

ÇEV 806
Hava Kirliliđi ve İklim Deđiřimi

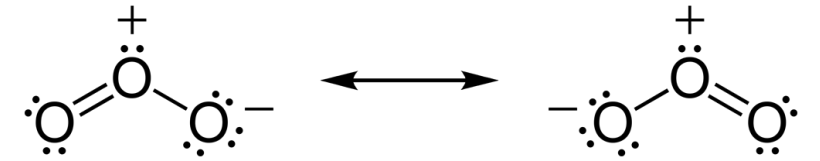
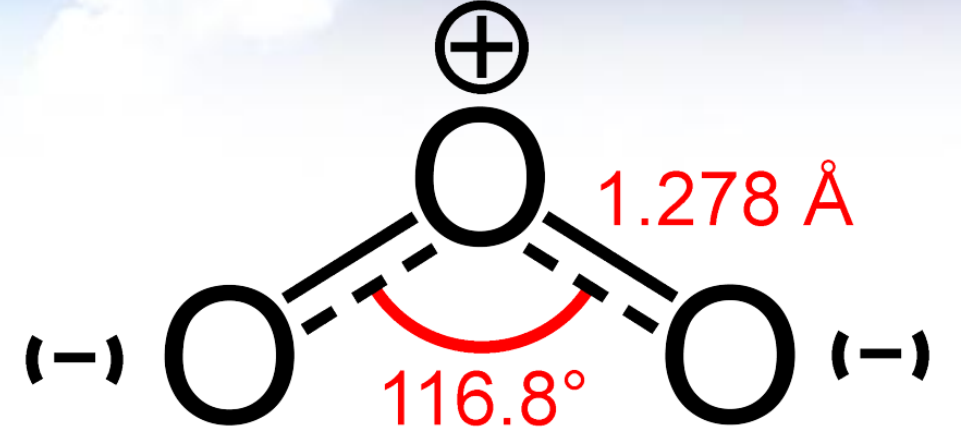
7 - Troposferik ve Stratosferik Ozon

