak ormanları	Yangın (genel)	0.40	0.06
	Tepe yangını	0.43	0.21
	Örtü yangını	0.15	0.08
	Yakma sonrası üretim	0.33	0.13
	Tüm biyokütlenin yakılması	0.59	-
Tüm soğuk kuşak ormanları		0.34	0.17
Ökalyptus ormanı	Yangın	-	-
	Kontrollü yakma - (örtü)	0.61	0.11
	Yakma sonrası üretim	0.68	0.14
	Kesim, taşıma ve yakma (tüm biyokütlenin yakılması)	0.49	-
Tüm Ökalyptus ormanları		0.63	0.13
Diğer Ilıman Kuşak Ormanları	Yakma sonrası üretim	0.62	0.12
	Kesim ve yakma (tüm biyokütlenin yakılması)	0.51	-
Tüm diğer ılıman kuşak ormanları		0.45	0.16
Makilikler	Makilikler (genel)	0.95	-
	Süpürge otu (<i>Calluna sp.</i>)	0.71	0.30
	Fynbos makilikler	0.61	0.16
Tüm makilikler		0.72	0.25
Odunsu savanlar (erken kuru sezon yakma)	Odunsu savanlar	0.22	-
	Odunsu kümelerin yer aldığı savanlar	0.73	-
	Diğer odunsu savanlar	0.37	0.19
Tüm odunsu makilikler (erken kuru sezon yakma)		0.40	0.22
Odunsu savanlar (kuru sezon ortası veya sonu yakma)	Odunsu savanlar	0.72	-
	Odunsu kümelerin yer aldığı savanlar	0.82	0.07
	Tropikal savanlar	0.73	0.04
	Diğer odunsu savanlar	0.68	0.19

Tüm odunsu makilikler (Kuru sezon ortası veya sonu yakma)		0.74	0.14
Otsu savanlar/ Meralar (erken kuru sezon yakma)	Tropikal - subtropikal meralar	0.74	-
	Mera	-	-
Tüm otsu savanlar (erken kuru sezon yakma)		0.74	-
Otsu savanlar/ Meralar (kuru sezon ortası veya sonu yakma)	Tropikal - subtropikal meralar	0.92	0.11
	Tropikal Mera	0.35	0.21
	Savan	0.86	0.12
Tüm otsu savanlar (Kuru sezon ortası veya sonu yakma)		0.77	0.26
Diğer bitki örtü grupları	Turbalık	0.50	-
	Tropikal sulak alan	0.70	-
Tarımsal atıklar - anız (hasat sonrası anız yakma)	Buğday atıkları	0.90	-
	Mısır atıkları	0.80	-
	Pirinç atıkları	0.80	-
	Şekerkamışı	0.80	-





AĞAÇ- LANDIRMA & KARBON ODAKLI ORMANCILIK

PROJELERİNE YÖNELİK
ARAZİ ÖLÇME, ÖRNEKLEME VE
GÖZLEM METODOLOJİSİ

Prof. Dr. YUSUF SERENGİL



Masai Mara/Kenya

CDM: Temiz Kalkınma Mekanizması

DBH: Ağaç Göğüs Çapı

DW: Ölü Odun

GPG: İyi Uygulama Rehberi

IFM: Karbon Odaklı Orman Yönetimi

LIDAR: Işık Algılama ve Konumlandırmaya Dayalı Uzaktan Algılama Tekniği

NIR: Ulusal Envanter Raporu

OGM: Orman Genel Müdürlüğü

QA/QC: Kalite Güvencesi/Kalite Kontrolü

SOC: Toprak Organik Karbonu

TÜB: Toprak Üstü Biyokütle

TAB: Toprak Altı Biyokütle

ÖNSÖZ

Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu geçtiğimiz yıllar içerisinde 400 ppm'in üzerine çıkmış ve artmaya devam etmektedir. Biyosferdeki insan faaliyetlerinin bu artıştaki rolü bütüncül olarak neredeyse kesin bir biçimde ortaya konulmuştur. Lakin özellikle arazi kullanma ve ormancılık sektörlerindeki faaliyetlerin atmosferdeki sera gazı konsantrasyonundaki artışta nasıl ve ne ölçüde bir etkiye sahip olduğu belirgin değildir. Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu biyosferdeki yutak alanlarla yakından ilgilidir. Örneğin küresel ölçekteki ormansızlaşmanın konsantrasyonun artışında rolü olduğu bilinmektedir zira karasal karbon yutakları atmosfere salınmaktadır. Fakat daha dar ölçekteki bir ekosistemdeki karbon stok ve değişimini ortaya koymak ve atmosferdeki etkisini hesaplamak kolay değildir, hesap seviyesine ve hesaplama konu olan ekolojik sistemin karmaşıklığına göre değişiklik gösterebilmektedir. Hesaplama sürecinde birçok faktör ve varsayım işin içine girmekte ve özellikle verinin yeterince sağlam olmadığı ülke ve bölgelerde hesaplamanın hata payı ve güvenilirliği düşmektedir. Hesaplama sürecinde temel aşama olan arazi örnekleme bu bakımdan önemlidir. Tutarlı, karşılaştırılabilir ve gerçeğe en yakın sonuçların elde edilebilmesi için örnek, ölçme ve hesaplamaların belirli kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmesi gerekir.

Geçen on yıl içerisinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) müzakere süreci birçok yeni fon kaynağı üretmiştir. Bu fon kaynakları, başta Yeşil İklim Fonu (GCF) olmak üzere neredeyse tümüyle operasyonel durumdadır. Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda GCF'den yararlanıp yararlanamayacağı belirsizliğini korumaktadır. Ancak Türkiye, GEF (Küresel Çevre Fonu) ve benzeri kaynaklardan uzun yıllardır yararlanmaktadır. Yeni fon kaynaklarının Türkiye'ye açılması, karbon fiyatlarının yükselmesi ve yeni iklim anlaşması kapsamında Türkiye'nin daha yüksek bir azaltım potansiyeline sahip olacağı varsayıldığında, önümüzdeki on yıllar içerisinde ormancılık odaklı karbon projelerinin daha çok gündeme geleceği ve yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Karbon projelerinin metodolojik yapıları, ekosistem tipleri, teknolojik altyapı ve ölçek/hassasiyet düzeyleri bakımlarından büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu dokümanın amacı, Türkiye'de yapılmakta olan ve yapılacak karbon odaklı ormancılık projeleri için şeffaflık, tutarlılık ve karşılaştırılabilirliği sağlayıcı ortak prensipleri ortaya koymaktır. Başka bir deyişle karbon projelerinin arazi ölçümleri ve hesaplamalarında minimum standartları belirlemektir. Bu sayede Türkiye'de yapılan ormancılık projelerinin ölçülebilirlik, raporlanabilirlik ve doğrulanabilirlik (MRV) yönünden kabul edilebilirliğinin artırılması hedeflenmektedir.

GİRİŞ	301
KARBON STOK DEĞİŞİMİNİ HESAPLANMASINDA YÖNTEMLER –Stok Değişimi ve Akı Ölçmeleri	306
PROJE TİPLERİ İÇİN ENVANTER YAKLAŞIMLARI	308
Konservatiflik	311
TACCC Prensibi	311
Doğrulanabilirlik (Verifiability)	312
Projeli (with project) ve Projesiz (without project) Durum	313
PROJE ALANININ HARİTALANMASI VE KATMANLARA AYRILMASI	315
AĞAÇLANDIRMA VE YENİDEN ORMANLAŞTIRMA (AR) ve KARBON ODAKLI ORMAN YÖNETİMİ (IFM) PROJELERİNDE KARBON HAVUZLARI	317
ÖRNEKLEME SİSTEMİ VE PLANI	320
ÖRNEK ALAN SAYISI	320
Kalıcı ve Geçici Örnek Alanlar	321
ÖRNEK ALAN ŞEKLİ	325
ÖRNEK ALANLARDA ÖLÇÜMLER	327
Biyokütle	331
Ölü Örtü ve Ölü Odun	333
ÖLÜ ODUN ÖRNEKLEME VE HESABI	334
Toprak	336
ÖLÇÜM SONUÇLARININ KARBON STOK VE STOK DEĞİŞİMİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ	339
Biyokütle Hesaplaması	339
Ölü Örtü/Ölü Odun Hesaplaması	340
Topraktaki Karbon Stoğunun Hesaplanması	341
Aşama 1. Hacim ağırlığı hesaplaması	341
Aşama 2. Hektarda karbon stoku hesaplaması	342
BELİRSİZLİK ANALİZİ	344
PROJEDE KARBON KAÇAKLARININ ANALİZİ (LEAKAGE ANALYSIS)	347
KALİTE KONTROL VE KALİTE GÜVENCESİ (QA/QC)	349
KAYNAKLAR	350
EKLER	352

GİRİŞ

Küresel ölçekte en büyük karbon havuzu okyanuslar olmakla beraber, insan kontrolündeki en önemli karbon havuzu ekosistemlerdir. Toplam 48.000 Gt karbonun 39.000 Gt'lik kısmı okyanuslardadır. Fosil yakıtlardaki karbon miktarı 6.000 Gt, toprak dahil ekosistemlerdeki karbon miktarı 2.500 Gt, atmosferdeki miktar ise 800 Gt civarındadır. Fosil yakıtların kullanımı ve çimento üretimi nedeniyle yıllık 6.3 Gt karbon atmosfere salınmakta, bunun 2.3 Gt'lik kısmı okyanuslarca, net 0.7 Gt karasal ekosistemlerce tutulmakta (yaklaşık 60 Gt tutulmaktadır ve ayrıca bir bu kadar da solunum, ayrışma ve yangın ile atmosfere salınmaktadır), geriye kalan 3.3 Gt karbon ise her yıl atmosferdeki havuza eklenmektedir. Fosil yakıt yakılması ile 6.3 Gt karbon atmosfere yayılırken, fosilleşme(yani deniz ve okyanus diplerinde sedimentlerde birikme) ile tutulan karbon miktarı 0.2 Gt C yıldır (Hairiah ve ark., 2010).

Küresel ölçekte net ormansızlaşma söz konusu olduğundan Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO) sektörü toplam salımda %10-20 arası bir paya sahiptir (Houghton, 2005; Dolman ve ark., 2010). Bu durumun bir sonucu olarak BMİDÇS kapsamına arazi kullanımı ve ormancılığın önemi geçen yıllarda artmış, Paris Anlaşması kapsamında da önemi vurgulanmıştır. Ayrıca başta Avrupa Birliği (AB) olmak üzere birçok taraf ülke 2020 ve 2030 azaltım hedeflerinde arazi kullanma ve ormancılık sektörünü dikkate alacağını ifade etmiştir (Ulusal Katkı Beyanı - NDC). Bu durum başta gelişmekte olan ülkelerdeki ormansızlaşmadan ve orman bozulmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması (REDD+) olmak üzere arazi kullanma odaklı projelerin önümüzdeki on yıllarda artarak devam edeceğini ortaya koymaktadır.

Sera gazı hesaplamalarında arazide yapılan ölçümler kritik öneme sahiptir. Doğru ve ayrıntılı bir arazi örneklemesine dayalı karbon stok değişim hesaplamasında belirsizlik oranı düşüktür; buna karşın standart dışı/kaba olarak nitelendirebileceğimiz bir arazi örnekleme ile veya hiç örnekleme yapılmadan gerçekleştirilen tahminlerde belirsizlik oranı yüksektir. Yüksek bütçeli veya prestijli projelerde belirsizlik oranının düşük olması, yani iyi bir tahmin yapılması beklenir. Kasım 2016'da yürürlüğe giren Yeni İklim Anlaşması ile yeni bir iklim rejimine doğru ilerlemekteyiz. Bu süreçte gerek proje bazında, gerekse ulusal ölçekte hassas hesaplama sistemlerine ihtiyaç duyulması kaçınılmazdır. Küresel düzlemde iklim projelerinin bütçesi yıllık yaklaşık 10-15 milyar dolardır ve 2020 yılında 100 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. İklim fonları gittikçe daha hassas ve yüksek doğrulukta hesaplamaları öngörmektedir. Bir başka deyişle MRV (Ölçülebilir, Raporlanabilir, Doğrulanabilir) yönünden beklentiler yükselmektedir.

Küresel ölçekte, 1994 yılında yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile başlayan iklim değişikliği ile mücadele sürecinin, geçen yıl kabul edilen ve imzaya açılan yeni iklim anlaşması ile önümüzdeki on yılda daha üst seviyeye çıkması beklenmektedir. Bu süreçte Türkiye gelişmiş ülkeler kategorisinde (Ek-1) yer almakta ve BMİDÇS Sekreteryasına her yıl sera gazı envanteri (NIR), iki yıllık raporlama (BR) ve her 5 yılda bir ulusal bildirim (NC) sunma zorunluluğu bulunmaktadır.

BMİDÇS, iklim değişikliği sorununa küresel ölçekte çözüm getirme çabasıdır. İnsan faaliyetleri sonucu atmosferde sera gazları oranı her geçen gün artmaktadır. “Paris Anlaşması” ile sonuçlanan taraflar toplantısında (COP21), iklim değişikliğinin insan kaynaklı olduğu bir kez daha vurgulanmış, küresel ölçekte karbon salımının azaltılmasının gerekliliği karara bağlanmıştır. Özellikle 2020 yılına kadar olan süreçte karbon bütçesinin hem küresel hem de bölgesel/ülkesel düzlemde yüksek doğrulukla hesaplanmasının iklim değişikliği ile mücadele bakımından önemi vurgulanmıştır (FCCC, 2015).

Türkiye BMİDÇS kapsamında Ek-1’de yer almakta ve bunun bir sonucu olarak bazı raporlamalar yapmak durumundadır. Bu raporlamalar;

I. Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu (NIR): Bu raporlamada 1990 yılından raporlamanın yapıldığı yılın 2 yıl öncesine kadarki sürecin yıllık düzende hesaplanması ve raporlaması gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla yıllık sera gazı envanter raporu CRF (hesap tabloları) ve NIR (yani yöntem ve verilerin açıklandığı yazılı kısım) olarak her yıl 15 Nisan’da sekreteryaya gönderilmektedir.

