

Bölgesel Yer Sistem Modelleri: Atmosfer



[istanbul teknik üniversitesi
[meteoroloji mühendisliği

] ~ Barış_Önol > onolba@itu.edu.tr
] ~ doç.dr.: command not

found

İstanbul, İTÜ
5-7 Eylül 2016

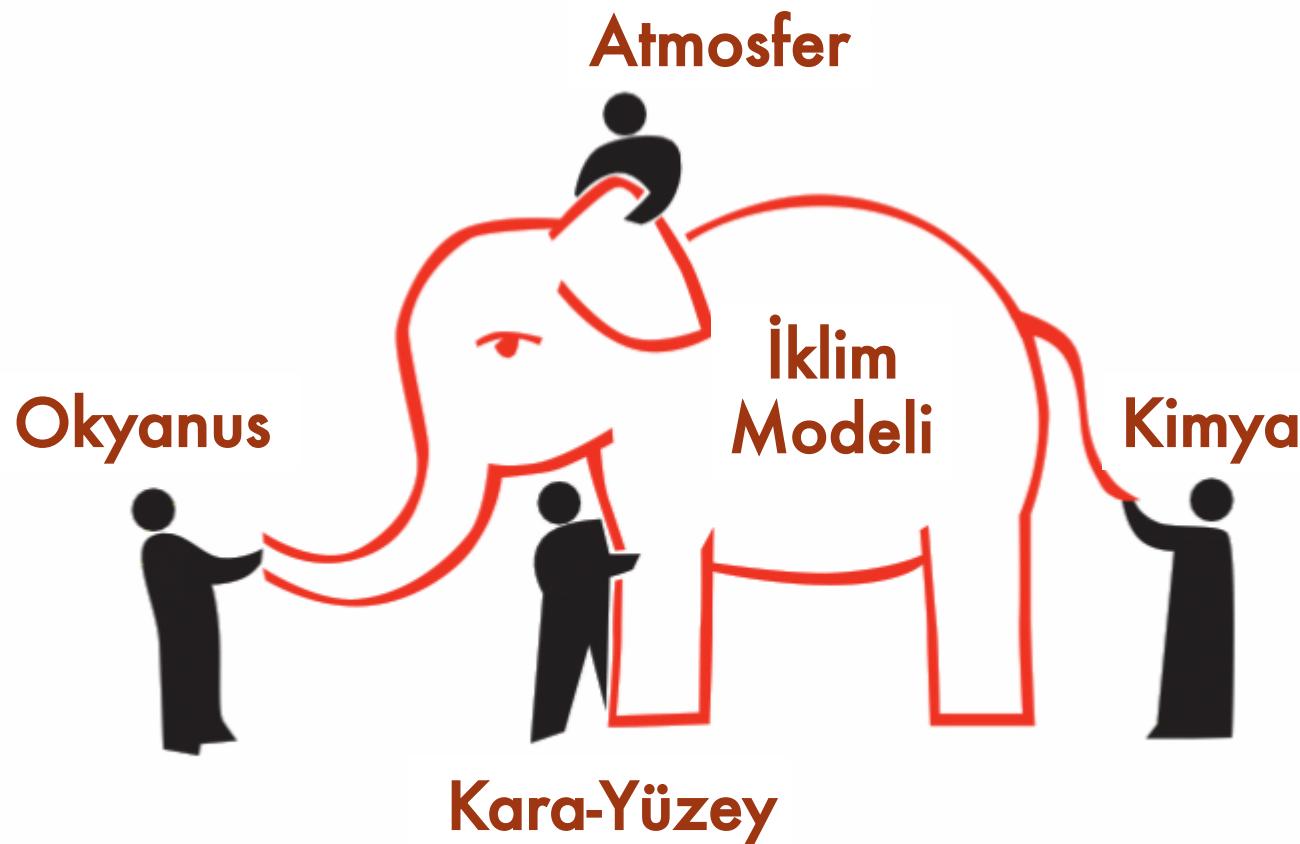
[ITU] % 1.Bölgesel Yer Sistem Yaz Okulu

İçerik

- 
- İklim Modellemesi
 - Küreselden Bölgesele
 - Atmosfer Modeli Nasıl Çalışır
 - Bölgesel İklim Modelinin Özellikleri
 - Zayıf Yönler
 - Güçlü Yönler
 - Sorular



İklim Modeli Filı



BLIND MEN AND THE ELEPHANT



Bu “Sistem” Modellenir mi?

Atmosfer



Suküre



Biyosfer



Litosfer



Buzküre



İklimin Modellemesi: Küreselden Bölgesele



“Bölgesel Simülasyon”
(RCM)

1. Bölgesel Yer Sistem Modellemesi Yaz Okulu: Atmosfer Modellemesi

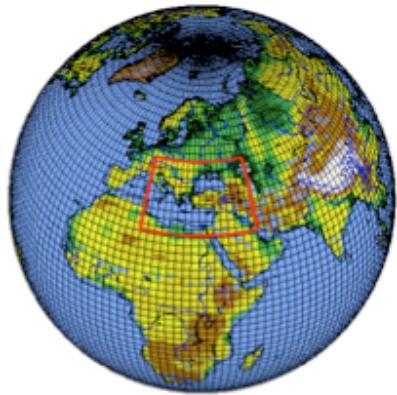


“Model Simülasyonu”
(GCM)



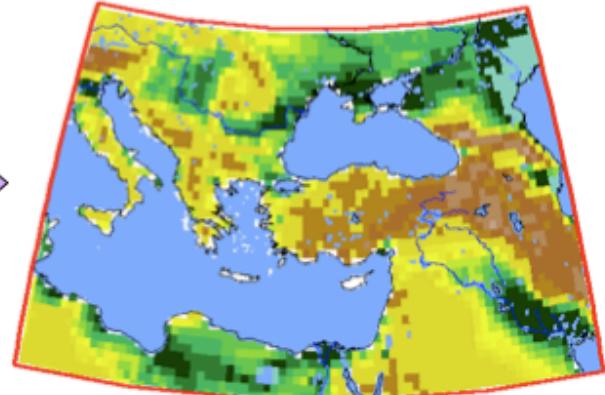
Küreselden Bölgesele

Küresel Sirkülasyon Modeli



Dinamik Ölçek Küçültme

Bölgesel Değişimler



Çözünürlük: 120 - 300 km

Çözünürlük: 10 - 30 km

Re-Analiz Verileri

NCEP-NCAR 1 (NNRP1)	<i>CCSM3 -> CSM</i>
NCEP-NCAR 2 (NNRP2)	<i>HadCM3->HadGEM</i>
NCEP-NARR	<i>ECHAM5->MPI-ESM</i>
NCEP-CFSR	<i>MIROC</i>
NCEP-GFS	<i>NASA-GFDL-GISS</i>
NASA-MERRA	<i>NASA-GEOS</i>
ECMWF-ERA40	<i>CNRM-CM5</i>
ECMWF-ERAINT	<i>CRISO</i>
ECMWF-20C	<i>CanESM2</i>
	<i>BCC-CSM 1.1</i>