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://ozgurzeydan.com.tr/>

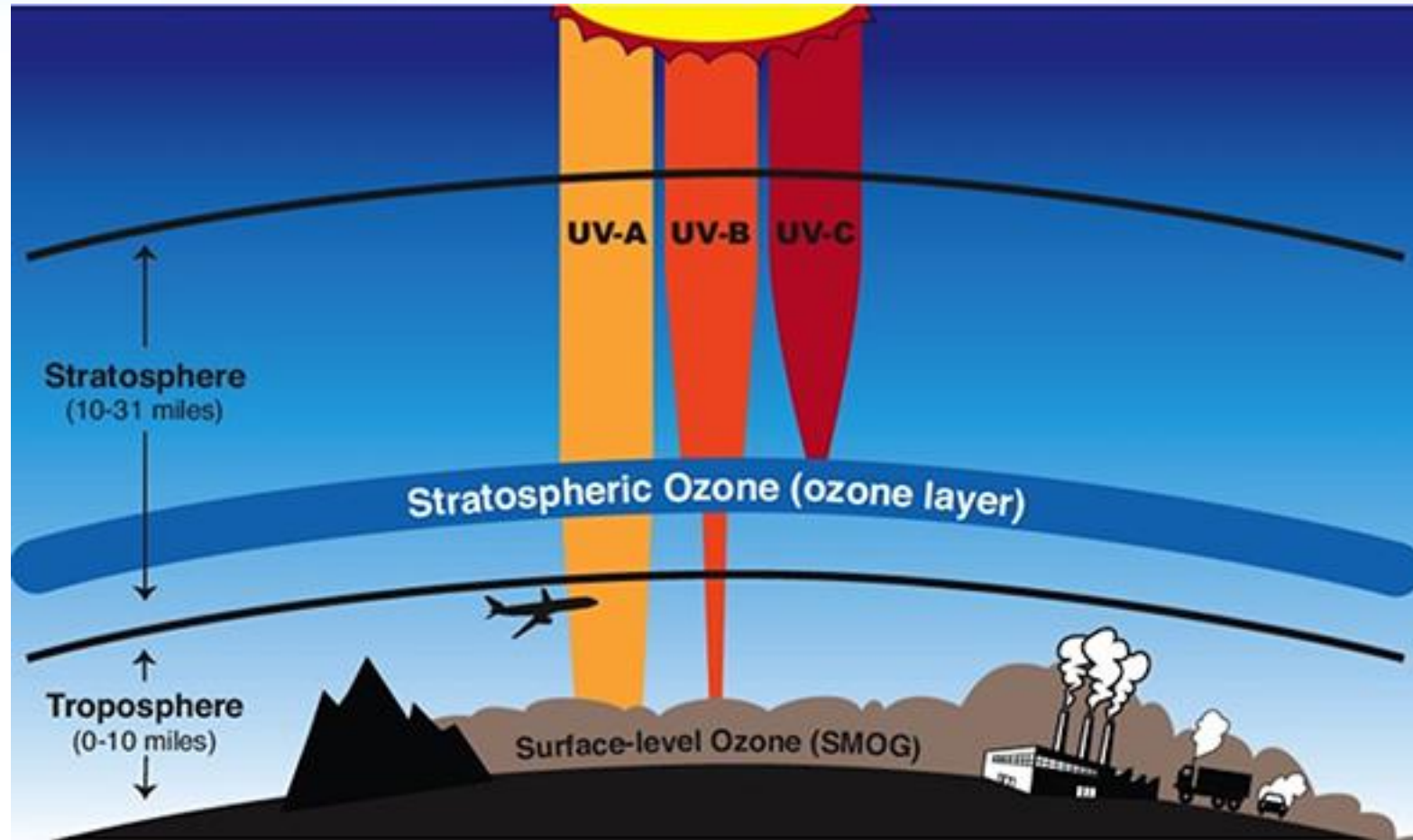
Ozon

- Oksijenin 3 atomlu allotropudur.
- Ozon molekülü keskin kokulu, oldukça reaktif, kararlı bir yapıya sahip bir moleküldür.



Oksijen ve Ozon		
Oksijen Atomu (O)	Oksijen Molekülü (O ₂)	Ozon Molekülü (O ₃)
		

Ozonun Atmosferde Bulunması

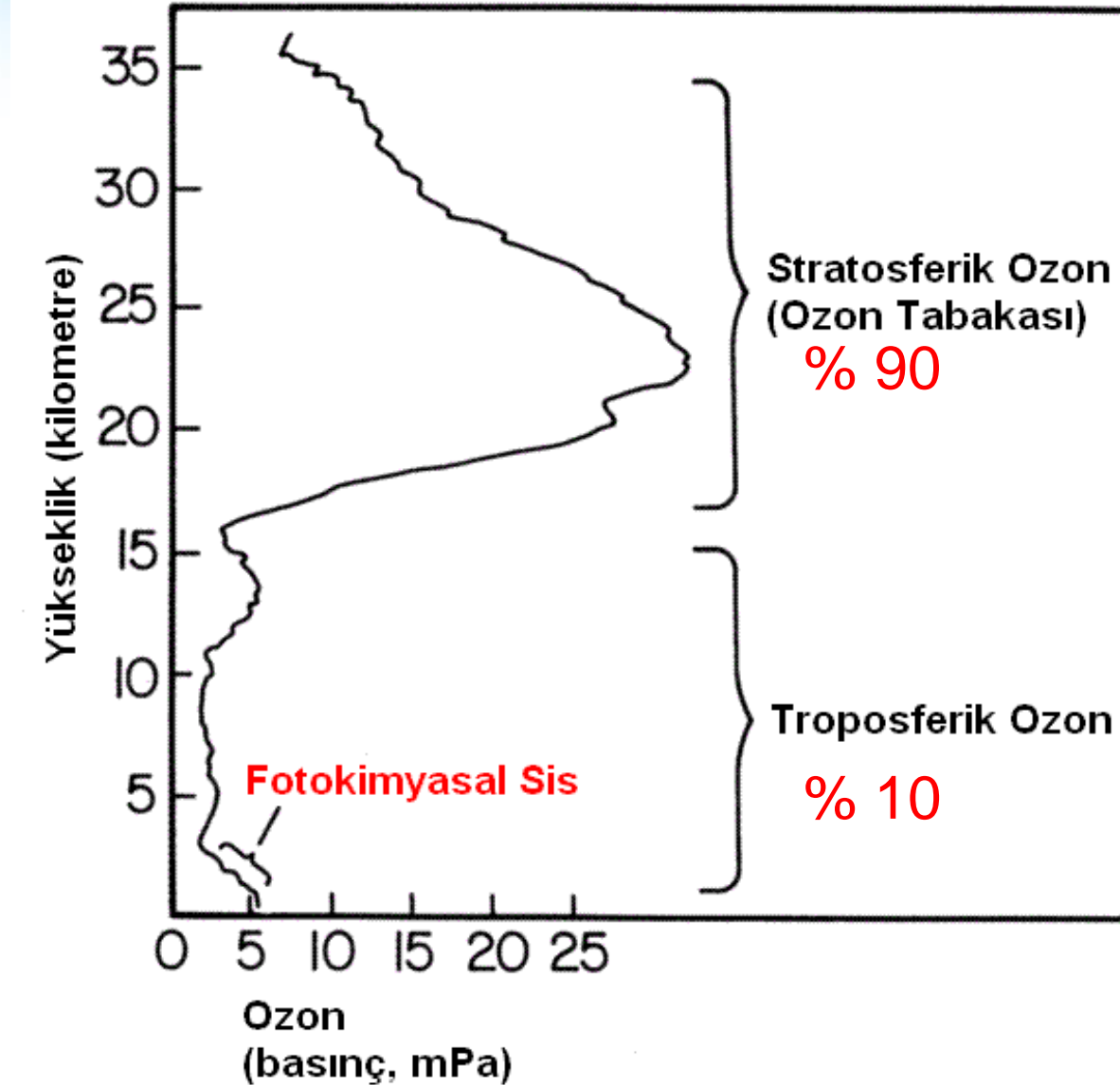


<https://scied.ucar.edu/learning-zone/atmosphere/ozone-layer>

UV Absorpsiyonu

UV Işık Türü	Dalga boyu (nm)	Ozon Etkisi
UV A	320 – 400	Ozon tarafından absorbe edilmez.
UV B	280 – 320	Oldukça büyük bir kısmı ozon tarafından absorbe edilir.
UV C	< 280	Tamamı ozon tarafından absorbe edilir.