II. İki Yıllık Raporlama (Biannual Report- BR): 2014 yılından itibaren yeni bir raporlama sistemi ortaya çıkmıştır. İki yıllık raporlama olarak adlandırılan bu rapor sisteminde ana amaç raporlamayı yapan taraf ülkenin hedeflerine ne ölçüde yaklaştığının ortaya konulmasıdır. Bunun için hedefler, bu hedefe ulaşmaya yönelik azaltım önlem ve politikaları ve bu politikaların etkileri ortaya konulmaktadır. Bu raporlama sisteminde ayrıca projeksiyonlar da yer almaktadır. Mevcut durum (Business as Usual) ve önlemler (With Measures) senaryolarına ait projeksiyonlar açıklanmaktadır. Türkiye 2016’da başladığı bu raporlama sisteminde özellikle projeksiyonlar ve önlemlerin etkileri konularında henüz işin başındadır.

III. Ulusal Bildirim (National Communication- NC): Bu raporlama sisteminin amacı raporlamayı yapan taraf ülkenin iklim değişikliği ile mücadelede tüm çabasının ortaya konulmasıdır. Beş yılda bir gerçekleştirilen bu raporlama ile projeksiyonlar, envanterdeki değişiklikler, politikalar ve önlemler yer almaktadır. Türkiye Ulusal Bildirim'inin 6.'sını Sekreteryaya göndermiştir.

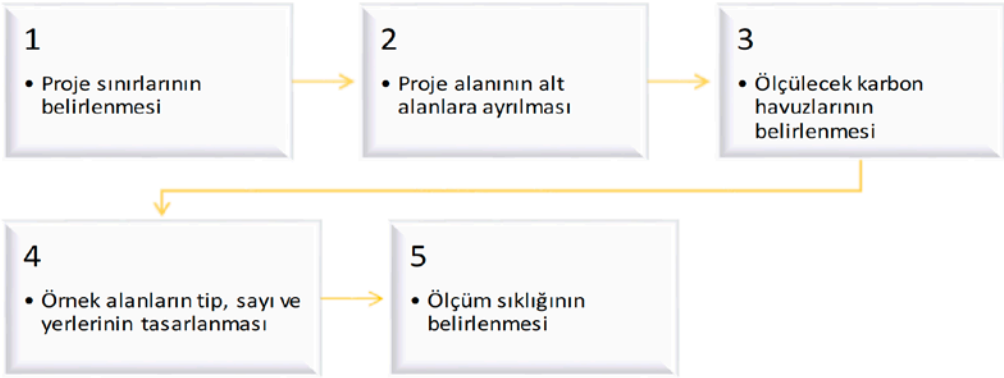
Bu raporlamalar AKAKDO'nun da yer aldığı 5 ana sektörü kapsamaktadır. AKAKDO sektörü diğer sektörlerle göre daha karmaşık hesaplama yöntemlerini içerir; çünkü bir ekosistemin tuttuğu ve saldıgı karbon miktarları zaman ve mekan ölçeğinde büyük değişimler gösterir.

AKAKDO sektöründeki hesaplamalarda üç seviye söz konusudur. Birinci seviye hesaplamalarda IPCC (2006), IPCC Wetlands Supplement (2013) veya IPCC Supplementary Methods on Kyoto Protocol'de (2013) yer alan katsayılardan yararlanılmaktadır. Bu katsayılar belli toprak ve iklim tipleri için geçerli olan literatür incelemesine dayalı genel rakamlardır ve "default (varsayılan)" olarak ifade edilirler. Bu genel katsayılarla hesap yapmak beraberinde büyük hata paylarını da getirebilir. Dolayısıyla elde hiç verinin olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. İkinci seviye hesaplamasında ülkeye özgü katsayı ve değerler kullanılır.

Türkiye'de toprak ve biyokütle karbonu ile ilgili birçok araştırma bulgusu söz konusu olduğundan sera gazı envanterimizde veya proje bazındaki hesaplamalarda ikinci seviye hesaplamalar yapılabilmektedir. Üçüncü ve en gelişmiş hesaplama seviyesinde ise ülkeye özgü katsayılar bir modelleme sistemi ile ayrıntılı olarak ele alınmakta bu sayede hem mevcut salım ve tutum dengesi ortaya konulabilmekte hem de ileriye dönük farklı senaryoların sonuçları değerlendirilebilmektedir. Örneğin ülke ormancılığımızda önümüzdeki 10 yıl içinde artımın %20'si, %50'si, %100'ünün alındığı farklı ormancılık entansitelerinin etkileri karbon bilançosu yönünden ortaya konulabilir, bu da karar vericilere çok değerli bir kriter sağlayabilir.

Gerek proje bazında gerek ulusal ölçekte modelleme aşamasına geçilebilmesi için ülke sathına yayılmış, yüksek hassasiyette araştırma bulgularına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu el kitabının amacı karbon araştırmalarında ve projelerinde ülke geneline standardizasyonu sağlamak ve yol göstermektir.

Bir karbon projesinde eğer arazi örnekleme ayağı söz konusu ise izlenmesi gereken aşamalar aşağıdaki gibidir;



Karbon projelerinde envanter çalışması yapılmasının gerekçeleri (Diaz ve ark., 2011);

- Proje başlangıç aşamasındaki (T0) karbon stok seviyesinin belirlenmesi
- Karbon stoklarındaki artışların ölçülmesi
- Baz ve aktüel proje senaryolarının oluşturulmasına veri sağlanması
- Doğal sebepler veya insan etkisi ile gerçekleşen karbon stok değişimlerinin izlenmesidir

Öte yandan önemli bir diğer konu gerçekleştirilecek karbon projesinin hangi program kapsamında yapılacak olduğudur. Projenin ilgili programın dikte ettiği standartlara uygun yapılandırılması ve uygulanması gerekir. Bu konuda Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM), Doğrulanmış Karbon Standardı (VCS), vb. programlarının belli ölçüde farklılıkları söz konusudur. Ortak nokta ise konservatif olma, bir yönlendirme veya etkiden uzak olma ve belirsizliğin mümkün olduğunca düşük tutulmasıdır.

Orman karbonu projelerinde proje sayesinde tutulan veya salımı önlenen karbonla ilgili hesaplamalara "tahmin(estimation)" veya "hesaplama (calculation)", ortaya çıkan karbon kredilerinin veya proje sayesinde kazanılan karbon birimlerinin hesaplanmasına ise "muhasabe(accounting)" adı verilmektedir.

KARBON

STOK

DEĞİŞİMİNİ

HESAPLAN-

MASINDA

YÖNTEMLER

-Stok Değişimi

ve Akı

Ölçmeleri

Karbon stok değişiminin incelenmesinde 2 temel yaklaşımdan söz edilebilir; stok değişimi (stock change) ve akı (flux) yaklaşımı. Stok değişimi bu kılavuzun genelinde açıklanan IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) metodlarını içerir ve BMİDÇS raporlama standartlarının da dikte ettiği yaklaşımdır. Akı ölçümü yaklaşımında ise belirli bir dönem içinde ekosistemden çıkan ve giren sera gazlarının ölçümleri karşılaştırılır ve farkı alınır. Karbon havuzlarını teker teker incelemek bu yaklaşımda mümkün değildir. Tüm ekosistemin atmosferle olan sera gazı alış verişi hesaplanır. BMİDÇS raporlamalarında ise her karbon havuzu ayrı ayrı raporlandığı için akı ölçmelerinin sera gazı envanterinde genel kullanımı söz konusu değildir ve bunu kullanan ülke de bulunmamaktadır.

Karasal ekosistemler ile atmosfer arasındaki CO₂ akışındaki denge dakika ölçeğinde bile değişim gösterebilir. Örneğin bir bulut geçişi, gece-gündüz, yaz-kış gibi mevsimsel farklılıklarda bir ekosistem salımdan tutuma veya net birikimden salıma geçebilir. Burada anlatılan yaklaşım, yani biyokütlerde karbon birikimine dayalı stok değişim yaklaşımı, yıllık veya çok yıllık değişimlere dayanmaktadır. Atmosfer ve ekosistem arasındaki çok değişken CO₂ akılarının en az yıl ölçeğinde net sonucunu karbon stok değişimi olarak hesaplamaktayız. Fotosentez ve solunum (aynı zamanda ayrışma) arasındaki net değişim genellikle nispeten düşük bir biyokütle artımıdır ve örneğin kurak yıllarda tersine de dönebilir. Hatta yangın veya böcek zararı nedeniyle ortadan da kalkabilir.

Akı ölçmeleri Eddy Kovaryans yöntemi ile yapılmaktadır. Eddy Kovaryans yöntemi BMİDÇS kapsamında yapılan sera gazı envanterinde kullanılan bir yöntem değildir. Sadece CO₂ dışı gazların akılarını belirlemede emisyon faktörü geliştirme veya doğrulama amaçlı olarak kullanılabilir. Henüz ülkemiz ormanlarında uygulanmamış olduğundan yeni bir teknoloji olarak algılanabilir. İncelenen Eddy Akı Kulesi orman vejetasyonunun üzerine kadar uzanan yüksek bir kule olup orman tepe çatısı üzerinden açık hava örnekleme yaparak CO₂, CH₄ ve su buharı ölçmeleri yapmaktadır. CH₄ ölçmeleri eğer sulak alan koşulları mevcutsa kullanılmalıdır. Aksi takdirde önemsiz düzeyde kalacaktır. Avrupa da yaygın bir Eddy Kovaryans izleme sistemi bulunmaktadır.

PROJE
TİPLERİ
İÇİN
ENVANTER
YAKLAŞIM-
LARI

Sera gazı salımlarını azaltmak veya tutumları artırmak amacıyla gerçekleştirilen karbon projelerinin farklı tipleri söz konusudur. Bunlar (Diaz ve ark., 2011);

Ağaçlandırma ve Yeniden Ormanlaştırma (AR): Bu tip projelerde envanter yapmanın amacı ağaçların büyüme sürecinin ortaya konulmasıdır. Bu proje tipinde t0 ölçümü genellikle alanda önceden var olan vejetasyonun ölçülmesini ve arazi hazırlığı nedeniyle ortaya çıkan salımları kapsamaktadır. Dolayısıyla toprak üstü biyokütle yönünden proje başlangıç envanteri ile daha sonraki yıllar yapılan envanterler farklılık gösterecektir zira sonraki yıllarda odunsu vejetasyon ölçümü söz konusu olacaktır.

Karbon Odaklı Orman Yönetimi (IFM): Bu proje tipi AR projeleri ile aynı mantık çerçevesinde biyokütle artışını ortaya koymayı amaçlar. Bunun için kullanılacak modellere veri sağlanması amaçlanır. Önemli olan uygulanan farklı silvikültürel işlemlerin etkilerini model yardımı ile ortaya koymaktır. Bu proje tipinde AR projelerinden farklı olarak t0 zamanı ormanın farklı evreleri olabilir ve kritik öneme sahiptir. Belirlenen t0 zamanı projeli ve projesiz senaryoların başlangıç noktasıdır.

Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasının Önlenmesi (REDD+): Bu proje tipi diğer ikisinden farklılık gösterir. Ana amaç önlenen ormansızlaşma veya orman bozulmasının önlenmesidir. Temel envanter mantığı t0 zamanına dayanmaktadır. Daha sonraki dönemde envanter dönüştürülen arazi kullanımına yönelik olacaktır, örneğin tarım, tarımsal ormancılık veya benzeri vejetasyon.

Her üç proje formatında da envanter sayesinde zaman içinde ortaya çıkan etkiler ve en önemlisi proje kaçağı (project leakage) tespit edilebilir. Genellikle ilk envanter projenin başlangıç yılında gerçekleştirilir. Diğer envanter zamanı ise proje amaç ve süresine bağlı olarak önceden belirlenir. Envanter masraflı bir çalışmayı gerektirdiğinden projenin bütçesi hazırlanırken dikkate alınmalıdır. Çok sık envanter yapılmasına gerek olmayacak proje tasarımları söz konusu olabilir fakat t0 envanterinden belli bir süre sonra bir envanter daha yapılması proje hesaplamalarının doğrulanması yönünden kritik bir öneme sahiptir. AR projelerinde yukarıda da bahsedildiği gibi ağaçlandırma öncesi vejetasyonun da tespit edilebilmesi gereklidir. Dolayısıyla t0, ağaçlandırma öncesi bir zamanı temel almalıdır.

KARBON

PROJELERİN-
DE
PROJE
TASARIM
PRENSİPLERİ

Bir karbon projesinde envanter ve arazi planlaması yapılırken – ki bu planlama bütçe oluşturulurken yapılmalı – en başta hangi arazi tipleri ve karbon havuzlarının ele alınacağı, hangi karbon havuzlarının dikkate alınacağı, hangilerinin ölçüleceği ve ölçümlerin hangi hassasiyet seviyesinde olması gerektiğine karar verilmelidir. Çok hassas ölçümler öngörüldüğünde maliyetin de yüksek olacağı hesaba katılmalıdır. Dolayısıyla projenin boyutu, kapsamı ve amaçları dikkate alınarak yeterli bir hassasiyet derecesi belirlenmelidir. Bu aşamada önemsiz olduğuna karar verilen karbon havuzları uzman görüşü alınarak ihmal edilebilir.

Envantere hazırlanma sürecinde iş ve aşamalar en başta açıkça ortaya konmuş olmalıdır. Bunlar: (1) arazi ve laboratuvar ölçüm yöntemleri; (2) numaralama yöntemi; (3) sıra dışı durumların nasıl değerlendirileceği (yüksek eğim, farklı gövde yapılarının ölçülmesi vb.); (4) veri kayıt; ve (5) analiz yöntemleri ve QA/QC prosedürüdür.

QA/QC prosedürüne örnek olarak (Diaz ve diğ., 2011);

- Örnek alanların %10-20 gibi bir kısmının farklı kişilerce ikinci kez ölçümü
- Uzman envantercinin örnekleme ekibini arazide izlemesi ve hatalar konusunda uyarması (sıcak kontrol)
- Uzman envantercinin ekip ayrıldıktan sonra ölçüm noktasına giderek tekrar ölçüm yapması ve %5'ten daha büyük bir farklılık olup olmadığını tespit etmesi (soğuk kontrol)
- Uzman envantercinin veya diğer ekipten birilerinin rastgele birkaç noktayı tekrar ölçmesi (rastgele kontrol), sonuç değişmese bile belirsizliğin ortaya konması bakımından önemlidir

Aşağıda proje planlama, yürütme ve raporlama aşamalarında dikkate alınması gereken temel prensipler açıklanmıştır.

Konservatiflik

Konservatiflik, karbon projelerinin en temel prensiplerinden birisidir. Proje kapsamında gerçekleşmesi beklenen emisyon azaltımının konservatif hesaplanmasını esas alır. Belli bir hesaplama aralığında projeli durumdaki tutumların en düşük, salımların ise en yüksek seviyede, projersiz durum senaryosunda (baz senaryoda) ise tam tersi yönde hesaplanmasını öngörür.