GCM Modelleri

RCM Modelleri

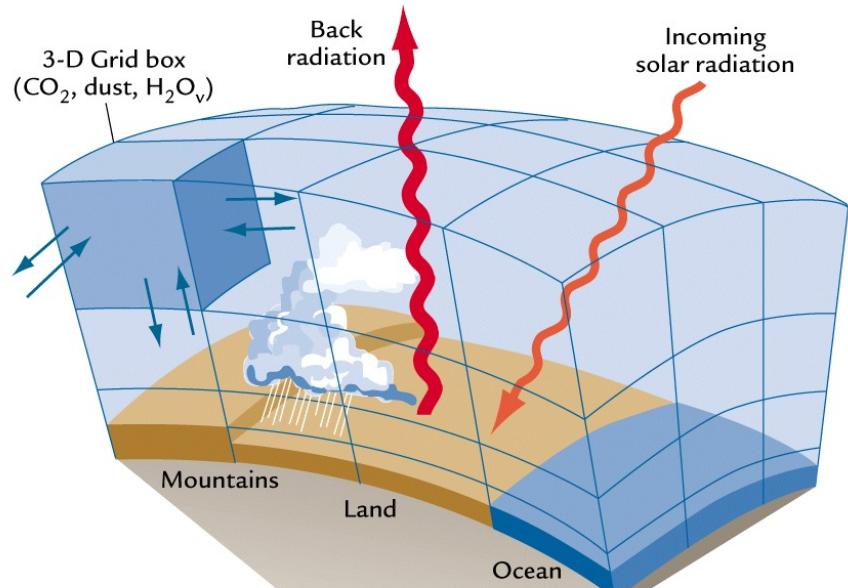
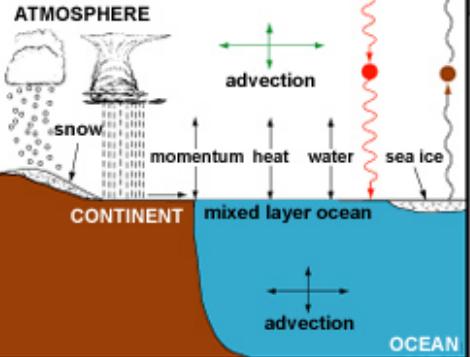
<i>MM4-5</i>	<i>NCAR</i>
<i>RegCM4</i>	<i>ICTP</i>
<i>HIRLAM</i>	<i>Danish Climate Centre</i>
<i>WRF</i>	<i>NCAR</i>
<i>COSMO-CLM</i>	<i>German Met. Office</i>
<i>HadRM3-Precis</i>	<i>Hadley Center</i>
<i>REMO</i>	<i>MPI</i>
<i>ARPEGE-Climate</i>	<i>CNRM</i>
<i>RCA4</i>	<i>Rossby Centre</i>
<i>CanRCM4</i>	<i>Canadian</i>
<i>ETA</i>	<i>Belgrad</i>

Atmosfer Modelleri Nasıl Çalışır?

Horizontal Grid
(Latitude-Longitude)

Vertical Grid
(Height or Pressure)

Physical Processes in a Model



NOAA



Model tarafından kullanılan denklemler:

$$\frac{Du}{Dt} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + F_x$$

$$\frac{Dv}{Dt} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + F_y$$

~~$$\frac{Dw}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + \text{XXXX}$$~~

with $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$

$$p = \rho R T$$

$$\frac{DT}{Dt} - \frac{1}{c_p \rho} \frac{Dp}{Dt} = H$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(u\rho)}{\partial x} + \frac{\partial(v\rho)}{\partial y} + \frac{\partial(w\rho)}{\partial z} = 0$$

Momentum
denklemi

Hidrostatik
model
veya
Hidrostatik
olmayan model

Hal
denklemi

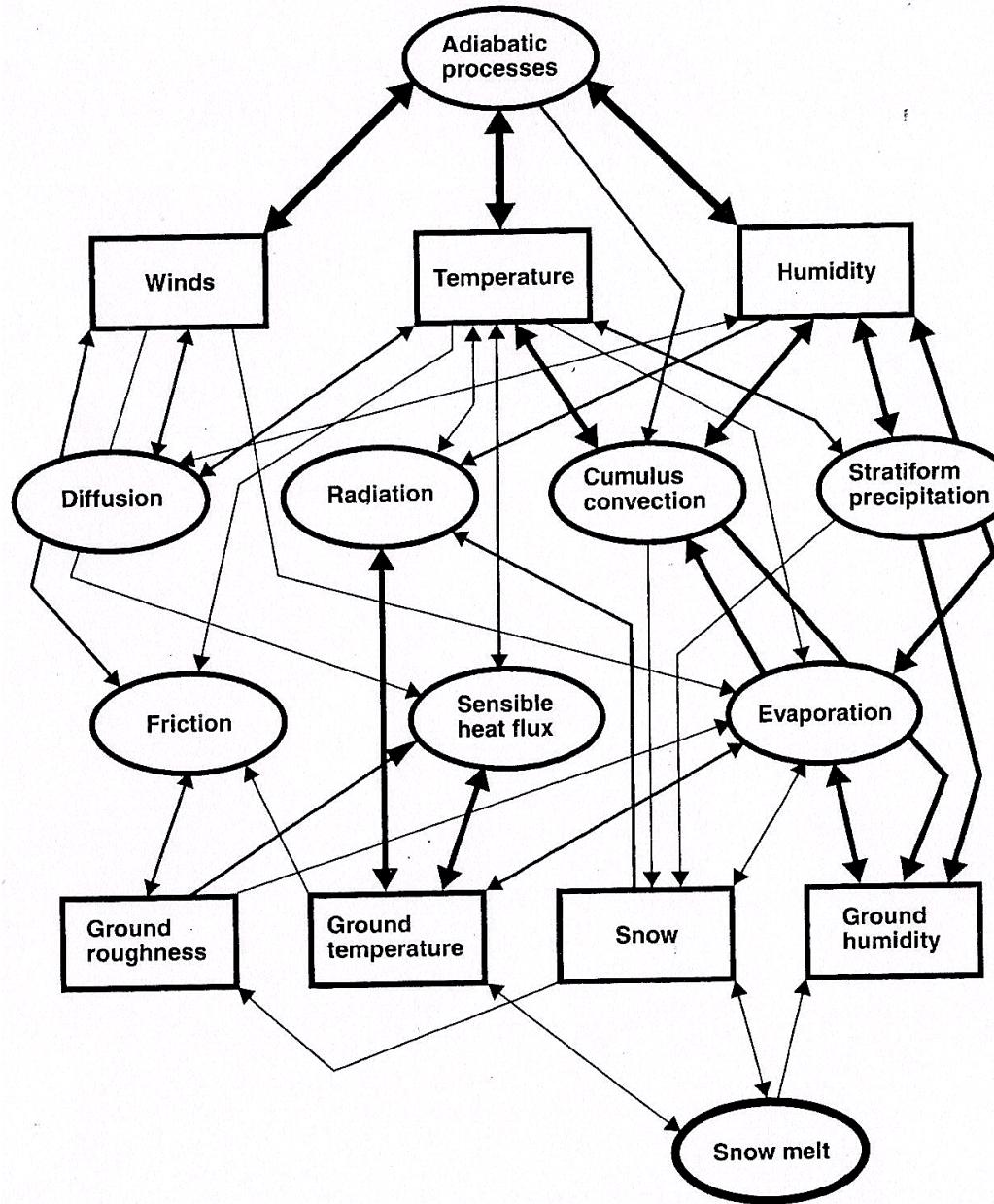
CFL şartları:
 $U \Delta t / \Delta x \leq C_{max}$