Stratosferik ve Troposferik Ozon



12000 ppb

20 -100 ppb

Troposferik Ozon

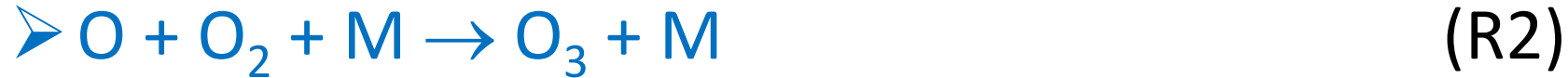
- Troposferdeki O_3 konsantrasyonu: 20-100 ppb
- Ozon öncüleri: azot oksitler ($NO_x = NO + NO_2$) ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) reaksiyonları sonucunda **ikincil kirletici** O_3 oluşmaktadır.
- $NO + HC + O_2 + \text{güneş ışığı} \rightarrow NO_2 + O_3$
- Veya, $NO_x + VOC + \text{güneş ışığı} \rightarrow \text{Fotokimyasal sis}$
(O_3)
- Troposferik ozonun canlılara ve çevreye olumsuz etkileri mevcut
- “Kötü ozon”

Troposferik Ozonun Etkileri

- İnsan sağlığına: gözleri, boğaz bölgesini ve solunum sistemini etkiler.
- Hayvanlara: insanlardakine benzer etkiler görülür.
- Bitkilere: tarım ürünlerini ve ormanlık alanlardaki ağaçları etkiler.
- Fotokimyasal sis: görüş seviyesinde azalmalar.
- Sera etkisinin kuvvetlenmesi: O₃ kuvvetli bir sera gazıdır.

Troposferik Ozon Oluşumu ve Ozonun Öncü Gazları

➤ Ozon gazının troposferde oluşması:



(M: üçüncü bir molekül, genelde N_2 veya O_2)



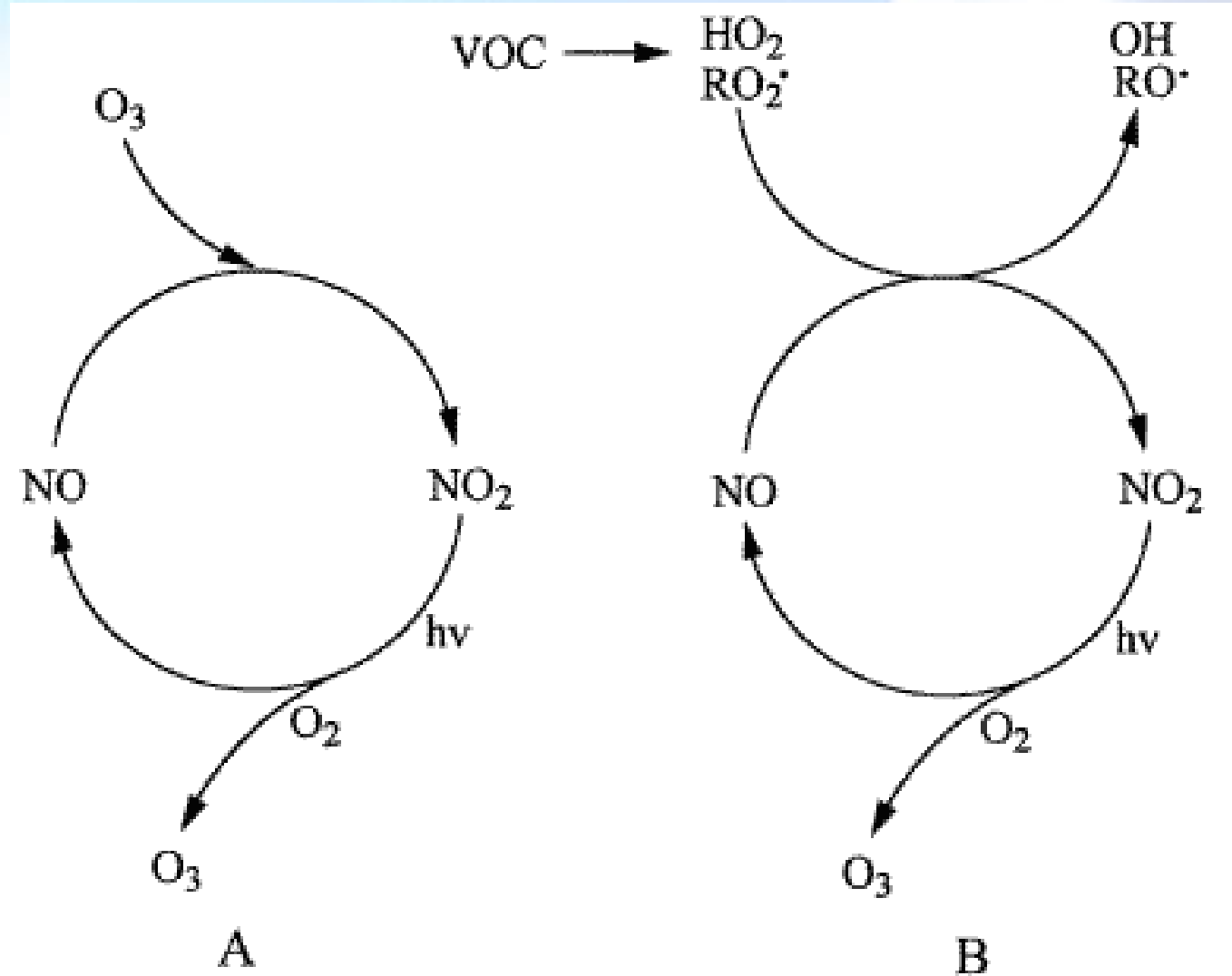
➤ Döngüsel olarak gerçekleşir.