Proje geliştiricilerin az kullanılan ve pek güvenilir olmayan yöntem ve yaklaşımlardan uzak durmaları bu bakımdan önemlidir. Eğer böyle bir zorunluluktan kaçınmak mümkün değilse bu durumda doğrulayıcıyı, ikna edebilecek ve konservatifliği destekleyici bazı dokümanlar ve istatistiksel açıklamalar sağlanmalıdır. Örneğin LIDAR gibi uzaktan algılamaya dayalı bir yöntem, uygulaması gelecek vaat eden ve pratik bir yaklaşım olsa ve bazı standartlarca (örneğin Doğrulanmış Karbon Standartı (Verified Carbon Standard-VCS) kabul edilse de, doğrulayıcı yönünden ayrı bir sorun ortaya çıkarmaktadır ve fayda/maliyet yönünden küçük ölçekli projelerde henüz kullanılmaya uygun değildir. Geniş kapsamlı kullanım için LIDAR sonuçlarını analiz edebilecek doğrulayıcılara ve LIDAR görüntülerinin ucuzlamasına ihtiyaç duyulmaktadır.

TACCC Prensipleri

Bu prensip grubu genel envanter prensipleri ile paralel olarak dikkate alınmalıdır.

Şeffaflık (Transparency): Projede hesaplamaların ve verilerin açık biçimde raporda yer almasıdır.

Hassasiyet (Accuracy): Proje kapsamında hesaplanan sonuçların belli bir güven aralığında yer almasıdır.

Bütünlük (Completeness): Proje kapsamında tüm karbon havuzlarının ve kategorilerin raporlanmasıdır.

Tutarlılık (Consistency): Proje kapsamında yapılan hesaplamaların yöntem açısından birbiri ile paralellik gösteriyor olmasıdır.

Karşılaştırılabilirlik (Comparability): Proje yöntem ve çıktılarının benzer projelerle uyumlu olmasıdır.

Örneğin benzer boyutta benzer iki projenin karbon stok artışının yakın bir değerde olması gerekir.

Doğrulanabilirlik (Verifiability)

Doğrulanabilirlik MRV sürecinin belki de temelidir. Proje kapsamında ölçülen (M) ve raporlanan (R) sonuçların akredite olmuş bir dış kurumca doğruluğunun onaylanması anlamına gelmektedir. Doğrulanabilirlik sadece projede üretilen karbon kredisinin doğrulanması ile sınırlı değildir. Ayrıca ek fayda, devamlılık ve olası karbon kaçaklarının da kontrolü anlamına gelmektedir. Bu kavramları biraz daha açarsak;

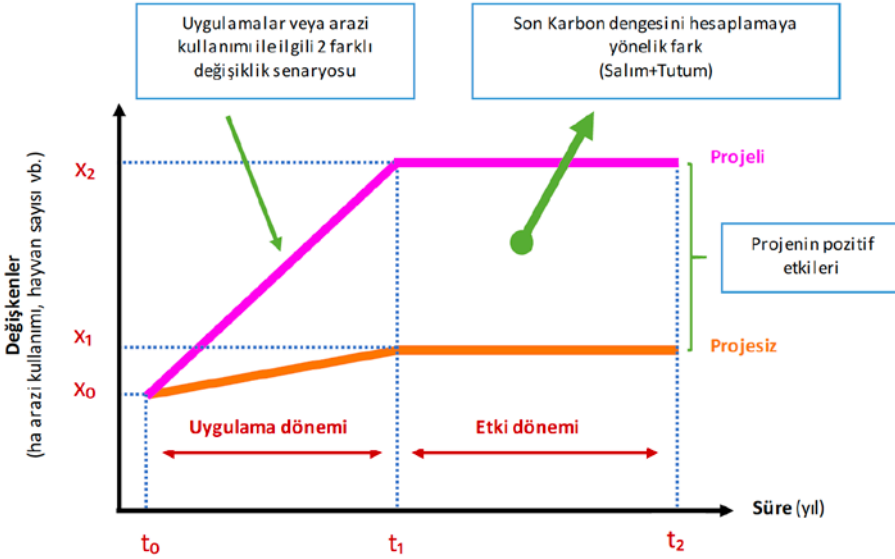
Ek Fayda (Additionality): Projeli durum ile projesiz durum arasındaki tutulan, depolanan veya salımı önlenen karbondioksit miktarı olarak ifade edilebilir. “Eğer proje gerçekleştirilmemiş olsa durum ne olacaktı?” ve “Proje gerçekleştirildiğinde nasıl bir fark ortaya çıktı?” sorularının yanıtlanmasına yöneliktir. Bir örnek vermek gerekirse; OGM tarafından zaten ağaçlandırılması planlanmış ve belgelenmiş bir alanda yapılacak bir karbon projesinin sağlayacağı ek fayda sifıra yakındır. Zira zaten projesiz durumda da ağaçlandırılacak bir alan söz konusudur.

Devamlılık (Permanence): Projede sağlanan faydaların yani karbon kredilerinin çok uzun süre devam etmesini ifade eder. Karbon projelerinde (özellikle ormancılık ve tarım konulu) üzerinde önemle durulan bir konudur. Proje dökümanlarında devamlılık garanti altına alınmalıdır çünkü doğrulama sonrasında ormanın ortadan kaldırılması riski, o zamana kadarki tüm azaltımın aniden atmosfere gitmesi anlamına gelecektir. Bu anlamda arazinin yasal durumu ve devlet politikaları proje tasarımında ayrıntılı biçimde ortaya konulmalıdır.

Karbon Kaçakları (Leakage): Bir karbon projesinde gözden kaçan veya dolaylı oluşan salımlar söz konusu olabilir. Örneğin bir orman alanında kesim miktarını azalttığınızda karbon stokunu artırmış olursunuz fakat azaltılan kesim komşu orman alanlarındaki kesim miktarı artırılarak dengelenmekte ise bu durumda projede bir kaçak var demektir. Zira önlenen karbon salımı yakındaki başka bir kaynaktan yine atmosfere verilmektedir.

Projeli (with project) ve Projesiz (without project) Durum

Emisyon azaltım veya tutum artım hedeflerinin hesaplanabilmesi için projeli durum yanında bir projesiz durum (baz) senaryosunun da hesaplanması gerekmektedir. Bu senaryonun amacı "Proje uygulanmamış olsaydı durum ne olacaktı?" sorusunun yanıtını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Şekil 1' de tipik bir projenin aşamaları ve karbon hesaplama ile ilgili ayrıntıları verilmiştir.



Şekil 1. Tipik bir projenin aşamaları (EXACT Technical Manual).

Şekilden kolayca anlaşılacağı gibi projenin yararlı etkileri projesiz durum (business as usual) ile projeli durum arasındaki karbon stok dengesi ile ifade edilmektedir. Dolayısıyla projenin sonuçlarını değerlendirmek yanında projesiz durumda neler olacağını da ortaya konulması gerekir. Bu da mevcut durumun aynen devam ettiği, geçmiş verilerle extrapolasyon veya ayrıntılı tahmin ve modelleme ile mümkün olabilir.

PROJE

ALANININ
HARİTALAN-
MASI VE
KATMANLARA
AYRILMASI

Karbon proje geliştirme sürecinin temel başlangıç noktası coğrafik olarak ve mümkünse sayısal olarak proje alanının ortaya konulmasıdır. Bu temel altlık kapsamında coğrafik koordinatlar yanında meşçere tipleri, varsa koruma statüleri ve olası düzenleyici durumlar; toprak, topoğrafya ve su ortamları (dereler, göller vb.) haritalandırılır.

REDD+ projelerinde ormansızlaşmaya ve orman bozulmasına neden olan etkenler ve mekansal değerlendirmesi de dikkate alınmalıdır. Örneğin, ormansızlaşma riski yüksek alanlar veya ormansızlaşma riski olmayan alanlar gibi.

Projeli Projesiz Etki dönemi Uygulama dönemi Değişkenler(ha arazi kullanımı,hayvan sayısı vb.)

Farklı özelliklere sahip (gelişme çağı, tür, bonitet, amaç, vb.) orman alanlarının ortak bazı özelliklere göre gruplandırılmasına ve sınıflandırılmasına katmanlaştırma veya katmanlara ayırma adı verilmektedir. Bu sayede karbon stokları yönünden benzer özelliklere sahip gruplar elde edilir. Pratik bir yaklaşım olan katmanlaştırma sayesinde örnek alan sayısı azaltılıp, kaynaklar daha etkin kullanılır ve masraflar düşürülebilir. Çokça kullanılan katmanlar;

- Orman tipi,
- Meşçere çağı,
- Yönetimsel geçmiş (amenajman yönünden).
- Yol/yerleşim alanlarına yakınlık (eğer yol/yerleşim yerleri ve karbon stokları arasında bir bağlantı, örneğin yol kenarlarında orman bozulumu söz konusu ise.)

Katmanlaştırma sonrasında her bir katmandan belli sayıda örnek alan alınarak (ön envanter) minimum örnek alan sayısı belirlenir. Bu konu aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

AĞAÇLANDIRMA
VE YENİDEN
ORMANLAŞTIRMA
(AR) VE KARBON
ODAKLI ORMAN
YÖNETİMİ (IFM)
PROJELERİNDE
KARBON
HAVUZLARI

Bir ekosistemde (orman, maki, tarım vb.) IPCC kılavuzlarına göre 5 ana karbon havuzu olabilir. Bunlar;

- Toprak Üstü Biyokütle (TÜB)
- Toprak Altı Biyokütle (TAB)
- Ölü Odun (ÖO)
- Ölü Örtü (ÖÖ)
- Toprak (S)

IPCC (2006) kılavuzunda Odun Ürünleri (HWP) havuzu da buna eklenmiş ve aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir;

$$\Delta CLU = \Delta CTÜB + \Delta CTAB + \Delta CÖO + \Delta CÖÖ + \Delta CS + \Delta CHWP$$

CLU= Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanan karbon stok değişimi

TÜB = Toprak üstü biyokütle (above-ground biomass)

TAB = Toprak altı biyokütle (below-ground biomass)

ÖO = Ölü odun (deadwood)

ÖÖ = Ölü örtü (litter)

S = Toprak (soils)

HWP = Odun ürünleri (harvested wood products)

Karbon projelerinde bu havuzlardan birçoğu hesaba katılır fakat fayda maliyet yönünden bir değerlendirme yapılması yararlı olacaktır. Genellikle Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) projelerinde göz ardı edilen salım ve tutumların toplamının proje net karbon tutumunun %5'ini geçmemesi istenmektedir. VCSVerified Carbon Standard)de benzer şekilde önemsiz olarak nitelenen karbon havuzları söz konusu olabilir fakat VCS bu konuda bir hesaplama aracı geliştirmiştir. Bu araç da benzer şekilde bir yaklaşım ile önemsiz havuzları ortaya koymaktadır. Fakat her durumda eğer konservatif olarak göz ardı edilecek bir salım/ tutum söz konusu ise mutlaka gerekçeleri açık biçimde ortaya konulmuş olmalıdır.

Tablo 1. Ekosistemlerde Karbon havuzları (IPCC, 2006).

Karbon Havuzu		Açıklama
<i>Biyokütle</i>	Toprak üstü biyokütle	Gövde, dal, kabuk, tohum ve yaprakтан oluşan odunsu veya otsu tüm canlı biyokütle
	Toprak altı biyokütle	Tüm canlı kök biyokütlesi. Toprak organik maddesi ve ölü örtüden ayırt edilmesi güç olduğundan genellikle 2 mm çapından küçük kökler göz ardı edilmektedir.
<i>Ölü organik madde</i>	Ölü odun	Ölü örtüden ayrılabilen dikili, yatay konumda veya toprak içindeki cansız tüm biyokütle. Genellikle 10 cm çaptan daha kalın toprak üzerinde yer alan ölü dal, gövde ve kökler bu kapsamdadır.
	Ölü örtü	Toprak organik maddesinden daha büyük çaptaki (genellikle 2 mm) ve ölü odun için belirlenen minimum çaptan (genellikle 10 cm) küçük cansız biyokütle. Farklı ayrışma safhasında ve toprak tipi üzerinde olabilir. Belirlenen minimum toprak altı biyokütle değerinden (genellikle 2 mm) daha küçük boyutta ve toprak üzerinde yer alan canlı kökler de bu havuza dahil edilebilir.
<i>Toprak</i>	Toprak organik maddesi	Ülke genelinde belirlenen bir derinliğe kadar mineral topraklarda bulunan organik karbondur. Belli boyuttan (genellikle 2 mm) küçük canlı/cansız kökler ve ölü organik madde eğer toprak organik maddesinden ayırt edilemiyorsa bu havuzda yer alabilir. Toprak organik maddesi için belirlenen genel değer 30 cm'dir.

AR projelerinde arazi hazırlığı sürecinde önceki bitki örtüsünün ortadan kaldırılması sonucu ortaya çıkan salımlar da hesaba katılmalıdır. Bitki örtüsünün ortadan kaldırılması, diri örtü temizliği veya kontrollü yakma ile gerçekleştirilmiş olabilir. Yakma ile ilgili emisyon faktörleri IPCC 2006 veya ilgili proje metodolojisinden elde edilebilir.

Karbon metodolojilerinin tümünde toprak üstü biyokütle havuzunun hesaba katılması zorunludur. Diğer havuzlar projenin özelliğine bağlı olarak dahil edilebilir veya göz ardı edilebilir. Örneğin AR projelerinde ölü örtü ve ölü odun havuzunun sıfırdan önemli bir seviyeye çıkması uzun yıllar alacaktır. Kısa dönemde bu havuzdan elde edilecek karbon kazancı ölçüm masraflarını geçmeyebilir dolayısıyla konservatif olarak göz ardı edilebilir.

Toprak da aynı şekilde ele alınmalıdır. Toprak organik karbon stoku kısa mesafelerde bile çok değişken olabilmekte ve artış/azalış süreci yavaş gerçekleşmektedir. Proje bazındaki hesaplamalarda arazi kullanımı değişmiyorsa ve kayda değer bir karbon stok artış ve azalışı beklenmiyorsa toprak karbon havuzu da göz ardı edilebilir.

Öte yandan eğer bir arazi kullanım değişikliği söz konusu ise - örneğin tarımdan ormana geçiş (Ormanlaştırma - AR) veya ormandan tarıma geçiş (Ormansızlaşma - D) gibi -toprak karbon stoku hesaba katılmalıdır. Eğer geçiş önceden gerçekleşmişse, bu durumda önceki durumu temsil eden çevredeki alanlardan toprak örneği alınabilir. Örneğin bir AR projesinde meradan ormana geçiş söz konusu olmuş fakat bu geçiş 5 yıl önce gerçekleşmişse, önceki arazi kullanımının toprak karbon stoku hesaplanırken çevredeki benzer mera alanlarından toprak örneği alınabilir.