Termodinamik
Denklemi

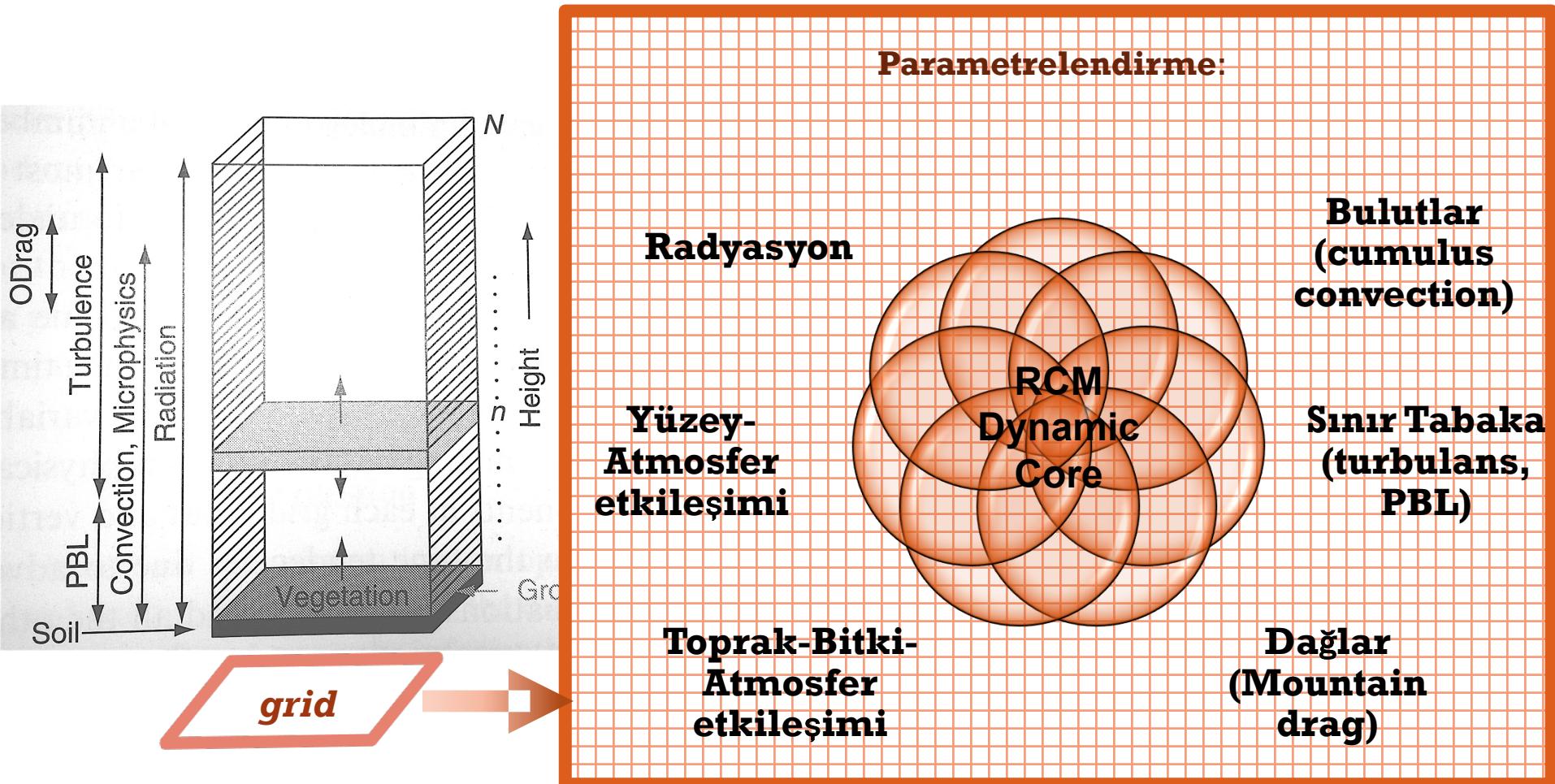
Süreklik
Denklemi



Atmosferdeki Süreçler:



Parametrizasyon: Alt-Ölçek Süreçler



Model Nasıl Çalışır: Yüksek Başarılı Hesaplama

1



1. Japonya: Earth Simulator
2. Türkiye: İTÜ-UHEM

2

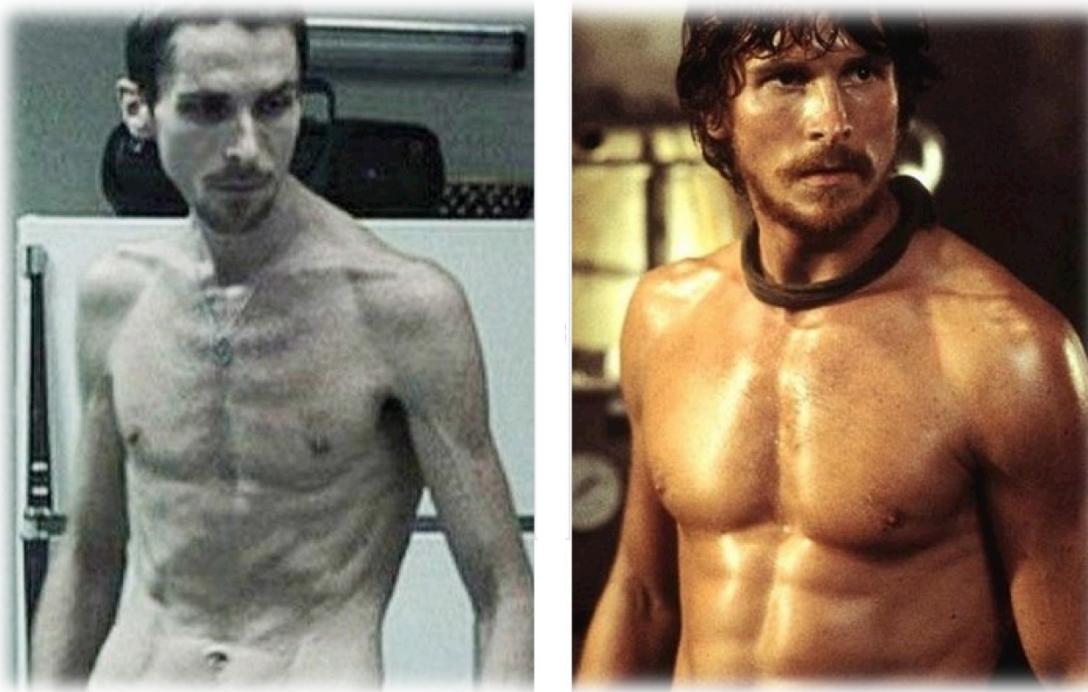


The Earth Simulator Center

```
! compute the horizontal diffusion coefficient and stored in xkc:  
! the values are calculated at cross points, but they also used  
! for dot-point variables.  
  
do k = 2 , kz  
do i = icelga , ice2ga  
do j = jcelga , jce2ga  
! Following Smagorinsky et al, 1965 for eddy viscosity  
dudx = atms%ubd3d(j+1,i,k) + atms%ubd3d(j+1,i+1,k) - &  
atms%ubd3d(j,i,k) - atms%ubd3d(j,i+1,k)  
dvdx = atms%vbd3d(j+1,i,k) + atms%vbd3d(j+1,i+1,k) - &  
atms%vbd3d(j,i,k) - atms%vbd3d(j,i+1,k)  
dudy = atms%ubd3d(j,i+1,k) + atms%ubd3d(j+1,i+1,k) - &  
atms%ubd3d(j,i,k) - atms%ubd3d(j+1,i,k)  
dvdy = atms%vbd3d(j,i+1,k) + atms%vbd3d(j+1,i+1,k) - &  
atms%vbd3d(j,i,k) - atms%vbd3d(j+1,i,k)  
duv = sqrt((dudx-dvdy)*(dudx-dvdy)+(dvdx+dudy)*(dvdx+dudy))  
xkc(j,i,k) = min((xkhz*hgfact(j,i)+dydc*duv),xkhmax)  
end do  
end do  
end do
```

Fortran 95, C, Paralelleştirme (mpi)

Bölgesel İklim Modellerinin Özellikleri (Sınırlı Alan Modeli, LAM): *Zayıf ve Güçlü Yönleri*