➤ Eğer ortamda başka hiçbir madde yoksa üretilen net ozon miktarı sıfırdır.

Troposferik Ozon Oluşumu ve Ozonun Öncü Gazları

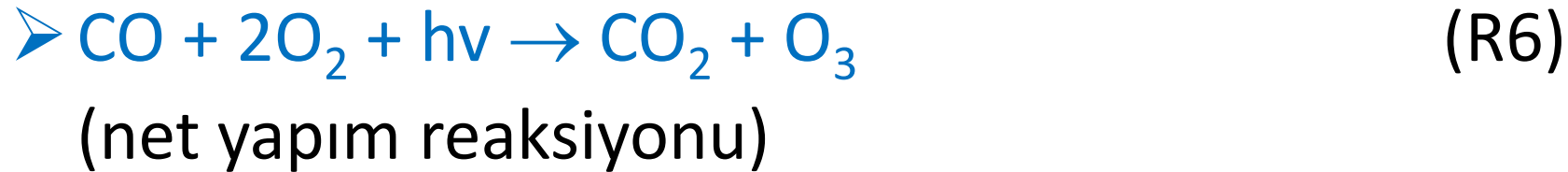
- Ozonun üretilmesi için, NO'nun NO₂'e oksidasyonunu gerçekleştiren diğer bir serbest radikal veya uçucu organik bileşik ortamda bulunmalıdır.
- $\text{HO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{OH}$ (R4)
- $\text{RO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{RO}$ (R5)
- (R: Alkil grubu)
- Hidroperoksi radikalinin (HO₂) veya organik peroksi radikalinin (RO₂) azot monoksitle reaksiyonları ile ozon üretimi için gerekli olan azot dioksitin (NO₂) miktarının artması gerçekleşir.