ÖRNEKLEME SİSTEMİ VE PLANI

ÖRNEK ALAN SAYISI

Örnek alan sayısı proje maliyetine etki eden önemli bir faktördür. Doğru bir hesaplama ile hem maliyet en düşük seviyede tutulabilir hem de sonuçlarda belli bir hassasiyet seviyesi tutturulabilir. Karbon odaklı projelerde genellikle istenen hassasiyet seviyesi, elde edilen ortalama değerin $\pm\%10$ 'u yani %95 güven aralığıdır.

Hassasiyet seviyesi %95 olarak belirlendikten sonra örnek alan sayısı hesaplaması için her bir karbon havuzu için varyansın az çok bilinmesi gerekmektedir. Doğaldır ki varyans ne kadar düşük olursa nispeten az örnek alan alınabilir. AR ve IFM projelerinde toprak üstü biyokütleyle ait varyansı esas almak gerekmektedir. Zira ölü örtü, diri örtü, ölü odun gibi havuzlarda varyasyon yüksek olsa bile toplam stokun varyansındaki payları düşüktür. Toprak karbonu ise hem çok değişkendir hem de toplam karbon stokundaki payı önemli düzeydedir. Öte yandan bir alanda arazi kullanım değişikliği söz konusu değil ise zaman içinde hızlı değişim göstermesi beklenmez. Arazi kullanım değişikliği söz konusu olduğunda ise toprak karbonunun önceki seviyeden sonraki seviyeye ulaşması birkaç yıldan birkaç on yıla kadar değişim gösterebilir. Toprak karbonunun örneklenmesine arazi kullanım değişikliği söz konusu olan AR projelerinde önem verilmelidir. Genel anlamda da eğer toplam karbon stoku belirlenecekse, toprak örneklemesine toprak üstü biyokütle kadar önem verilmesi gerekir.

Varyansın ön tahmininde daha önce yapılmış çalışmalar, envanter çalışmaları veya bir ön örnekleme yapılması yol gösterici olabilir. Örneğin bir tarım arazisinin ormanlaştırılması projesinde, proje süresi 20 yıl ise proje çevresinde yer alan 20 yaşındaki orman alanlarından 15-20 noktada örnekleme yapılması sorunu çözebilir.

Farklı sebeplerle bazı örnek alanların ortadan kalkabileceği, zarar görebileceği veya kaybedilebileceği dikkate alınarak örnek alan sayısı belirlenirken, hesaplanan minimum alanın %10 fazlasının alınması yararlı olacaktır. Aşağıdaki örnekte (Tablo 2), örnek alan hesaplanmasında UNFCCC'nin A/R Methodological Tool "Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities" (Version 02.1.0) dökümanını baz alan ve Winrock International tarafından geliştirilen, MS Excel yazılımından yararlanılmıştır¹.

¹Winrock's CDM A/R Sample Plot Calculator Spreadsheet Tool. Walker, S.M., Pearson, T., Brown, S., 2007, 2014 version. <http://www.winrock.org/document/winrock-sample-plot-calculator-spreadsheet-tool/>

Tablo 2. Örnek alan sayısının hesaplanmasında kullanılacak standart tablo önerisi.

Alt orman tipi	Alan (ha)	TÜB (ton C/ha)		Örnek alan boyutu¹	Örnek alan sayısı²
		Ort	ss		
<i>Sağlıklı Meşe Baltalık</i>	24	94	22	0.04	9
<i>Degrade Yaşlı Kızılcım</i>	12	68	13	0.04	2
<i>Yangın Sonrası Gençleştirilmiş Alan</i>	70	24	3	0.04	3
<i>Makilik</i>	32	43	21	0.04	11
TOPLAM	138				25

¹ Örnek alanın 11.30 m yarıçaplı daire şeklinde olduğu varsayılmaktadır.

² Ortalamanın ± 10 üst veya altında kabul edilebilir hata payına göre (%95 güven aralığı).

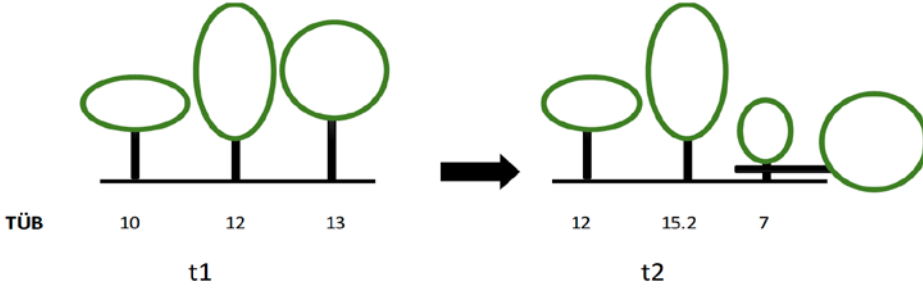
Örnek alan sayısının belirlenmesinden sonraki aşama örnekleme tasarımıdır. Bu aşamada sistematik bir örnekleme tasarımı mı, yoksa rastgele bir tasarım mı tercih edileceğine karar verilmelidir. Karbon stoku yönünden heterojen olduğu düşünülen alanlarda sistematik bir tasarım (gridler üzerinde veya benzer bir şablonla) daha doğru bir tercih olabilir. Zira rastgele bir tasarımda karbon stoklarının yüksek olduğu noktaların seçilmiş olabileceği gibi bir eleştiri söz konusu olabilir.

Kalıcı ve Geçici Örnek Alanlar

Ormanlık faaliyetlerinde karbon stok hesaplamaları amacıyla kalıcı veya geçici örnek alanlardan yararlanılmaktadır. Kalıcı örnek alanlar farklı zaman aralıklarında birden çok defa ölçüm yapılan, geçici örnek alanlar ise sadece bir kez ölçüm yapılan noktalardır. Kalıcı örnek alanlar istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar verme potansiyeline sahiptir çünkü ardışık ölçümlerde daha yüksek kovaryans gösterir. Geçici örnek alanlar kullanılması durumunda kovaryans kaybolacağından aynı hassasiyet düzeyini yakalanması için daha fazla örnek alana ihtiyaç duyulacaktır. Zira kalıcı noktalardaki ardışık ölçümler gerçekleşen değişimi daha doğru yansıtır. Ayrıca doğrulama (verification) açısından kolaylık sağlar. Doğrulamayı yapacak kişi ve kuruluşlar noktayı rahatlıkla bulup örnek alan tasarımı ve ölçümlerini rahatlıkla kontrol edebilirler. Kalıcı noktalar kullanmanın dezavantajı ise bu noktalara farkında olarak veya olmayarak özel muamele (büyüme hızlandırmak için sulama, gübreleme vb.)

yapılabilecek olması yanında, ağaçlara koyulan etiketlerin veya örnek alanın tümünün doğal etkilerle zarar görebilecek olmasıdır. Öte yandan sadece bir kez ölçüm planlanıyorsa, kalıcı örnek alanlara ihtiyaç yoktur.

Kalıcı örnek alanlarda işaretlenmiş ağaçlar sayesinde ölen veya yeni çıkan bireyler de belirlenebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Kalıcı bir örnekleme noktasında farklı iki zamanda yapılan ölçümlerde ölen ve yeni büyüyen bireylerin tespit edilmesi (Pearson et al, 2007 den değiştirilerek).

Kalıcı örnek alanlarda ölçülen ağaçların etiketlenmemesi durumunda hatalı sonuçlar ortaya çıkabilir. Örneğin Şekil 1'deki örnek alandaki artım hesaplamasında etiketleme yapılması durumunda;

Artım = Σ Yaşayan ağaçlardaki artım + Σ Yeni büyüyen ağaçlardaki artım

Yani;

$$= (12-10) + (15.2-12) + (7-4)$$

$$= 2 + 3.2 + 3$$

$$= 8.2 \text{ ton C olacaktır.}$$

Etiketleme ve izleme olmasaydı;
= (12 + 15.2 + 7) - (10 + 12 + 13)
= 34.2 - 35
= - 0.8 ton C olacaktı.

Etiketleme sayesinde doğru bir hesaplama yapılmış ve ölen 13 ton C stok değerine sahip ağaç ölü odun havuzuna geçirilmiştir.

Kalıcı örnek alanların işaretlenmesinde nokta problemleri bir alana (2 farklı meşçere tipinin ortasına veya dere kaya vs.) denk geliyorsa kaydırılmalıdır. Bunun için çeşitli yöntemler önerilmektedir. En pratik yöntem örneklenecek meşçere içine doğru aynı açılar korunarak kaydırmadır.

Kalıcı örnek alanların merkez noktalarının işaretlenmesi konusu çok önemlidir. Merkez nokta beton, demir çubuk veya belirli şekilde (taşınamayacak boyutta) taşlarla işaretlenebilir. Fakat her halükarda zarar görme ihtimali olduğundan merkez noktanın belirli kalıcı cisimlere olan mesafe ve açısı belirlenmelidir ve bir çizimle gösterilmelidir.

ÖRNEK
ALAN
ŞEKLİ

Literatürde farklı şekillerde (dairesel, kare, iç içe vb.) örnek alanların kullanıldığını görmek mümkündür. Karbon odaklı örnekleme çalışmalarında genellikle yuvarlak ve iç içe geçmiş (nested) örnek alanların alınması iyi bir strateji olacaktır. Yuvarlak olması geleneksel amenajman çalışmalarına yakınlığı ve ölçüm kolaylığı sağlamasından, iç içe olması ise farklı ekosistem bileşenlerini ölçme kolaylığı sağlamasından dolayıdır. Örneğin en dış dairede odunsu türler, diğer alt dairelerde ise diri örtü ve toprak örnekleme yapılabilir. Burada daire çapı seçimi için göğüs çapı tahmini yapılmalıdır. Bir örnek vermek gerekirse, 30 cm göğüs çaplı bir ormanda 12.62 m yarıçaplı (500 m²) bir ana daire, onun içinde de kısa otsu diri örtü ve ölü örtüyü örnekleme için 5.64 yarıçaplı (100 m²) bir daire düşünülebilir. Eğer alt tabakada sık bir gençlik söz konusu olsaydı bu durumda bir de 8.92 cm'lik daire almak gerekecekti.

Eğer dikdörtgen örnek alan alınmak isteniyorsa 5x40 m veya kalın gözdeli seyrek vejetasyonda 20x100 m'lik alanlar alınabilir. Örneğin 5x40 m boyutunda bir örnek alanda ölçüm yapılmasına karar verilmişse 40 m'lik bir transekt hattı çekilip her iki tarafında 2.5 m'lik mesafede ölçümler yapılabilir. Bu alanda 30 cm çaptan daha kalın gövdeler varsa, bunlar için 20x100'lük bir transekt uygulanmalıdır.



ÖRNEK
ALANLARDA
ÖLÇÜMLER

Karbon stokunun tahmini amacıyla yapılacak örneklemeler maliyetli arazi çalışmalarıdır. Bu nedenle ölçülecek ve ölçülmeyecek parametreler en baştan net biçimde ortaya konulmalıdır. Bunun için bir ön envanter yapılmasında fayda vardır. Bu ön envanter sonucuna göre örnek alan sayısı ve ölçülüp hesaplanacak karbon havuzları belirlenmelidir. Dünya genelinde yapılmış olan bilimsel araştırma bulguları ve başta REDD+ ve CDM olmak üzere proje tecrübeleri bazı sonuçları ortaya koymuştur. Buna göre proje tipine bağlı olarak genel bazı öngörüler Tablo 3'te verilmiştir.

Bir örnekleme noktasında belirlenmesi gereken en önemli veriler (Hairiah ve ark., 2010);

I. Noktanın geçmişi (odunsu türler söz konusu olduğunda özellikle yaş),

II. Noktanın lokasyonu (koordinatları) ve eğim dahil başlıca özellikleridir.

Bir ağaçlandırma alanı söz konusu ise fidanların yaşları, önceki arazi kullanımı ve arazi hazırlığı ile ilgili yapılmış olanlar gözlem yapılarak veya çevredeki ilgililerden öğrenilmelidir.

Ayrıca karbon amaçlı ölçümler yatay bir projeksiyonda değerlendirildiğinden %10 eğimden dik alanlarda arazi ortalama eğimi de ölçülmelidir. Daha sonra veri değerlendirilirken bu tip alanlar için düzeltme yapılır.

Eğim düzeltmesi aşağıdaki formül yardımıyla gerçekleştirilebilir;

1- Eğimli örnek alan yarıçapı hesaplanır. Bunun için;

$$r_{\text{eğimli}} = \frac{\sqrt{r_{\text{düz}}^2 + \left(\frac{s}{100} \cdot r_{\text{düz}}\right)^2} + r_{\text{düz}}}{2}$$

denklemini kullanılır.

Burada

$r_{\text{eğimli}}$: eğimli örnek alan için düzeltilen yarıçap (m)

$r_{\text{düz}}$: düz alan için yarıçap (m)

s : eğim açısı (%)

ÖRNEK:

11.28 m yarıçaplı 400 m²lik örnek alanın %30 eğimli bir yamaçta düzeltilmiş yarıçapını hesaplayalım.

$$r_{\text{eğimli}} = \frac{\sqrt{\frac{11.282 + (30 \times 11.28)2 + 11.28}{100}}}{2}$$

= 11.53 m

Tablo 3. Bir karbon projesinde ölçülmesi şart olan parametreler ile ölçülmesi proje kaynaklarına bağlı olarak opsiyonel olanlar (Brown ve ark., 2000 ve Pearson ve ark., 2007'den uyarlanmıştır).

PROJE KONUSU	BİYOKÜTLE			ÖLÜ ORGANİK MADDE		Toprak	Odun ürünleri
	Ağaç	Ağaç harici topraküstü biyokütle	Toprak altı	Ölü örtü	Ölü odun		
ORMANLAŞTIRMA	E	O	E	O	O	E	O
REHABİLİTASYON	E	O	E	O	O	E	H
IFM	E	H	E	O	E	H	E
TARIMSAL ORMANCILIK	E	O	E	O	H	E	
KISA ROTASYON SÜRELİ ENERJİ ORMANCILIĞI	E	H	E	O	H	E	E
MADEN SAHASI REHABİLİTASYONU	E	O	E	O	O	E	O
MUHAFAZA ORMANINA DÖNÜŞTÜRME	E	O	E	O	O	O	E

E: Kesinlikle hesaba katılmalı, H: Hesaba katılmasına gerek yok, O: Hesaba katılması proje kaynakları nispetinde yararlı olacaktır.