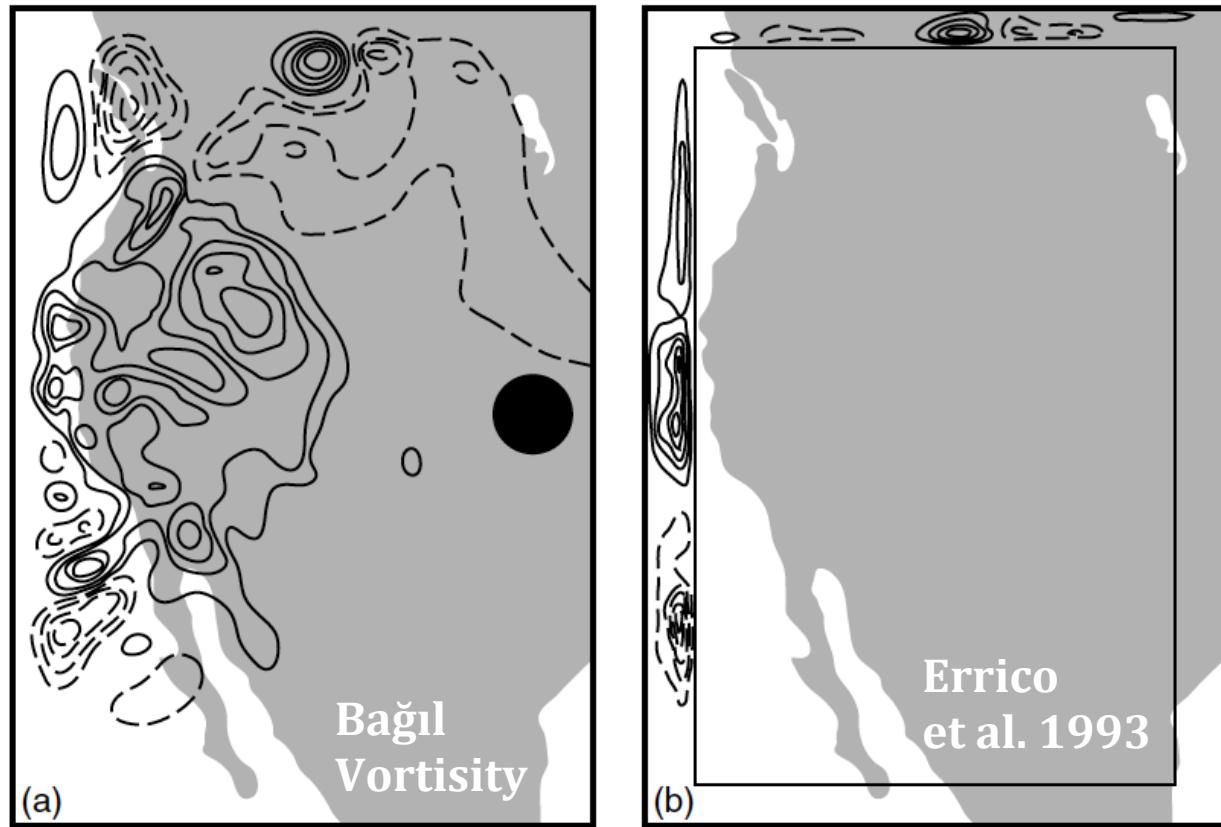


Giorgi and Mearns, JGR (1999); Önol, 2001 İTÜ



Yanal Sınır Şartları Tekniği

Yanal sınırlarda değişik zamanlardaki gridin büyüklüğündeki ani değişiklik, dalga yayılmasında ve yansımاسındaki özelliklerde bozulmalara sebep olabilir. Bir çok bölgesel iklim modeli Davis ve Turner (1977) tarafından bulunan “hafifletme” (relaxation) yöntemiyle gelişme sağlamıştır.



Yanal sınırlardan içeri giren zorlamaların bu teknikle gürültülerden arındırılıp yumuşatılması sağlanmıştır. Bunun için tampon bir bölge belirlenmiştir. Bu bölgenin büyüğü model alanına göre değişiklik gösterebilir.

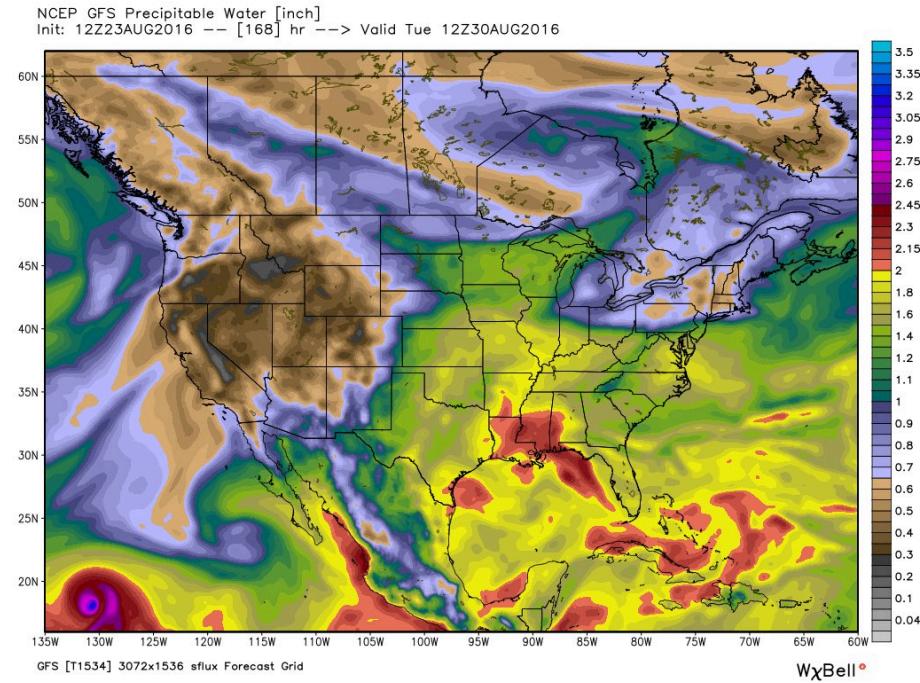
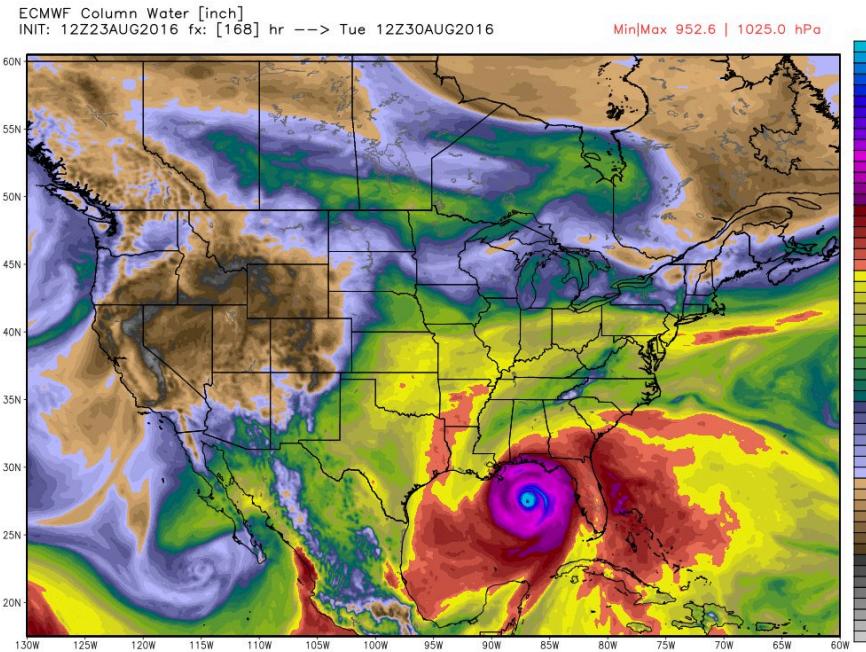
Yanal Sınır Şartları Tekniği

İlk bölgesel modeller tampon bölge için sadece bir kaç grid noktası genişlik ve lineer ağırlık fonksiyonu kullanmışlardır. Ancak daha geniş tampon bölgeler ve üssel değişim gösteren ağırlık fonksiyonu, model çözümünden uygulama bölgесine daha yumuşak bir geçişe izin verir (Giorgi 1993b) . Böylece daha az gürültü üretilmiş olur. Tipik bir kıtasal ölçekteki bölge için bir çok bölgesel model, tampon bölgenin genişliğini 10 grid noktası veya daha fazla almaktadır.

```
!  
! Buffer Zone Control relaxation + diffusion term  
!  
&boundaryparam  
nspgx = 12, ! nspgx-1 represent the number of cross point slices on  
           ! the boundary sponge or relaxation boundary conditions.  
nspgd = 12, ! nspgd-1 represent the number of dot point slices on  
           ! the boundary sponge or relaxation boundary conditions.  
high_nudge = 3.0D0, ! Nudge value high range  
medium_nudge = 2.0D0, ! Nudge value medium range  
low_nudge = 1.0D0 ! Nudge value low range  
/
```