Azot Oksitler ve Ozon Döngüsü

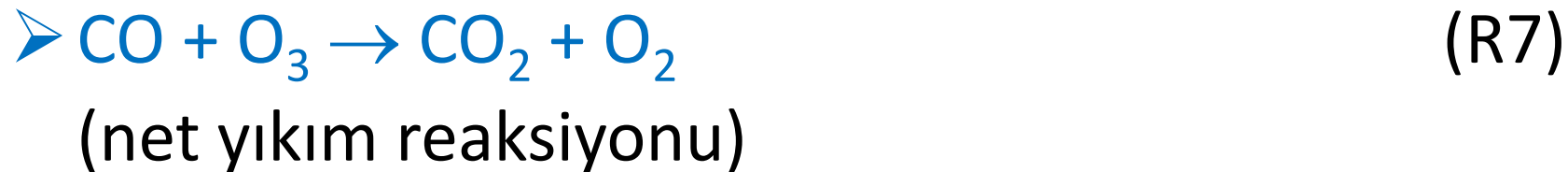


Karbon Monoksit (CO)'in Rolü

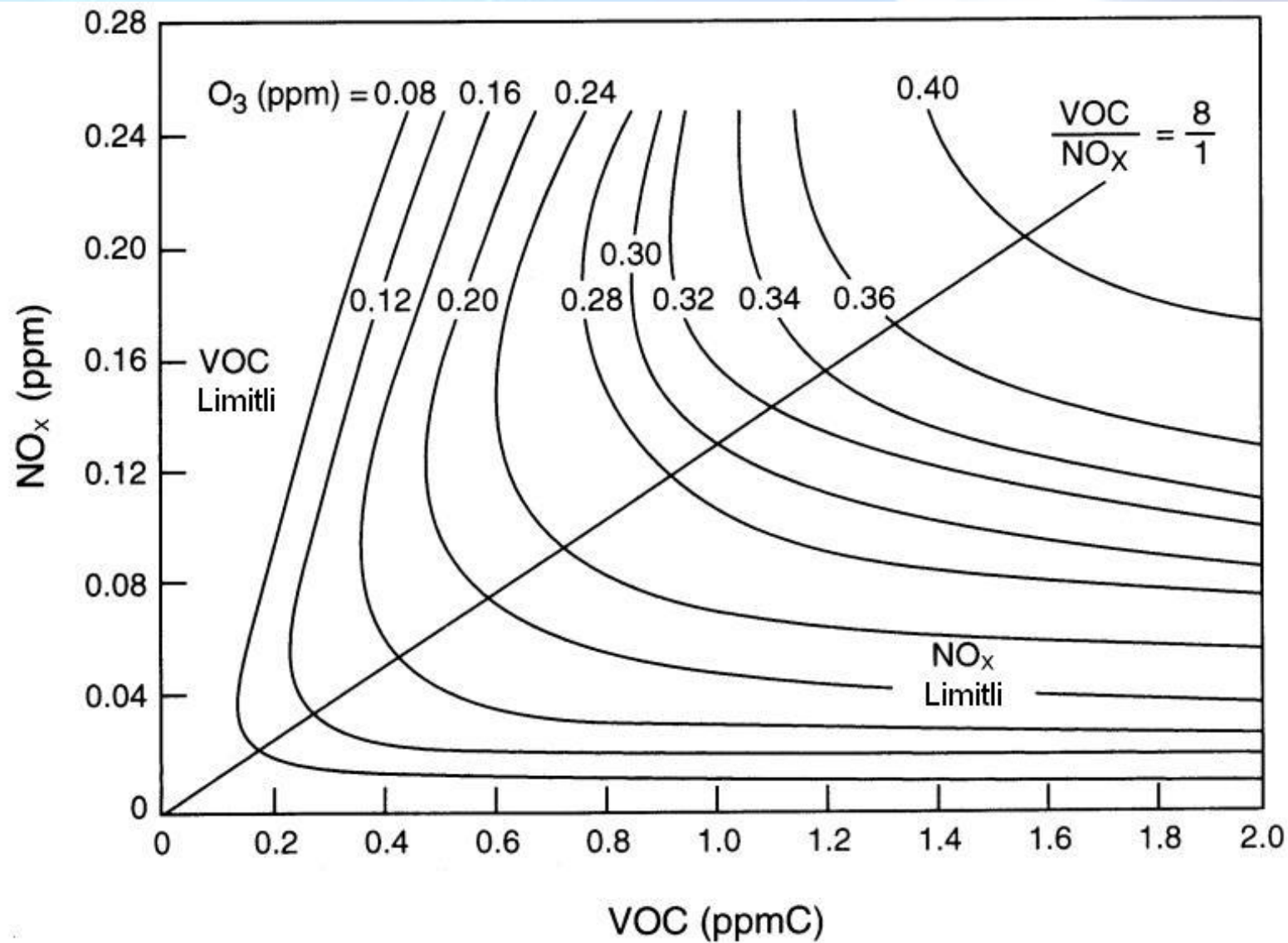
➤ Ortamda **yüksek oranda azot oksitlerin (NO_x)** bulunması durumunda ozon üretilir:



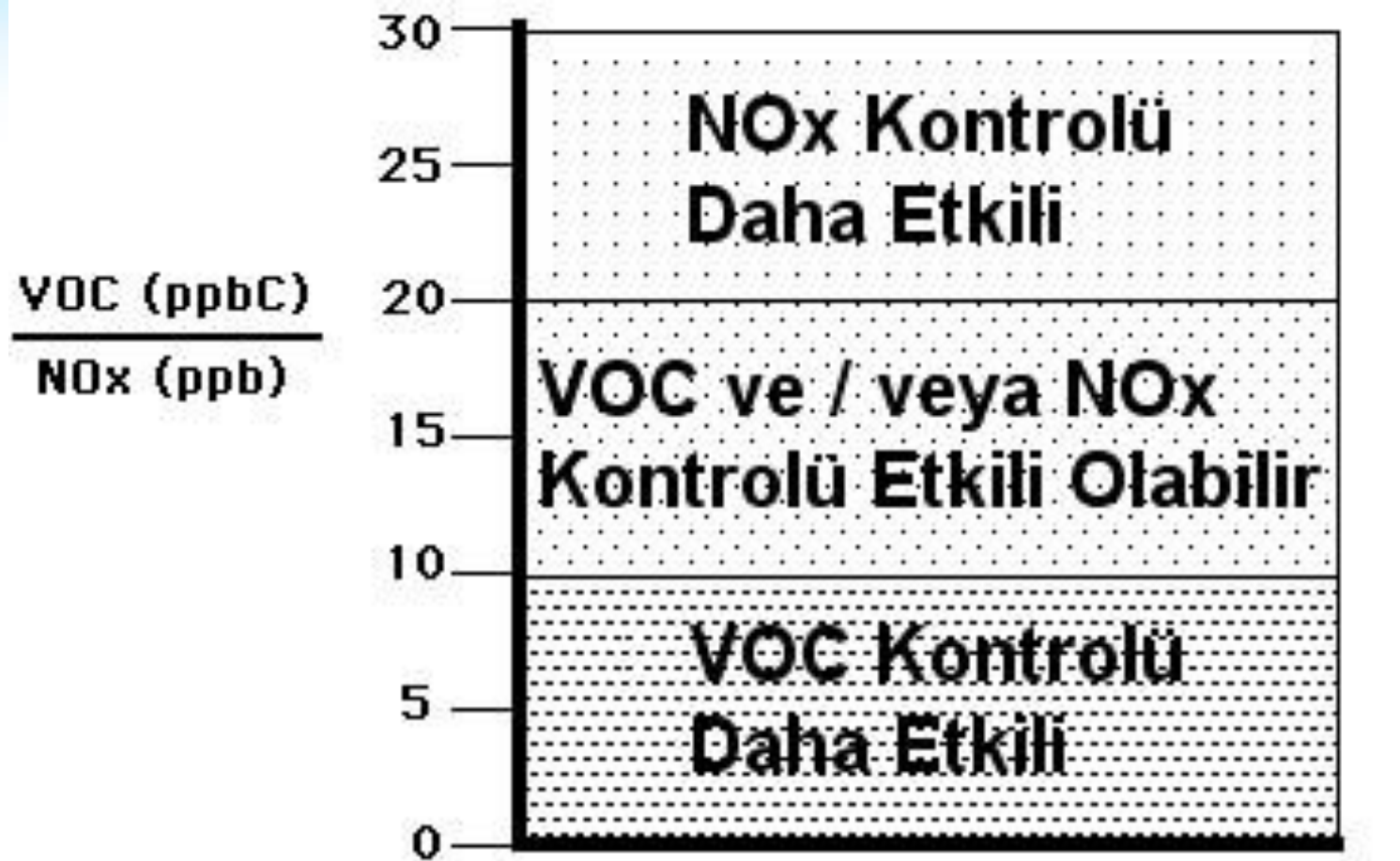
➤ Ortamda **düşük oranda azot oksitlerin** bulunması durumunda da ozon yıkımı gerçekleşir:



Pik Ozon Oluşum İzopleti



Troposferik Ozonun Kontrolü



VOC / NOx oranı fonksiyonuna göre
VOC ve NOx emisyon kontrolünün etkisi

Stratosferik Ozon Oluşumu

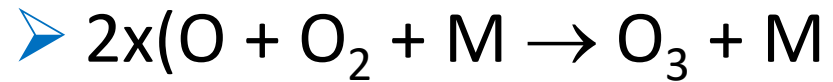
Chapman Döngüsü

- $O_2 + hv \rightarrow O + O$ $(\lambda < 240 \text{ nm})$ (R1)
- $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M^*$ (R2)
- $O_3 + hv \rightarrow O_2 + O$ (R3)
- $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ (R4)

M: üçüncü bir molekül

Ozon Oluşumu ve Yıkımı

(R1) ve (R2) ile ozon oluşur

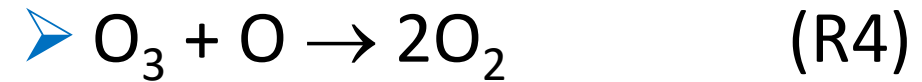
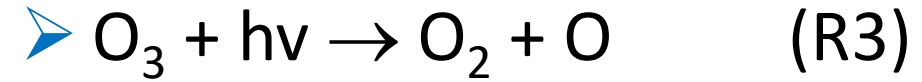


(R1)

(R2)

(Net)

(R3) ve (R4) ile ozon yıkılır



Null Cycle (R3) + (R2)

- $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$ (R3)
 - $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M^*$ (R2)
 - NULL (Net)
-
- Yüksek enerjili UV radyasyonu kinetik enerjiye ve ısıya dönüşür. Bu nedenle stratosfer boyunca sıcaklık artar.

Katalitik Ozon Yıkım Döngüleri

➤ Hidrojen Oksit radikali (HOx) (HOx = OH + HO₂)

➤ HO₂ + O₃ → OH + 2O₂ (R5)

➤ OH + O₃ → HO₂ + O₂ (R6)

➤ 2O₃ → 3O₂ (Net)

➤ OH + O₃ → HO₂ + O₂ (R6)

➤ HO₂ + O → OH + O₂ (R7)

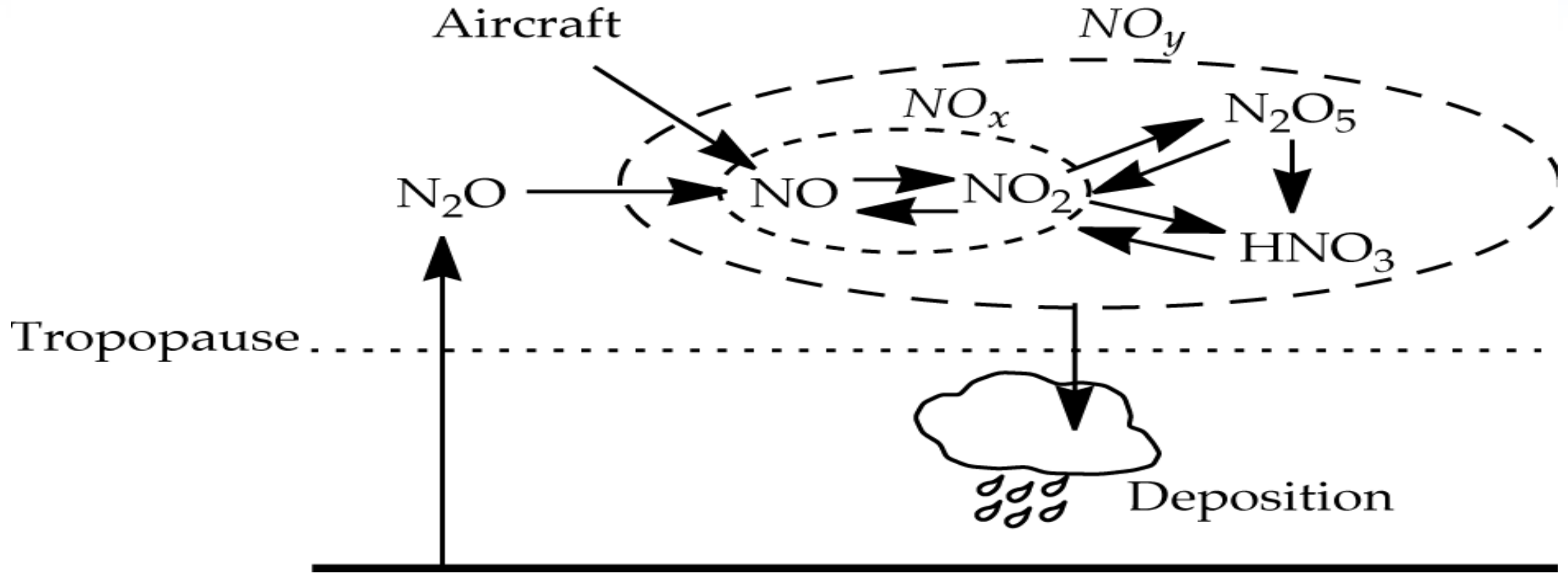
➤ O + O₃ → 2O₂ (Net)