Tabloda görüleceği gibi tüm proje tiplerinde ağaç kapsamındaki tüm odunsu biyokütlenin ve toprak altı kök kısımlarının ölçülmesi veya hesaplanması gerekmektedir. Toprak üstünde yer alan ağaç dışı biyokütlenin (fidan, çalı, otsu vejetasyon) ise ölçülmesi ve hesaba katılması şart değildir. Ölçülüp ölçülmemesi gerektiğine karar vermek için sahada gözlem yapıp karar vermek gerekir. Sadece otsu türlerden oluşan bir toprak üstü biyokütle çok düşük bir karbon stok değerine sahip olacağından ihmal edilebilir. Buna karşın çalı formunda sık bir biyokütle söz konusu ise bu durumda ölçülmesi ve değerlendirmeye alınmalıdır. Genel bir yaklaşım olarak toplam karbon stokunda %5'ten düşük paya sahip bir karbon havuzu değerlendirme dışı bırakılabilir.

Ölü odun havuzu hem dikili hem de yerde yatan 10 cm'den daha kalın çapta gövdeleri kapsar. Karbon odaklı orman yönetiminde (IFM) genellikle mutedil veya şiddetli aralamalar gerçekleşeceği ve kesilen gövdeler üretime yönlendirileceği için ölü odun havuzunun azalması söz konusu olacaktır. Dolayısıyla bu tip bir proje kapsamında ölü odun havuzunun mutlak suretle ölçülmesi ve hesaba katılması gerekir.

Öte yandan IFM projelerinde veya işletilen bir orman ekosistemi korunmaya başladığında toprak karbonunda gerçekleşecek değişimler oldukça yavaş ve sınırlıdır. Bu tip projelerde toprak örnekleme ve analizleri bu küçük değişimlerin sağlayacağı karbondan genellikle daha maliyetlidir, dolayısıyla ihmal edilebilir.

Kesilmiş orman ürünlerinin ölçülmesi ve hesaba katılması orman yönetimi projelerinde ve enerji ormancılığında çok önemlidir; çünkü belli rotasyon sürelerinde kesimler yapılmaktadır. Koruma ormancılığına dönüştürmede de eğer önceki kullanım orman yönetimi ise (ki genellikle böyledir), yine kesilmiş odun ürünlerinin dikkate alınması gerekir. Bunu şöyle açıklayalım; işletilen bir orman, bir proje kapsamında korunan bir ormana dönüştürülüyorsa ve işletilme döneminde (baseline senaryo) kesilen odun uzun süreli ürünlere dönüştürülüyorsa, proje faydası hesaplanırken işletme döneminde kesilen odun ürünlerinin uzun dönemde salma dönüşeceği dikkate alınmalı ve bu şekilde proje faydası hesaplanmalıdır.

Tablo 4. Örnek alanların boyutu bitki örtüsünün tipine ve sıklığına göre belirlenir. Genellikle uygulanan büyüklük 250 m²dir (MacDicken, 1997).

Örnek alan boyutu (m ²)	Örnek alan yarıçapı (m)	Ağaç sıklığı
100	5.64	Küçük çaplı, çok sık bitki örtüsü
250	8.92	Sık odunsu bitki örtüsü
500	12.62	Orta düzeyde odunsu bitki örtüsü
666.7	14.56	Seyrek odunsu bitki örtüsü
1000	17.84	Çok seyrek bitki örtüsü

Pearson ve ark.'a (2007) göre ise göğüs çapı 50 cm'den büyük ağaçlar için 20 m, 20-50 cm arası göğüs çapları için 14 m, 5-20 cm çaplar için ise 4 m yarıçaplı daireler kullanılabilir (Tablo 5).

Tablo 5. Gövde çapına dayalı olarak örnek alan (ÖA) boyutlandırması (Pearson ve ark. 2007).

<i>Gövde çapı (cm)</i>	<i>Dairesel ÖA için Yarıçap (m)</i>	<i>Kare örnek alan için Kenar Uzunluğu (m)</i>
Fidan çağında	2	3x3
5-20	4	7x7
20-50	14	25x25
>50	20	35x35

Örnek alanda elde edilen veriler hektara dönüştürülürken bir ölçek katsayısı (ÖK) ile çarpılmalıdır; Ölçek katsayısı = 10.000 (m²) / Örnek alan boyutu (m²)

Formülü ile hesaplanır. Eğimi %10'dan fazla alan örnek alanlar için düzeltilmiş alan kullanılır. Örneğin örnek alan boyutu 800 m² ise ölçek katsayısı;

$$= 10000/800$$

$$= 12.5 \text{ hesaplanır}$$

Karbon odaklı envanter çalışması geleneksel bir orman envanterinden daha karmaşıktır çünkü farklı karbon havuzlarının farklı varyans değerleri olabilir. Böyle bir envantere göğüs çapı 8 cm'den daha büyük olan gövdelerin tümü ölçülmelidir (Karky ve Banskota 2007; Karky 2008).

Tablo 6. Örnek alanlarda yapılacak ölçmeler için uygulanacak genel metotlar Tablo 6'da verilmiştir (Hairiah ve ark., 2010).

Ölçüm	Yöntem
Toprak üstü biyokütle	Ölçmeye dayalı allometrik denklemler ile tahmin
Toprak üstü otsu ve odunsu vejetasyon	Örnekleme ile laboratuvar analizi
Toprak altı biyokütle (Kökler)	Verilere dayalı tahmin
Dikili kuru ağaçlar	Silindir hacim denklemi ile tahmin
Yatık kuru ağaçlar	Silindir hacim denklemi ile tahmin veya allometrik denklem
Gövde kalıntıları	Silindir hacim denklemi ile tahmin
Ölü örtü, kalın ve ince dal ve yapraklar	Örnekleme ile laboratuvar analizi
Toprak organik maddesi	Örnekleme ile laboratuvar analizi

Biyokütle

Toprak üstü biyokütle (TÜB), tüm odunsu gövdeleri, dalları, yaprakları, sarmaşık tarzı sarılıcıları, toprak üstü çalı ve otsu vejetasyonu kapsar. Bu TÜB'lerin bir kısmı arazide ölçümle, bir kısmı da kesilip tartılarak ölçülür, bazıları ise önemsiz kabul edilip ölçülmez. Farklı yaş sınıflarında karışık bir meşçerede TÜB ölçümleri yapmak zahmetli ve zaman alıcıdır. Dolayısıyla ölçülecek bileşenlere iyi karar verilmelidir. Yukarıda da ifade edildiği gibi artım göstermeyen ve toplam biyokütlerde %5ten daha küçük bir orana sahip bileşenler göz ardı edilebilir. Örneğin toprak üstü otsu biyokütlenin 5 veya 10'ar yıllık ardışık ölçümlerde kayda değer bir artış göstermesi beklenmiyorsa ve alanda yüksek karbon stokuna sahip kalın gövdeli ağaçlar söz konusu ise toprak üstü otsu biyokütlenin ölçülmesine ve hesaba katılmasına gerek olmayabilir. Aynı şekilde ölü örtü ve ölü odun da benzer koşullarda ihmal edilebilir. Tablo 2 bu açıdan genel bir yaklaşım sağlamaktadır.

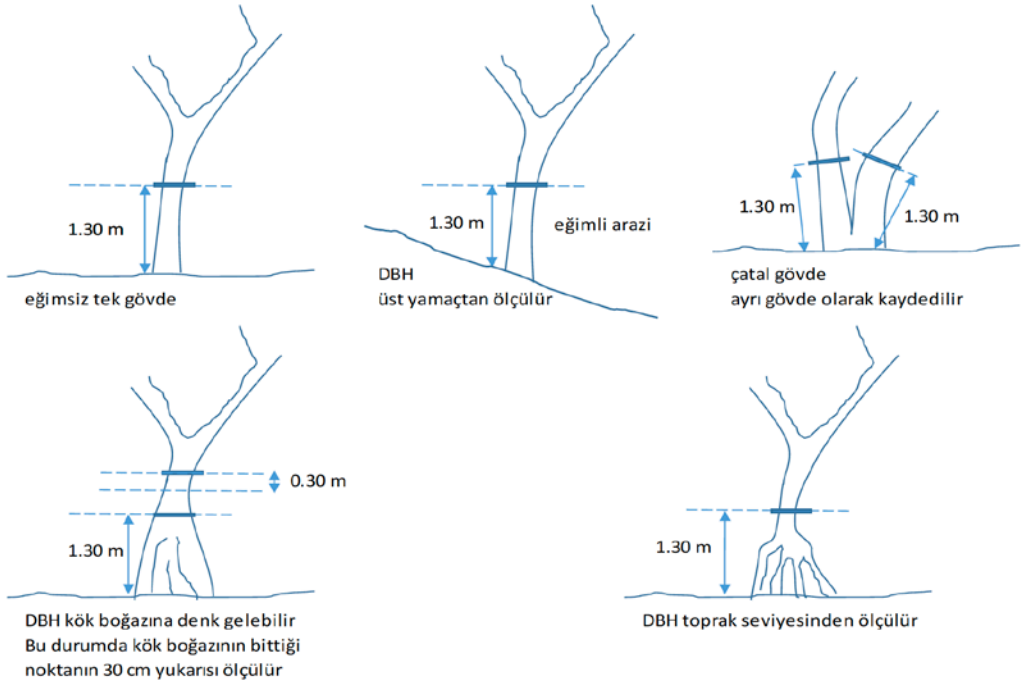
Genellikle toprak üstü biyokütle ölçme aşamaları aşağıdaki gibidir;

i-Örnek alan içine giren ve belirlenen alt sınırdan kalın tüm odunsu gövdelerin 1.3 m'de çevreleri esnek bir çelik metre ile ölçülür ve kaydedilir. Daha sonra bu ölçüm değerleri $d = \text{Çevre}/3.14$ formülü ile çap

değerine dönüştürülür. Gövde çapı alt sınırı genellikle kullanılacak allometrik denkleme göre belirlenir. Denklem geçerli olduğu alt sınır 5 cm ise o zaman min. çapı 5 cm alınmalıdır. Eğer ölçülecek ağaçlar fidan veya küçük ağaç çağındaysa en pratik yaklaşım, ortalama bir ağırlık değeri almak (gerekliyorsa söküp veya kesip tartmak) ve birim alanda fidan sayısını belirlemektir. Eğer örnek alanda hem fidan ve ağaççıklar hem de kalın gövdeler varsa, önce en dar dairede fidanlar sayılır, daha sonra kuzeyden başlanarak ve ölçülen ağaçlar tebeşirle işaretlenerek saat yönünde ölçümler yapılır. Yetiştirme ortamı özelliklerine göre de minimum çap belirlenebilir. Örneğin büyümenin yavaş olduğu ve biyokütlenin düşük beklendiği ortamlarda 2.5 cm alınabilir. Yüksek toprak üstü biyokütlenin olduğu, nemli ve hızlı büyüme ortamlarında ise 10 cm kabul edilebilir.

ii -Ölçülen her gövdenin Latince adı ve yöresel adı ölçüm değerinin yanına kaydedilir.

Göğüs çapı ölçümü esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Göğüs çapı (DBH) ölçümünde karşılaşılan farklı durumlar (Walker ve ark., 2012'den değiştirilerek).

Eğimli yamaçlarda DBH ölçüleceğinde üst taraftan ölçülmelidir. Çatal gövde söz konusu ise ve çatallanma 1.30 m'nin aşağısında oluşmuşsa her iki gövde ayrı gövde gibi kaydedilir ve bitişik oldukları notu düşülür. DBH ölçümünde gövdeye dik konumda çevre ölçülür. 1.30 seviyesi kök veya kök boğazına denk geliyorsa bu durumda kök boğazının bittiği noktanın 30 cm üzerinden DBH ölçümü yapılır. Yine havai kökler söz konusu ise fakat 1.30 seviyesinin altında kalıyorlarsa toprak seviyesinden DBH ölçümü gerçekleştirilir.

iii- 0.5 m kenar uzunluğuna sahip kuadratlar atılarak içine düşen tüm topraküstü odunsu ve otsu biyokütle plastik torba içinde toplanır ve tartılır (gr/0.25 m²de yaş ağırlık).

iv- Bu plastik torba örneği iyice karıştırılarak 100 g'lık homojen bir örnek alınarak kağıt bir torbaya konulur. Bu 100 g'lık örnek daha sonra 85°C'de 48 saat kurutularak kuru ağırlığı belirlenir.

Toprak altı biyokütle ile ilgili ölçüm yapılması eldeki kaynaklar ve zaman bakımından genellikle pek mümkün olmaz. İklim tipine göre IPCC'nin geçerli kök-gövde oranının (IPCC 2006 sayfa 6.8., Tablo 6.1.) veya ilgili iklim bölgesi ve ağaç türü ile ilgili bir çalışma yapılmışsa bu çalışma sonuçlarının kullanılması en doğru çözüm olacaktır.

Ölü Örtü ve Ölü Odun

Ölü örtü ve ölü odun (necromass) havuzu ölmüş ve düşmüş gövdeleri, dökülmüş yaprak, dal ve benzeri dökülmüş bitki kısımlarını içerir. IPCC (2006) kılavuzuna göre 10 cm çaptan daha kalın toprak üzerinde yer alan ölü dal, gövde ve kökler ölü odun, toprak organik maddesinden daha büyük (genellikle 2 mm), buna karşın 10 cm'den küçük dal, yaprak ve bitki kısımları ise ölü örtü kapsamındadır. Çeşitli karbon standartları (örn. VCS, Gold Standart) veya ülkeler ölü örtü ölü odun ayırım boyutunu farklı kabul edebilir. Türkiye adına böyle bir karar alınmış olmadığı için IPCC kılavuzu değerini kabul etmek yerinde olacaktır.

Ölü örtü ve ölü odun havuzunda (DW) yaprak ve küçük bitki kısımlarının ayrışma süresi ekolojik koşullara bağlı olarak elverişli bölgelerde genellikle 1-3 yıl arası, ölü ağaçların ayrışma süresi ise 10 yıl civarındır (Hairiah ve ark., 2010). Sağlıklı, doğal bir ormanda DW karbon havuzu, toprak üstü biyokütle karbon havuzunun %10'u civarındadır. Kesim ve bölmeden çıkarma işlemleri sonrasında ise alanda kalan birçok gövde ve ağaç zarar göreceğinden %30-40 civarına yükselebilir.