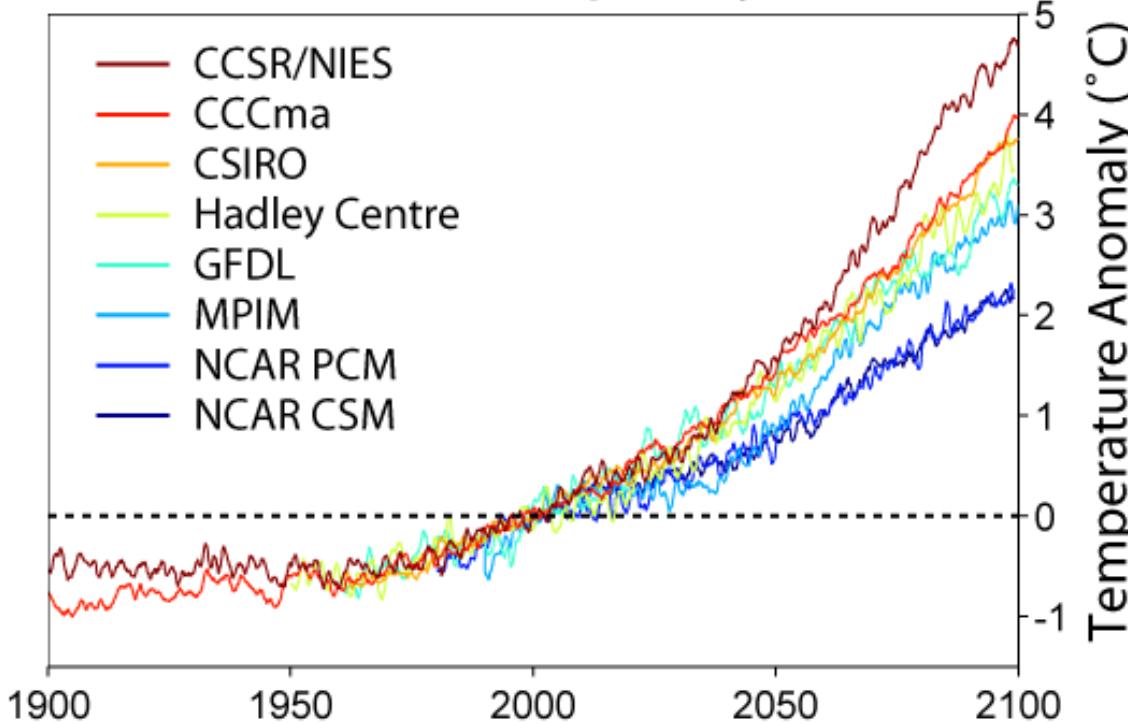
Ne Ekersen Onu Biçersin Problemi: GCM'den RCM'e



Yanal sınır zorlamaları sebebiyle genel sirkülasyon modelleri (GCM) tarafından üretilen büyük ölçek dolaşımındaki hatalar yuvalanmış modellere taşınırlar. Eğer GCM'de büyük firtına izinin yeri veya büyük ölçek dolaşımın özellikleri kayboluyorsa bu durum yuvalanmış model içine de yansıyabilir. Bu problem genellikle "ne ekersen onu biçersin" (garbage in garbage out) olarak adlandırılır. Yatay alanlardaki bu problemler çok önemlidir. Çünkü bu hatalar model performansının değerlendirilmesini önlemektedir.

Ne Ekersen Onu Biçersin Problemi: GCM'den RCM'e

Global Warming Projections



GCM'lerin yetersizliklerinden meydana gelen problemler, büyük ölçek dolaşımındaki paternlerin bölgesel özelliklerinin doğru olarak simüle edilmesini engellemektedir. Bu sebeplerden günümüz için yapılan RCM uygulamalarında “mükemmel sınır şartları” olarak adlandırılan

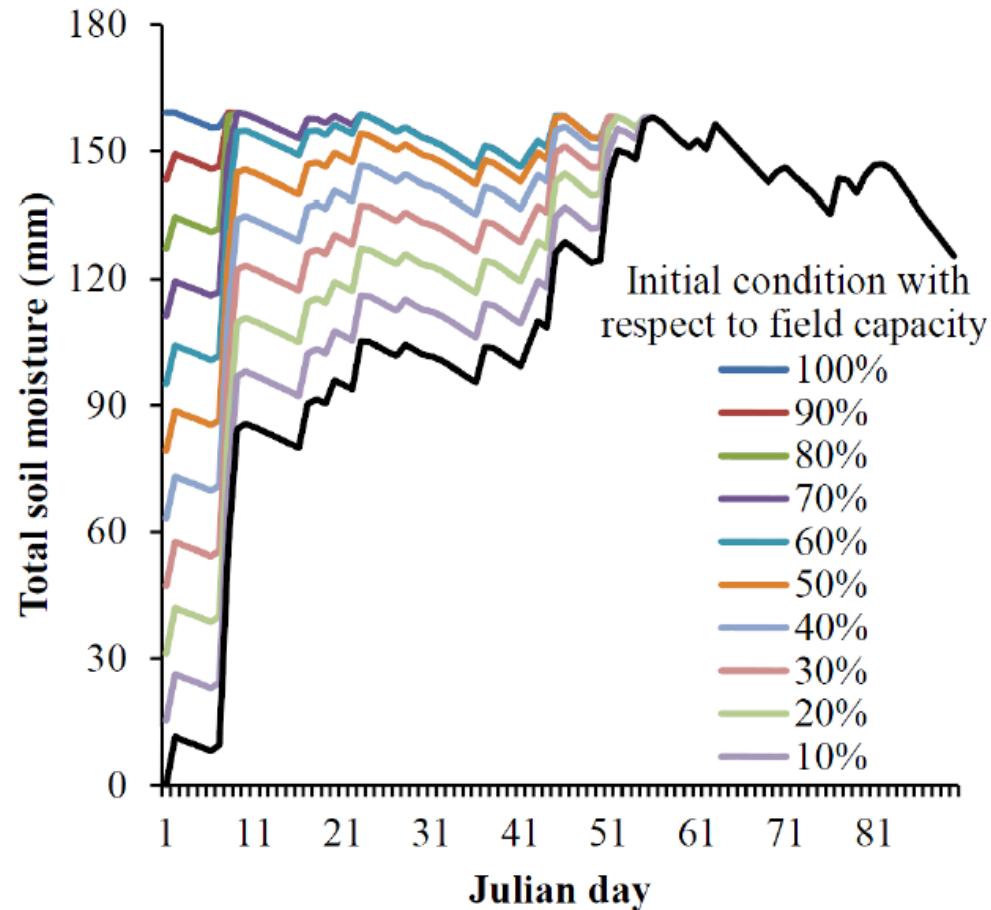
gözlemlerin analizlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Ancak GCM çıktıları bölgesel modellerde (gelecek simülasyonlarında) kullanılmak istendiğinde, GCM çıktıları çok iyi değerlendirilmeli ve ilgilenilen bölge üzerinde en iyi performans veren modelin çıktıları kullanılmalıdır. Böylece sınır alanlardaki hataların etkilerinin yuvalanmış modele taşınması minimuma indirilmiş olunur.