Katalitik Ozon Yıkım Döngüleri

➤ Azot Oksit Radikali (NO_x) (NO_x = NO + NO₂)



ATMOSPHERIC CYCLING OF NO_x AND NO_y

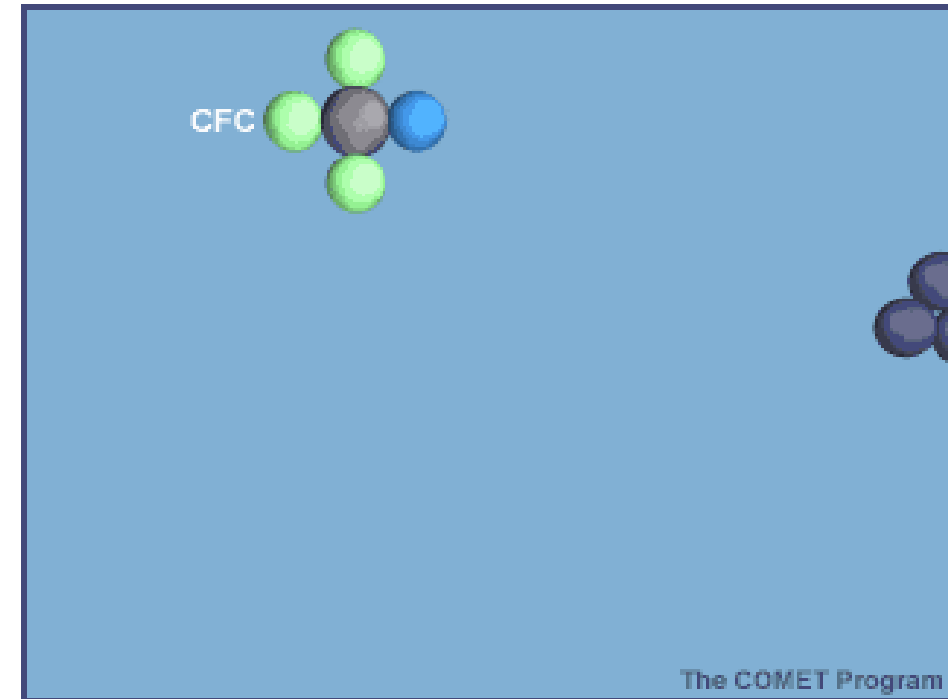


by Daniel J. Jacob

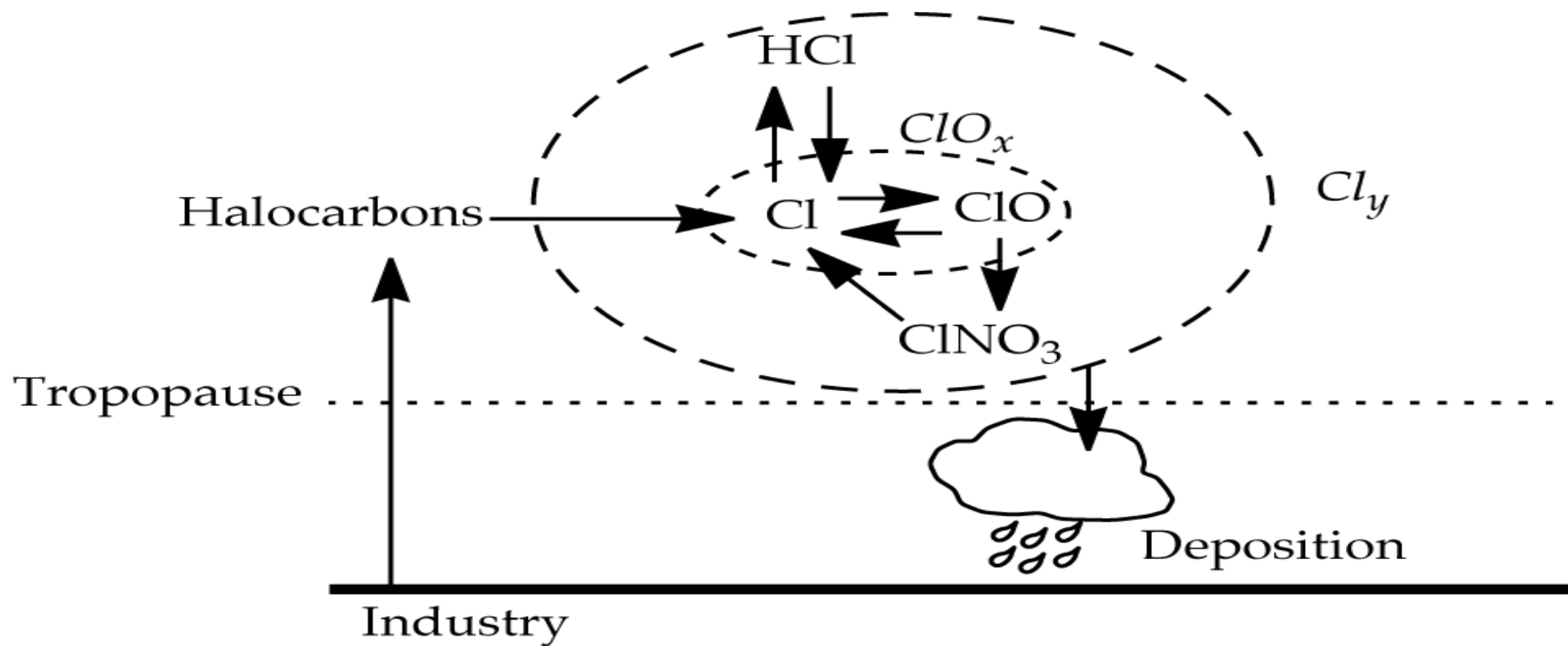
<http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/powerpoints/index.html>

Katalitik Ozon Yıkım Döngüleri

➤ Klorine radikali (ClOx)



ATMOSPHERIC CYCLING OF ClO_x AND Cl_y



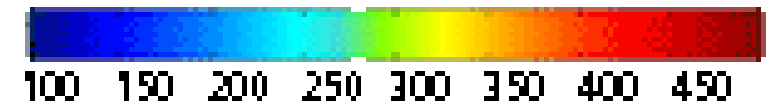
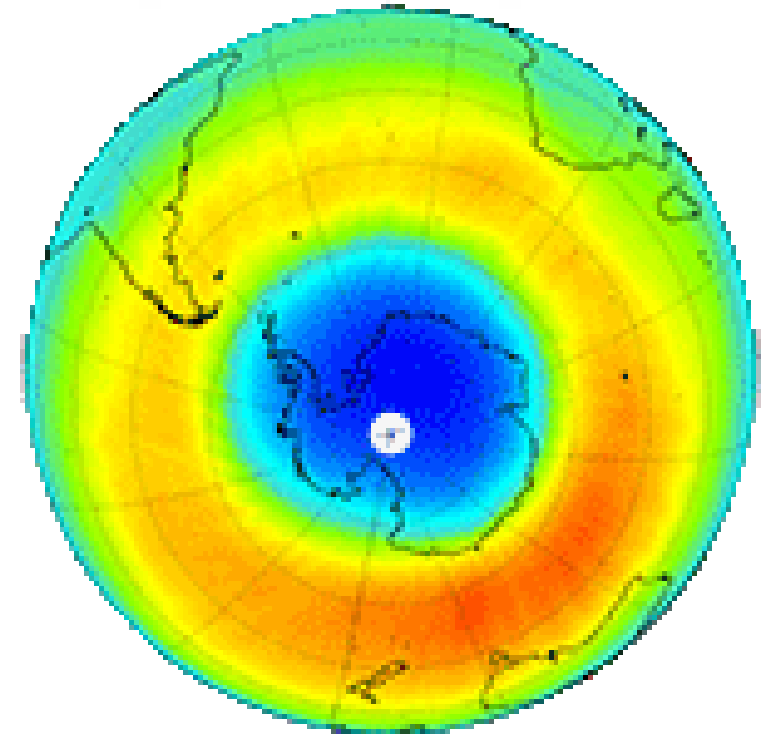
by Daniel J. Jacob

<http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/powerpoints/index.html>

Kutup Bölgelerinde Ozon İncelmesi



Total Ozone Columns (DU)
1996



Daha Fazla Bilgi İçin...

Atmospheric Environment 34 (2000) 2063–2101


www.elsevier

Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x

Roger Atkinson*

Atmospheric Environment 35 (2001) 1155–1170

Millennial review

The atmospheric chemistry of sulphur and nitrogen
in power station plumes

C.N. Hewitt*

Daha Fazla Bilgi İçin...

Atmosphere **2012**, *3*, 1-32; doi:10.3390/atmos3010001

OPEN ACCESS

atmosphere

ISSN 2073-4433

www.mdpi.com/journal/atmosphere

Review

A Review of Tropospheric Atmospheric Chemistry and Gas-Phase Chemical Mechanisms for Air Quality Modeling

William R. Stockwell^{1,*}, Charlene V. Lawson¹, Emily Saunders¹ and Wendy S. Goliff²