Ölü örtü ve ölü odun ölçümleri yapılırken takip edilmesi gereken aşamalar aşağıdaki gibidir;

i- Ölü odun için örnek alan içindeki 10 cm çapından ve/veya 50 cm boyundan büyük tüm ölü odun kısımları ölçülür ve tartılır, dikili kurular ve örneklenemeyecek kadar büyük ölü odunlar için aşağıda açıklanan yol izlenir.

ii- Ölü örtü için ise 50x50 cm veya benzer boyutlarda çerçeveler kullanılabilir. Çerçeveye giren ölü odundan küçük boyutlu (10 cm çap ve 50 cm'den küçük) tüm malzeme plastik bir poşette toplanır ve tartılır (gr/0.25 m²de yaş ağırlık).

iii- Bu plastik torba örneği iyice karıştırılarak yaklaşık 1000 g'lık homojen bir örnek alınarak kağıt bir torbaya konulur. Bu 1000 g'lık örnek daha sonra 80°C'de 48 saat kurutularak kuru ağırlığı belirlenir. Ayrıntılı araştırma ve analizlerde ölü örtü havuzu, ince ve kalın şeklinde iki fraksiyonda incelenir.

ÖLÜ ODUN ÖRNEKLEME VE HESABI

Ölü odun örnekleme ve hesaplaması için IPCC (2003) 2 yöntem önermektedir. Eğer ölü odun miktarı toprak üstü biyokütleyle oranla oldukça düşük ise transekt yöntemi kullanılabilir. Ama eğer ölü odun miktarı topraküstü biyokütlede büyük bir oranı ifade ediyorsa (%10-15 den fazla) o zaman örnek alandaki tüm ölü odun ölçülmeli ve hesaplanmalıdır.

a) Transekt Yöntemi:

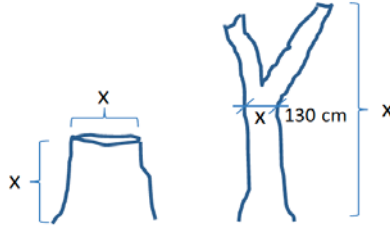
50 şer metrelik 2 veya 25 er metrelik 4 ana pusula yönünde şerit metrelerle transekt hattı uygulanır. Transekte degen ölü odunların değıdikleri noktadan çapları ve merkeze mesafeleri ölçülür ve kaydedilir. Aşağıdaki denklem (IPCC GPG, 2003) sayesinde de toplam ölü örtü hacmi hesaplanır.

$$\text{Hacim (m}^3 \text{/ha)} = \pi^2 \bullet (D1^2 + D2^2 + \dots + Dn^2) / (8 \bullet L)$$

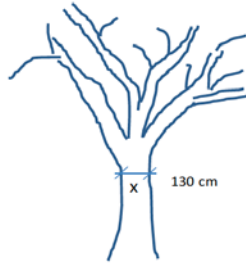
Burada D transekt hattına değen her parçanın çapını (cm) ifade etmektedir. Eliptik ölü odunların çapı $D_{min} \cdot D_{max}$ 'ın karekökü alınarak hesaplanabilir. L transekt hattını uzunluğunu (m) ifade etmektedir.

b) Tüm Ölü Odunun Ölçülmesi Yöntemi:Eğer kesim sonrası artıklar veya büyük oranda ölü örtü söz konusu ise örnek alanda yer alan 10 cm'den kalın çaplı tüm ölü odun ölçülmeli ve örneklenmelidir. Bunun için (Subedi ve ark, 2010);

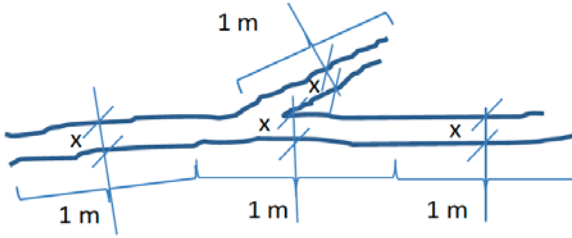
Kesilmiş gövdelerde ve 130 cm'den uzun dikili gövdelerde çap ve boy ölçülür (x işaretli kesitlerde).



Dikili kurularında canlı ağaç gibi 130 cm çapı ölçülür. Eğer küçük büyük tüm dallar yerinde duruyorsa aynı canlı ağaç denklemi ile hesap yapılabilir fakat yapraklar olmayacağı için %2-3 oranında biyokütle düşük hesaplanır. Eğer sadece büyük dallar duruyor, küçük dallar düşmüşse bu durumda canlı ağaç için hesaplanan biyokütle değerinden %20 düşük hesaplanmalıdır. Sadece gövde duruyorsa bu durumda da tabandan çap ile ağaç boyu ölçülür ve koni hacim denklemi uygulanır.



Yatık gövdelerde ise göz kararı birer metrelik seksiyonlara ayrılarak seksiyon uzunluğu ve ortadan çap ölçülür. Boy ve çap değerlerinden silindir hacmi formülü kullanılarak hacim hesaplanır. Kuru ağırlık yüzdesi de karbon fraksiyonu (CF) ile çarpılarak karbon miktarı hesaplanır.



Bu arada ölü odun çürümeye başlamış olabilir, bu da kuru ağırlık ve CF değerini etkileyecektir. Çürüme düzeyini hesaplamak için dikili veya yatık durumda tüm ölü odunlara kama (machete) testi uygulanır. Kama testi uygulamasında kama veya bıçak gibi sert ve keskin bir cisim ölü gövdeye saplanır. Sert cisim gövdeye çok az giriyorsa ölü odunun henüz çürümeye yeni başladığı ve sert olduğu anlaşılır. Belli bir oranda gövdeye girebiliyorsa orta düzeyde çürümüş olduğu, tamamen gövdeye girebiliyor ve hatta gövdeyi parçalayabiliyorsa tamamen çürümüş olduğu anlaşılır ve bu şekilde not alınır.

Daha sonra her çürüme seviyesine giren ölü odun miktarı ayrı ayrı hesaplanır. Sert (seviye 1) olarak kaydedilmiş ölü odun hacmi için normal biyokütle hesabı yapılır fakat orta düzey çürüme (seviye 2) söz konusu ise 0.80, tam çürüme (seviye 3) söz konusu ise 0.45 oranında yoğunluk azaltım faktörü uygulanır. Yani hesaplanan değer belirtilen oranlarda azaltılır.

Toprak

Toprak organik karbonu organik ve inorganik formda bulunur. Karbonat formundaki inorganik karbon genellikle kalkerli topraklarda bulunmaktadır, nötr ve asidik topraklarda önemsiz düzeydedir. Dolayısıyla topraktaki ana karbon formu, organik karbondur ve 2 mm'den küçük toprak organik maddesi içerisinde bulunur.

Toprak organik karbonu organik turba toprağı ile mineral toprak arasında büyük farklılık gösterebilir (Hairiah ve ark., 2010). Mineral orman topraklarında karbon stoku genellikle üst 30 cm'de bulunmakta ve hektarda en fazla 300 Mg C kadar bulunmaktadır. Turbalıklarda ise tüm derinlik kademeleri boyunca ve hektarda 700 Mg C'ye kadar karbon stoku bulunabilmektedir.

Mineral topraklar üzerinde gerçekleştirilen ormancılık faaliyetleri (Ormanın yönetim ve planlama şekli, idare süresi, tür dağılımı, drenaj özellikleri, arazi hazırlığı, gübreleme yapılıp yapılmadığı, yangın geçmişi, vb.) toprak organik karbonuna farklı düzeylerde etki edebilir.

Toprak organik karbonunun belirlenmesi hem doğal yapısı bozulmuş hem de bozulmamış toprak örneklemesini gerektirir. Bozulmuş örnek karbon analizi için, bozulmamış örnek ise hacim ağırlığının tayini için kullanılır.

Doğal yapısı bozulmuş ve bozulmamış (silindir) toprak örnekleme için işlem adımları şu şekildedir; Örnek alanda rastgele seçilmiş 3 noktada (daha yüksek hassasiyet için örnek nokta sayısı 6'ya kadar artırılabilir) 50 cmx50 cm'lik kare atılır ve ölü örtü tabakası üzerinden sıyırılır.

İlk kare noktasında 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik kademelerinden (eğer daha alt horizonlarda da organik madde olduğu gözlemleniyorsa derinlik kademeleri 30-40, vb. şekilde artırılabilir) kürek veya örnekleme seti yardımıyla örnekleme yapılır. Önerilen işlem sırası şu şekildedir: Kare içinde önce ilk silindir toprağa çakılır ve çıkartılıp uygun şekilde paketlenip plastik torbaya konulur. Hemen sonrasında yan tarafından kürekle doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleme yapılır. Böylece 0-10 cm derinlik kademesi için hem doğal yapısı bozulmuş hem de bozulmamış toprak örnekleme yapılmış olur. Daha sonra aynı işlem 10-20 ve 20-30 derinlik kademeleri için benzer şekilde tekrarlanır. Doğal yapısı bozulmamış (silindir) örnekleri poşetlenip üzerleri numaralandırılırken doğal yapısı bozulmuş toprak örneklerinin bulunduğu torbalar kapatılmaz, çünkü diğer noktalardan alınan örnekler de bu torbalara konulacaktır.

Böylece ilk kare noktası için 3 adet doğal yapısı bozulmamış (silindir) örneği, 3 de doğal yapısı bozulmuş toprak örneği alınmış olur. Diğer noktalarda da işlem tekrarlanır. Doğal yapısı bozulmamış örnek sayısı 9'a ulaşırken doğal yapısı bozulmuş 0-10 cm toprak örnekleri bir poşette, 10-20 cm örnekler bir poşette, 20-30 cm örnekler de başka bir poşette toplanmış olur.

Daha sonra her 3 poşet iyice karıştırılır ve her birinden 0.5 kg ağırlığında üçer örnek alınır, geriye kalan toprak atılır. Bu örneklerden ikişer tanesi analiz için laboratuvara gönderilir, kalan örnek ise arşivlenmesi amacıyla saklanır.

Örneklerin konulduğu plastik poşetlerin üzerine bir poşet daha geçirilir ve suya dayanıklı mürekkebi olan kalemle örnekleme tarihi, derinlik kademesi, alınma yeri ve GPS koordinatları yazılır.

Özetlenecek olursa 3 rastgele kare örnekleme ve 3 derinlik kademesi söz konusu olduğunda 9 doğal yapısı bozulmamış (silindir), 9 doğal yapısı bozulmuş toprak örneği alınmış olur. 3 adet arşivlenecek torba örneği dışındakiler laboratuvara gönderilir.

ÖLÇÜM SO-
NUÇLARININ
KARBON
STOK VE
STOK
DEĞİŞİMİNE
DÖNÜŞTÜ-
RÜLMESİ

Yukarıda açıklanan arazi yöntemleri ile elde edilmiş olan ölçüm sonuçlarının karbon salım/tutum hesabına dönüştürülmesi sürecinde aşağıdaki aşamaların takip edilmesi önerilmektedir. Bu süreçte IPCC tarafından önerilen tablolar² ve MS Excel dosyaları³ da kullanılabilir.

Biyokütle Hesaplaması

Biyokütle karbon stokunun hesaplanması için arazide ölçülmesi gereken temel parametreler;

- Odunsu bireyler için göğüs çapı ve ağaç boyudur. Proje kapsamında önceden belirlenmiş (yetiştirme ortamı ve kullanılacak allometrik denkleme⁴ göre) bir minimum çap söz konusu değil ise minimum çap olarak 8 cm alınır.
- Çap ve boydan yola çıkılarak - her birey için ağaç türüne göre önceden geliştirilmiş regresyon denklemleri veya hasılat tablolarından yararlanılarak - ticari hacim (m³) hesaplanır.
- Ticari hacim BCEF (Biyokütle Dönüşüm ve Genişleme Faktörü) katsayıları ile çarpılarak toplam biyokütle (ton kuru madde) elde edilir. Bu aşamadan sonraki hesaplama süreci oldukça basittir. Elde çap ve/veya boyu temel alan daha gelişmiş ampirik denklemler var ise o zaman BCEF katsayısı yerine denklemler kullanılmalıdır. Zira BCEF katsayıları ağacın büyüme dönemini veya boyunu dikkate almamaktadır.

Büyümeden kaynaklanan karbon stok artışının hesaplanması için bir örnek Ek-1'de verilmiştir. Kesimden kaynaklanan karbon salımının hesaplanması için bir örnek Ek-2'de verilmiştir.

Yakacak odun kesiminden kaynaklanan karbon salımının hesaplanması için bir örnek Ek-3'te verilmiştir. Ormanda meydana gelen zararlardan kaynaklanan karbon salımının hesaplanması için bir örnek Ek-4'te verilmiştir.

Ormanlık bir sulak alanın (organik topraklı) drenajından kaynaklanan karbon salımının hesaplanması için bir örnek Ek-5'te verilmiştir.

Yangın sonucu ortaya çıkan salımın hesaplanmasına yönelik bir örnek ise Ek-6'da verilmiştir.

²http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_13_An1_Worksheets.pdf

³<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

Ölü Örtü/Ölü Odun Hesaplaması

Ölü örtü ve ölü odun nemli ağırlıkları arazide ölçülmüş daha sonra yaklaşık 100 g'lık örnek alınıp laboratuvara kuru ağırlık ve karbon analizi için gönderilmiştir.

Hektardaki karbon stoku hesaplanması için aşağıdaki tablo kullanılabilir;

Örnek alanda 3 adet 50x50 cm boyutunda kuadrat atılarak içindeki tüm ölü örtü/özü odunun toplanarak tartıldığını sonra da karıştırılarak 120 g örnek alındığını varsayalım. Laboratuvarda 80°C'de

48 saat kurutulduğunda kuru ağırlığı 80 g'a düşmüştür. Örneğin analizi sonucu karbon yüzdesi de %40 bulunmuştur.

Buna göre örneğin nem yüzdesi;

$$\% \text{ Nem} = ((\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / \text{Kuru Ağırlık}) \times 100$$

$$= (120 - 80) / 80 = \%50 \text{ dir}$$

Örnek yaş ağırlığı ortalama 304 g olduğundan;

$$50 / 100 = (304 - \text{KA}) / \text{KA}$$

$$\text{KA} = 202.7 \text{ g hesaplanır.}$$

	Kuadrat içine düşen ölü örtü/özü odun yaş ağırlığı (g)	Kuru ağırlık* (kg kuru madde)	Hektara dönüşüm (ton kuru madde) Ağırlık x 4 x 10000 / 1000	C yüzdesi (%)	Hektarda karbon stoku (ton C/ha)
Ölçülen	300 – 318 - 294				
Ort	304	0.2	8	40	3.2

*Örnekte nem yüzdesi %50 hesaplanmıştır.