Model Dengelenme Süresi (Spin Up Time)

Yanal sınır bilgilerinin model alanı içine yayılması ve dinamik eşitliğe ulaşması için geçen zamana “Model Dengelenme Süresi (Spin Up Time)” denir. “Model Dengelenme Süresi” model alanının genişliğine, mevsime ve dolaşımın hızına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Ama genel olarak birkaç gün ile sınırlıdır. Bu yöntemle bulunan hata “Model Dengelenme Süresi” içindeki birkaç günde artma eğilimi gösterir ve daha sonra asimptotik bir değer etrafında salınım yapmaya başlar.

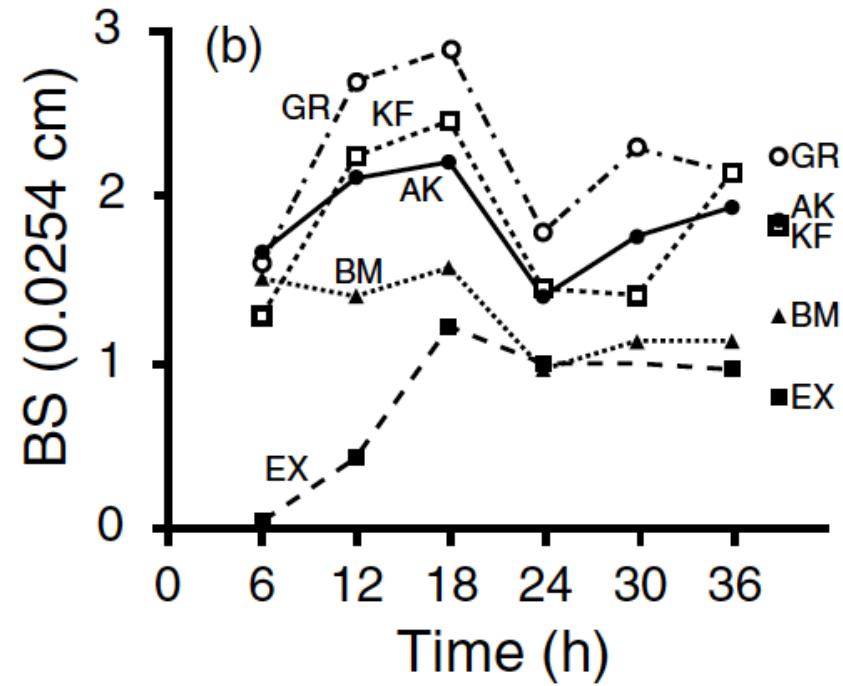
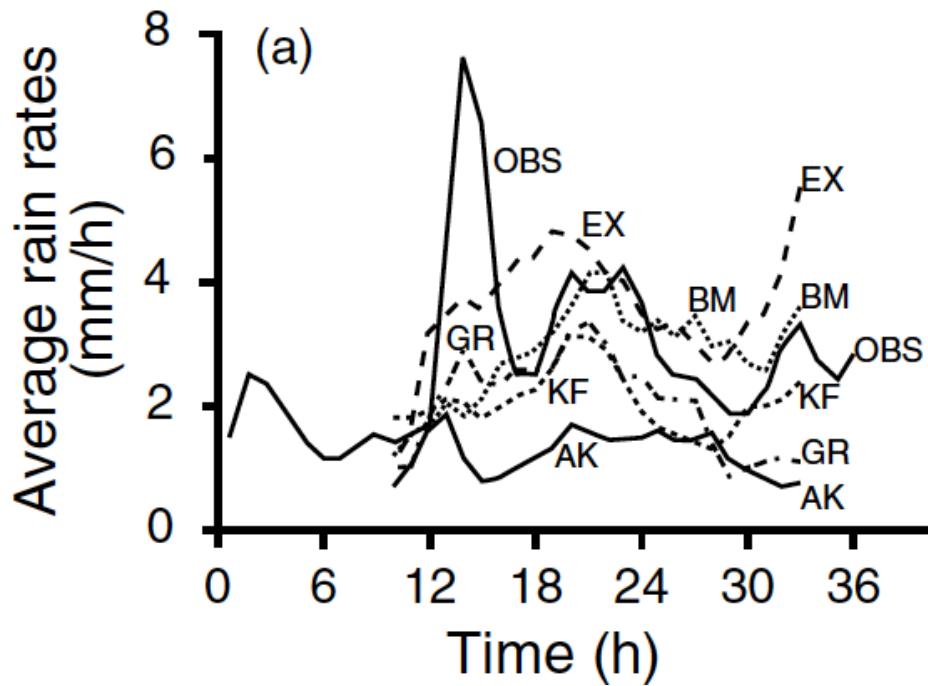
Asimptotik duruma ulaşıldığında model hataları daha fazla büyümeyez. Model dengelenme süresi, biyosfer-atmosfer etkileşimli toprak yüzey modeli ve okyanus modeli için çok daha uzundur.