⁴ Ulusal kaynaklarda yer almayan bir ağaç türü için IPCC tarafından verilen tablo kullanılabilir.

Topraktaki Karbon Stoğunun Hesaplanması

IPCC GPG 2003 tarafından önerilen temel denklem (Denklem 4.3.3 IPCC GPG 2003);

$$\text{SOC} = [\text{SOC}] \bullet \text{Hacim ağırlığı} \bullet \text{Derinlik} \bullet \text{İskelet oranı} \bullet 10$$

Burada;

SOC: Toprak organik karbonu (Mg C ha-1)

[SOC]: Toprakta organik karbon konsantrasyonu (g C / kg toprak) Laboratuvar analizinden

Hacim ağırlığı (Mg/m³) Laboratuvar analizinden

Derinlik: Toprak derinliği (m)

İskelet oranı : 1 - (% iskelet oranı)

10'la çarpmanın gerekçesi ise sonucun Mg C ha-1e dönüştürülmesidir.

Daha ayrıntılı ve aşamalı açıklamak gerekirse

Örnekleme yönteminin açıklandığı yukarıda belirtildiği üzere her bir kuadrat noktasından 3 derinlik kademesinden hem silindir hem de torba örnekleri alınmaktadır. Kuadrat sayısı 3 olduğu takdirde örnek alandan toplam 9 silindir ve 9 da torba örneği alınmış olacaktır. Hesaplama 3 aşamada yapılır;

Aşama 1. Hacim ağırlığı hesaplaması

Hacim ağırlığı hesaplaması için silindir örnekleri 105° C'de ağırlıkları sabitlenene kadar bekletilmişlerdir.

Her derinlik kademesi için ayrı ayrı hacim ağırlığı hesaplanır;

0-10 cm için 120, 130 ve 125 g kuru ağırlık

10-20 cm için 130, 130 ve 136 g kuru ağırlık

20-30 cm için 135, 137 ve 139 g kuru ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Silindir hacmi ise $V = \pi r^2 h$ formülünden hesaplanabilir.

Eğer 5 cm yükseklik ve 2.5 cm yarıçap söz konusu ise hacim 98.125 cm³ hesaplanır.

Buna göre;

0-10 cm derinlik kademesi için hacim ağırlığı;

HA = Ortalama kuru ağırlık/ silindir hacmi

$$HA = 125 / 98.125 = 1.27 \text{ g/cm}^3$$

10-20 cm derinlik kademesi için hacim ağırlığı;

$$HA = 132 / 98.125 = 1.34 \text{ g/cm}^3$$

20-30 cm derinlik kademesi için hacim ağırlığı;

$$HA = 137 / 98.125 = 1.39 \text{ g/cm}^3$$

Aşama 2. Hektarda karbon stoku hesaplaması

Karbon içerikleri analiz edilen toprak örneklerden her derinlik kademesi için hektardaki karbon stok değerleri hesaplanır. Laboratuvar analizlerine göre derinlik kademeleri için ortalama karbon içerikleri 0-10 cm için %4, 10-20 cm için %2, 20-30 cm için ise %1 olsun.

Genel hesaplama formülü;

C (%) x HA (gr/cm³) x 0.1 x 10 000 (0.1 metre hesaplama yapılacak toprak kütlelerinin derinliğidir)

$$0-10 \text{ cm'deki C Stoku} = 0.04 \times 1.27 \times 0.1 \times 10\ 000$$

$$= 50.8 \text{ ton C /ha}$$

$$10-20 \text{ cm'deki C Stoku} = 0.02 \times 1.34 \times 0.1 \times 10\ 000$$

$$= 26.8 \text{ ton C /ha}$$

$$20-30 \text{ cm'deki C Stoku} = 0.01 \times 1.39 \times 0.1 \times 10\ 000$$

$$= 13.9 \text{ ton C /ha}$$

Çalışmaya konu olan arazide toprakların üst 30 cm'sinde organik karbon bulunduğu varsayılırsa.

hektarda toplam;

$$= 50.8 + 26.8 + 13.9$$

$$= 91.5 \text{ ton C /ha bulunduğ u hesaplanır.}$$

Bazı durumlarda organik karbon daha derin toprak horizonlarında da önemli ölçüde yer alıyor olabilir. Bu gibi durumlarda daha derin horizonlar veya kademeler de örneklenmelidir.

Toprak örnekleme derinlik kademesi yanında horizonlar dikkate alınarak da yapılabilir. Bu durumda profil çukuru açılarak önce profil derinlikleri belirlenir. Her bir derinlik kademesi yerine horizontan örnekleme yapılır.

BELİRSİZLİK ANALİZİ

Karbon projelerinde doğruluk ve bunun tam tersi olarak ifade edebileceğimiz belirsizlik seviyesi ortaya konulurken ilk aşamada hesap seviyesi (Tier) iyi anlaşılmalıdır. Bu konuda temel yaklaşım;

Seviye 1- IPCC geçerli katsayı ve metotlar

Seviye 2- Ana karbon stoklarında ülkeye özgü katsayıların kullanılması

Seviye 3- Ayrıntılı ve tekrarlı ölçme ve izlemler veya modelleme

Hesaplama seviyesinin 1'den 3'e çıkması ile doğruluğun artacağı, belirsizliğin azalacağı söylenebilir.

Toplam belirsizlik düzeyini belirlemek için her bir karbon havuzunun belirsizlik düzeyi hesaplanır.

Bunun için her karbon havuzu için %95 güven düzeyi hesaplanır. Standart sapmanın 2 katı ortalamadan çıkarıldığında alt sınır, ortalamaya eklendiğinde üst sınır elde edilir. Belirsizlik yüzdesi ise;

Belirsizlik (%) = $100 \times (\%95 \text{ GA yarısı}) / \text{aritmetik ortalamadır.}$

Toplam belirsizlik hesabında ise;

Toplam Belirsizlik (%) = $\sqrt{a^2 + b^2 + \dots}$

a, b: Hesaba konu karbon havuzlarının belirsizlik düzeyleri

Örnek vermek gerekirse:

Bir alanda karbon odaklı arazi ölçümleri yapılmıştır. Bunun için 8 adet örnek alanda ölçüm yapılmış ve hesaplanacak 3 karbon havuzu için ortalama/standart sapma değerleri elde edilmiştir. Hesaplamaların toplam belirsizlik katsayısını hesaplayalım.

Toprak karbonu için;

Ort.= 124.8 ton C/ha

Std.S.= 45 ton C/ha

Belirsizlik yüzdesi (%) = $100 \times (2 \times 45) / 124.8 = 72.11$

Toprak üstü biyokütle karbonu için;

Ort.= 88.6 ton C/ha

Std.S.= 22.1 ton C/ha

Belirsizlik yüzdesi (%) = $100 \times (2 \times 22.1) / 88.6 = 49.89$

Ölü örtü ve ölü odun için;

Ort.= 3.6 ton C/ha

Std.S.= 1.1 ton C/ha

Belirsizlik yüzdesi (%) = $100 \times (2 \times 1.1) / 3.6 = 61.11$

Toplam belirsizlik yüzdesi (%) = $\sqrt{72.11^2 + 49.89^2 + 61.11^2}$
= % 106.55

PROJEDE
KARBON
KAÇAKLARI-
NIN ANALİZİ
(LEAKAGE
ANALYSIS)

Fotoğraf 16: Ahşap çerçeve ile ölü örtü örnekleme



Bir karbon odaklı arazi projesinde proje aktiviteleri nedeniyle proje alanı dışında gerçekleşen salım artışlarına karbon kaçağı (Leakage) adı verilmektedir (Subedi ve ark., 2010). Proje alanında gerçekleştirilen her aktivite (kesimin azaltılması, otlatmanın önlenmesi vs.) proje alanı dışında olumsuz bir etki (salım vs.) yaratma potansiyelindedir. Örneğin bir orman alanının korumaya alınması, odun arzını dengelemek üzere diğer orman alanları üzerinde daha yüksek bir üretim baskısı yaratabilir veya otlatmanın bir ormanda engellenmesi çevredeki meralar veya orman alanlarında otlatma yoğunluğunu artırabilir. Projeye konu olan orman alanından yakacak odun toplanmasının engellenmesi yerel halkı diğer orman alanlarına yönlendirebilir. Bir arazi kullanma projesinde projenin yaratacağı karbon kaçaklarının mutlaka dikkate alınması ve mümkünse önlenmesi gerekir;

zira bu kaçaklar projede sağlanan azaltım oranını olumsuz yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Kaçakları önlemek için şunlar önerilebilir (Subedi ve ark., 2010);

- Kaynağın daha etkin kullanımı ile ihtiyacın azaltılması
- Kaynaktan faydalanmaya devam edilmesi fakat sürdürülebilir bir planlama yaklaşımı benimsenmesi
- Kullanımı sınırlanacak veya önlenecek kaynağa alternatif sürdürülebilir bir kaynak sağlanması
Örneğin ormanda otlatma önlenirken yerel halka dışardan yem sağlanması veya yakacak odun yerine güneş enerjisi sistemleri kurulması gibi

Karbon kaçakları genellikle proje alanı yakınındadır. Kaçak miktarının tahmini için bu alanlar belirlenip CBS altlıklarında işaretlenebilir böylece takibi ve ortaya konulması daha kolay olabilir. Proje çevresinde karbon kaçağının görülebileceği alanlara “karbon kaçağı kuşağı” (Leakage Belt) adı verilmektedir.

KALİTE

KONTROL
VE KALİTE
GÜVENCESİ
(QA/QC)

Birçok karbon standardında doğrulanabilir ve kredilendirilebilir bir karbon hesaplaması için QA/QC prosedürünün ve planının uygulaması öngörülmektedir. Böylelikle yapılan ölçüm ve hesaplamaların güvenilirliğinin paydaşlarca kabulü ve belli minimum kriterlerin sağlanmış olduğu ortaya konulmuş olur. Karbon projesi yapılandırılırken proje dokümanları içerisinde bir de QA/QC planı yer almalıdır. Bu planda özellikle arazi ölçümleri, laboratuvar analizleri, veri işleme ve arşivleme aşamaları için kalite kontrol ve güvence aşamaları için öngörülen prosedürler bulunmalıdır.

Arazi ölçümlerinde uzman kişilerin ekipte yer alması ve standart ölçüm prosedürlerini uygulaması gerekmektedir. Bu bakımdan uzman personel eğitimi ve yetiştirilmesi önem arz etmektedir.

Diğer önemli bir nokta da QA/QC planında en azından bazı noktaların farklı ekiplerce tekrar ölçümüdür. Burada tekrar ölçülecek nokta sayısı, ekiplerin tecrübesine ve ölçüm yapılan ekosistemin özelliklerine bağlı olmakla beraber, en az %10 olmalıdır. Yani 30 noktada ölçüm yapılmışsa, en az 3 rastgele noktanın farklı ekiplerce ölçülmesi ve farkın değerlendirilmesi gerekir.

Laboratuvar analizleri de QA/QC prosedürünü takip etmelidir. Analizlerin yapılacağı laboratuvarın belli standartları sağlamış ve akredite olmuş olması gerekmektedir. Örneğin hacim ağırlığı ölçümlerinde silindirdeki toprağın 105°C'de sabit ağırlığa düşene kadar kurutulduğundan, toprak organik karbonunun 2 mm'lik elekten geçmiş toprak örneklerinde analiz edildiğinden, karbon analizi yapılacak toprak örneklerinin fırın değil hava kurusu olduğundan emin olunmalıdır.

Arazide ölçümler ya kağıt föylere ya da elektronik tablolara yazılmaktadır. Kağıt föylere yazılmışsa bunların daha sonra analiz için kullanılacak yazılıma aktarılmasında da hatalar görülebilir. Bu aşamadaki hata oranını görmek için verilerin en az %10'u farklı uzman bir kişi tarafından tekrar girilmeli ve girilen her iki veri karşılaştırılarak hata olup olmadığı kontrol edilmelidir. Girilen verilerin son aşamada bir uzman tarafından kontrolü yapılmalıdır. Bu sayede gerçekçi olmayan veya anormal veriler saptanabilir. Ormanlık projeleri uzun vadeli olduklarından proje dokümanlarının güvenli biçimde saklanması önemlidir. Zaman içinde kullanılan yazılımlar ve veri formatları güncellendiğinden belli dönemlerde verilerin gözden geçirilerek format yönünden güncellenmesi gerekli olabilir.

California Environmental Protection Agency AIR RESOURCES BOARD, 2015. Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects.

Diaz, David, and Matt Delaney. Carbon Stock Assessment Guidance: Inventory and Monitoring Procedures. In Building Forest Carbon Projects, Johannes Ebeling and Jacob Olander (eds.). Washington, DC: Forest Trends, 2011.

Dolman, A.J., Van der Werf, G.R., Van der Molen, M.K., Ganssen, G., Erisman, J.W., Strengers, B., 2010. A Carbon Cycle Science Update Since IPCC AR-4. *Ambio*. 2010 Jul; 39(5-6): 402-412.
FCCC, 2015. Adoption of the Paris Agreement, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.

Hairiah K, Dewi S, Agus F, Velarde S, Ekadinata A, Rahayu S and van Noordwijk, M, 2011. Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office, 154 pages.

Houghton, R.A., 2005. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology* (2005) 11, 945-958.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Kauffman, J.B. and Donato, D.C. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Working Paper 86. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Pearson, T.R.H., Brown, S.L., Birdsey, R.A., 2007. Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon. Northern Research Station. General Technical Report NRS-18.

Pearson, T.R.H., Walker, S., Brown, S., 2005. Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects. Winrock International.

Subedi, B., Pandey, S.S., Pandey, A., Rana, E.B., Bhattarai, S., Banskota, T.R., Charmakar, S., Tamrakar, R., 2010. Forest Carbon Stock Measurement Guidelines for measuring carbon stocks in community-managed forests. ISBN: 978-9937-2-2612-7.

UNFCCC, 2015. Measurements for Estimation of Carbon Stocks in Afforestation and Reforestation Project Activities under the Clean Development Mechanism: A Field Manual.

Walker, SM, TRH Pearson, FM Casarim, N Harris, S Petrova, A Grais, E Swails, M Netzer, KM Goslee and S Brown. 2012. Standard Operating Procedures for Terrestrial Carbon Measurement: Version 2012. Winrock International.

Watson, C., 2010. Forest Carbon Accounting: Overview & Principles. CDM Capacity Development in Eastern and Southern Africa.

Ek 1

Uygulama		Toprak üstü ve altı biyokütlerdeki artışın hesaplanması						
ARAZİ KULLANIMI		Alanlar	Alan	Yıllık ortalama biyokütle artımı ¹	Kök-gövde oranı	Yıllık ortalama toplam biyokütle artımı (TU+TA)	Kuru maddenin karbon fraksiyonu	Büyümeden kaynaklanan yıllık karbon stok artışı
Önceki arazi kullanımı	Sonraki arazi kullanımı		(ha)	(ton kuru madde ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	ton kuru madde/ton kuru madde	(ton kuru madde ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	ton C / ton kuru madde	(ton C yıl ⁻¹)
				Ulusal verilerden alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.9, 4.10 ve 4.12'den alınır.	Ulusal verilerden alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.4'ten alınır ¹ .	$G_{TOTAL} = GW * (1+R)$	IPCC 2006 da Tablo 4.3'ten alınır ²	$\Delta C_G = A * G_{TOTAL} * CF$
			A	GW	R	G _{TOTAL}	CF	ΔC _G
FL - Orman	FL - Orman	Mc3	10	5	0.23	6.15	0.48	29.52
		Knd2	30	6	0.23	7.38	0.48	106.27
		MKncd2	24	6	0.23	7.38	0.48	85.02
Toplam								220.81

¹ Artım miktarı m3 olarak verilmişse BCEF₁ faktörü kullanılarak kuru maddeye dönüştürülmelidir.

² IPCC 2006 tarafından verilen geçerli R değerleri Türkiye'nin de dâhil olduğu ılıman kuşak ormanlarında ibrelü türler için 0.40 (toprak üstü biyokütlesi 50 ton/ha dan düşükse), 0.29 (toprak üstü biyokütlesi 50-150 ton/ha arasındaysa), 0.20 (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse), yapraklı türler için 0.46 (toprak üstü biyokütlesi 75 ton/ha dan düşükse), 0.23 (toprak üstü biyokütlesi 75-150 ton/ha arasındaysa), 0.24'tür (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse).

³ IPCC 2006 tarafından verilen geçerli CF değerleri Türkiye'nin de dâhil olduğu ılıman kuşak ormanlarında geniş yapraklı türler için 0.48, ibrelü türler için 0.51 ton C/ton kuru maddedir.

Ek 2

Uygulama		Kesimden kaynaklanan salımların hesaplanması					
ARAZİ KULLANIMI		Alanlar	Yıllık kesim miktarı	Biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü (ticari hacmi kabulü biyokütleye dönüştürmek amacıyla)	Kök-gövde oranı	Kuru maddenin karbon fraksiyonu	Kesimden kaynaklanan yıllık karbon salımı
Önceki arazi kullanımı	Sonraki arazi kullanımı		(m ³ yıl ⁻¹)	Ton biyokütle / m ³ ticari hacim	Ton kuru madde/ton kuru madde	ton C / ton kuru madde	(ton C yıl ⁻¹)
			Ulusal istatistikler veya alana özgü veri	Ulusal verilerden ¹ alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.5'ten alınır	Ulusal verilerden alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.4'ten alınır ² .	IPCC 2006 da Tablo 4.3'ten alınır ³	$L_{kesim} = H * BCEFR * (1+R) * CF$
			H	BCEFR	R	CF	L _{kesim}
FL - Orman	FL - Orman	Mc3	300	0.757	0.23	0.48	134.08
		Knd2	150	0.757	0.23	0.48	67.04
		MKncd2	200	0.757	0.23	0.48	89.39
Toplam							290.51

¹ Ulusal envanterde BCEFR katsayısı yapraklı türler için 0.757, ibrelili türler için 0.614 ton biyokütle / m³ ticari hacim'dir.

² IPCC 2006 tarafından verilen geçerli R değerleri Türkiye'nin de dâhil olduğu ılıman kuşak ormanlarında ibrelili türler için 0.40 (toprak üstü biyokütlesi 50 ton/ha dan düşükse), 0.29 (toprak üstü biyokütlesi 50-150 ton/ha arasındaysa), 0.20 (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse), yapraklı türler için 0.46 (toprak üstü biyokütlesi 75 ton/ha dan düşükse), 0.23 (toprak üstü biyokütlesi 75-150 ton/ha arasındaysa), 0.24'tür (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse).

³ IPCC 2006 tarafından verilen geçerli CF değerleri Türkiye'nin de dâhil olduğu ılıman kuşak ormanlarında geniş yapraklı türler için 0.48, ibrelili türler için 0.51 ton C/ton kuru maddedir.

Ek 3

Uygulama		Yakacak odun temininden kaynaklanan salımın hesaplanması							
ARAZİ KULLANIMI		Alanlar	Yakacak odun amacıyla temin edilen bütün ağaç hacmi	Biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü (ticari hacmi kabuklu biyokütleyle dönüştürmek amacıyla)	Kök-gövde oranı	Yakacak odun amacıyla temin edilen ağaç kısımlarının hacmi	Odun yoğunluğu	Kuru maddenin karbon fraksiyonu	Yakacak odun temininden kaynaklanan yıllık karbon salımı
Önceki arazi kullanımı	Sonraki arazi kullanımı		(m ³ yıl ⁻¹)	Ton biyokütle / m ³ ticari hacim	Ton kuru madde/ton kuru madde	(m ³ yıl ⁻¹)	ton m ⁻³	ton C / ton kuru madde	(ton C yıl ⁻¹)
			Ulusal veriler veya FAO istatistikleri	Ulusal verilerden ¹ alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.5'ten alınır	Ulusal verilerden alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.4'ten alınır ² .	Ulusal veriler veya FAO istatistikleri	Ulusal verilerden alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.13 ve 4.14'ten alınır ³ .	IPCC 2006 da Tablo 4.3'ten alınır ⁴	$L_{yakacakodun} = [FG_{ağaç} * BCEFR + (1-R) + FG_{kısım} * D] * CF$
			FG_{ağaç}	BCEFR	R	FG_{kısım}	D	CF	L_{yakacakodun}
FL - Orman	FL - Orman	Mc3	30	0.757	0.23	12	0.57	0.48	16.69
		Knd2	4	0.757	0.23	2	0.53	0.48	2.30
		MKnd2	22	0.757	0.23	8	0.55	0.48	11.94
Total									30.93

¹ Ulusal envanterde BCEFR katsayısı yapraklı türler için 0.757, ibrelili türler için 0.614 ton biyokütle / m³ ticari hacim'dir.

² IPCC 2006 tarafından verilen geçerli R değerleri Türkiye'nin de dahil olduğu ılıman kuşak ormanlarında ibrelili türler için 0.40 (toprak üstü biyokütlesi 50 ton/ha dan düşükse), 0.29 (toprak üstü biyokütlesi 50-150 ton/ha arasındaysa), 0.20 (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse), yapraklı türler için 0.46 (toprak üstü biyokütlesi 75 ton/ha dan düşükse), 0.23 (toprak üstü biyokütlesi 75-150 ton/ha arasındaysa), 0.24'tür (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse).

³ Tolunay'dan (2011) alınmıştır.

⁴ IPCC 2006 tarafından verilen geçerli CF değerleri Türkiye'nin de dahil olduğu ılıman kuşak ormanlarında geniş yapraklı türler için 0.48, ibrelili türler için 0.51 ton C/ton kuru maddedir.

Ek 4

Uygulama		Orman zararlarından (devrik, böcek vb.) kaynaklanan karbon salımı						
ARAZİ KULLANIMI		Alanlar	Zarara uğrayan alan	Ortalama toprak üstü biyokütle	Kök-gövde oranı	Kuru maddenin karbon fraksiyonu	Orman zararından kaynaklanan karbon salımı	Toplam salım
Önceki arazi kullanımı	Sonraki arazi kullanımı		(ha yıl ⁻¹)	(ton kuru madde ha ⁻¹)	Ton kuru madde/ton kuru madde	ton C / ton kuru madde	(ton C yıl ⁻¹)	(ton C yıl ⁻¹)
			Ulusal veya uluslararası veriler	Ölçüm, ulusal veri veya IPCC 2006, Tablo 4.9	Ulusal verilerden alınır. Eğer yoksa IPCC 2006 da Tablo 4.4'ten alınır ¹ .	IPCC 2006 da Tablo 4.3'ten alınır ²	$L_{zarar} = A * B_w * (1+R) * CF * f_d$	$\Delta C_L = L_{kesim} + L_{yakacak odun} + L_{zarar}$
			A _{zarar}	B _w	R	CF	L _{zarar}	ΔC_L
FL - Orman	FL - Orman	Mc3	14	120	0.23	0.48	148.78	299.55
		Knd2	6	108	0.23	0.48	57.39	126.73
		MKncd2	2	102	0.23	0.48	18.07	119.40
Toplam						224.24	545.68	

f_d = Orman zararı nedeniyle kaybolan biyokütlenin oranı. Bir fırtına zararı tüm meşcereyi yok etmişse (f_d = 1), örnekte olduğu gibi bir böcek zararı nedeniyle biyokütlenin %15'i ortadan kalkmışsa (f_d = 0.5).

¹ IPCC 2006 tarafından verilen geçerli R değerleri Türkiye'nin de dâhil olduğu ılıman kuşak ormanlarında ibrelili türler için 0.40 (toprak üstü biyokütlesi 50 ton/ha dan düşükse), 0.29 (toprak üstü biyokütlesi 50-150 ton/ha arasındaysa), 0.20 (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse), yapraklı türler için 0.46 (toprak üstü biyokütlesi 75 ton/ha dan düşükse), 0.23 (toprak üstü biyokütlesi 75-150 ton/ha arasındaysa), 0.24'tür (toprak üstü biyokütlesi 150 ton/ha dan büyükse).

² IPCC 2006 tarafından verilen geçerli CF değerleri Türkiye'nin de dâhil olduğu ılıman kuşak ormanlarında geniş yapraklı türler için 0.48, ibrelili türler için 0.51 ton C/ton kuru maddedir.

Ek 5

Uygulama		Organik topraklı orman alanlarının drenajı sonucu karbon salımı				
ARAZİ KULLANIMI		Alanlar	Drene edilen alan (Organik topraklı)	İklim tipine göre emisyon faktörü	Drene edilmiş organik topraklardan yıllık karbon salımı	
Önceki arazi kullanımı	Sonraki arazi kullanımı		(ha)	(ton C ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	(ton C yıl ⁻¹)	
				IPCC 2006 Tablo 4.6	$L_{Organik} = A * EF$	
				A	EF	L_{Organik}
		Çkod3	24	0.68	16.32	
		ÇkKnd2	20	0.68	13.60	
FL - Orman	FL - Orman	MKnnd2	5	0.68	3.40	
Toplam					33.32	

Uygulama		Yangın sonucu gerçekleşen salım										
ARAZİ KULLANIMI		Yanan alan (ha)	Yanıcı maddeni kütlesi (ton ha ⁻¹)	Yanma faktörü (-)	Herbir sera gazı için emisyon faktörü [g sera gazı (kg kuru madde) ⁻¹]	CH ₄ salımı (ton CH ₄)	CO salımı (ton CO)	N ₂ O salımı (ton N ₂ O)	NO _x salımı (ton NO _x)			
Önceki arazi kullanımı	Sonraki arazi kullanımı									Alanlar	Tablo 2.4	Tablo 2.6
		A	M _B	C _f	G _{ef}	L _{yangin-CH₄}	L _{yangin-CO}	L _{yangin-N₂O}	L _{yangin-NO_x}			
FL - Orman	FL - Orman	ÇkKnd2	50	19.8	0.45	CH ₄	4.7	2.09				
						CO	107		47.67			
						N ₂ O	0.26			0.12		
						NO _x	3.0				1.34	
	Makilik	50	14.3	0.72	CH ₄	4.7	2.42					
					CO	107		55.08				
					N ₂ O	0.26			0.13			
					NO _x	3.0				1.54		
Toplam						4.51		102.75		0.25		2.88





Prof. Dr. Yusuf Serengil

1973 yılında Gaziantep’de doğmuş, ilk ve orta öğrenimini sırasıyla Ankara ve Bolu’da tamamlamıştır. 1995 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesinden mezun olduktan sonra Havza Yönetimi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini, ekosistemlerde madde döngüsü konusunda da doktorasını tamamlamıştır. 2005-2006 yıllarında ABD’deki Coweeta Hidroloji Laboratuvarında doktora sonrası projelerde görev almıştır.

Yusuf Serengil 1995-2010 yılları arasında iklim değişikliği konularında bilimsel ve akademik çalışmalarda bulunmuş, 2010 sonrasında ise Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) süreçlerine hem müzakereler hem de envanter uzmanlığı bakımlarından ülkemizi temsilen katılmaya başlamıştır. Birçok BMİDÇS toplantısında ve projesinde Arazi Kullanma ile konularda Bakanlıklarımıza danışmanlık yapmıştır. 2012 yılında Birleşmiş Milletlerin AKAKDO sektörü Sözleşme ve Kyoto Protokolü, 2015 yılında Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Raporlama, 2018’de de İki Yıllık Güncelleme Rapor uzmanlıklarını almıştır. 2012 yılından beri BMİDÇS tarafından Uzman Gözden Geçirme Heyetlerinde (ERT) görevlendirilmiş ve görevlendirilmektedir. Ülkemizin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı dahil birçok dökümanı ve projesi yanında uluslararası projelerde görev yapmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan Sulak Alanlar Klavuz’unda ülkemizi temsilen başyazar olarak görev almıştır.

Yusuf Serengil IUFRO (Uluslararası Ormanlık Araştırmaları Birliği)’nde İklim Değişikliğinin Ormanlar Üzerindeki Etkileri Araştırma Grubunda koordinatörlük görevi yanında birçok uluslararası derginin editörler kurulunda yer almaktadır. İklim değişikliği ve ormanlık konularında yüzün üzerinde yayını bulunmaktadır.

Halen İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesinde profesörlük görevine devam etmekte, aynı zamanda “Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık (AKAKDO) Sektöründe Gelişmiş Analitik Temelin Oluşturulmasına Yönelik Teknik Destek Projesi” adlı Avrupa Birliği Projesinde Takım Liderliği görevini sürdürmektedir.

İK- LİM

DEĞİŞİKLİĞİ ve
KARBON YÖNETİMİ

TARIM/ORMAN ve DİĞER
ARAZİ KULLANIMLARI

Prof. Dr. YUSUF SERENGİL



Güçlü bireyler.
Güçlü toplumlar.