Rahman & Lu, 2015, Water

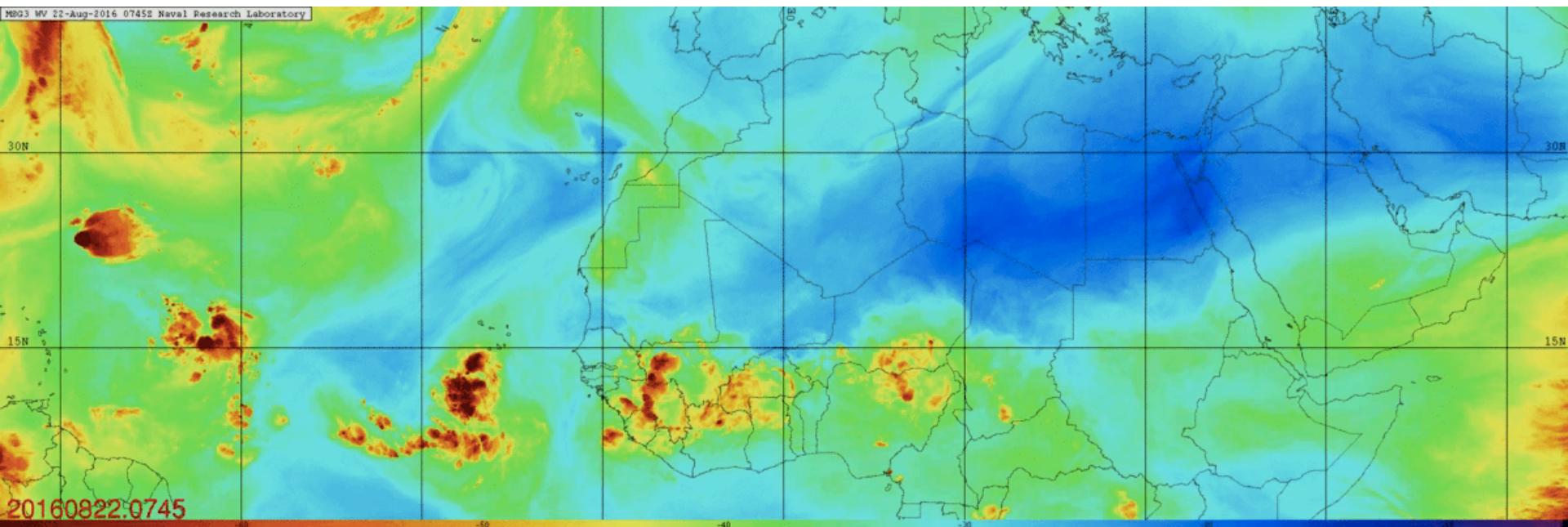
Model Fiziği Sorunu

Yuvalanmış model ve ana model için ayrı ayrı fiziksel parametrizasyon kullanılmasının altında yatan strateji, kurulan her bir parametrizasyon orijinal modelin çözümünürlüğü için geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Yuvalanmış model ile ana modelin aynı fiziksel parametrizasyonu kullanmasının altında yatan strateji ise iki model arasındaki maksimum uygunluğun yakalanmaya çalışılmasıdır. Bu yaklaşımın ana zaafı ise GCM için geliştirilen fiziksel parametrizasyonun yuvalanmış modelde kullanılan yüksek çözümünürlüğe yeterli gelmemesidir.



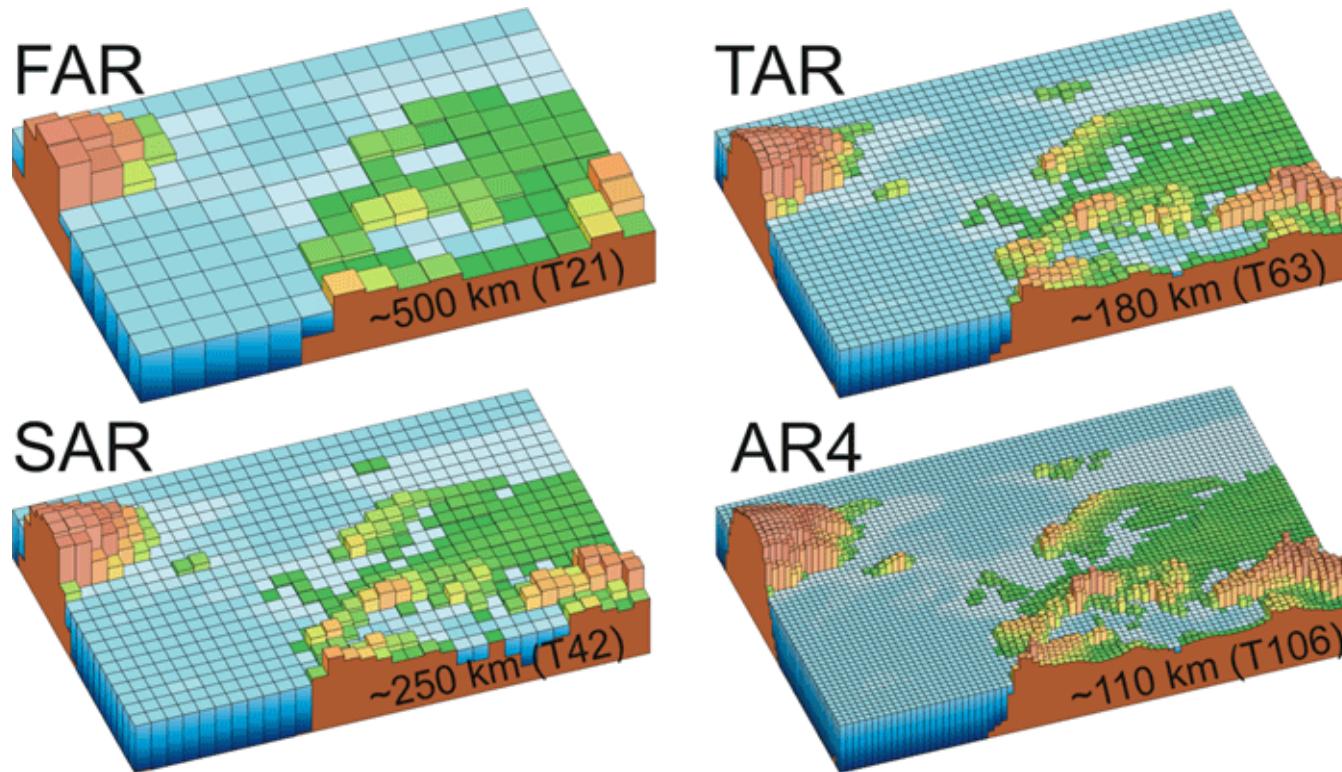
Model Alanı ve Çözünürlüğü:

Bölgesel model deneyi yapılırken, model alanı ve çözünürlüğün seçimi çok önemlidir. Genel olarak verilen model içindeki çözümler, bölgenin konumuyla birlikte yanal alanlara, model alanının büyüğüğe ve çözünürlüğüne göre değişir. Temel olarak daha küçük bir model alanı ve daha kapalı bir bölge, yanal sınır alanlarının model sonuçlarını etkilemesi bakımından daha fazla yaptırıma sahiptir.



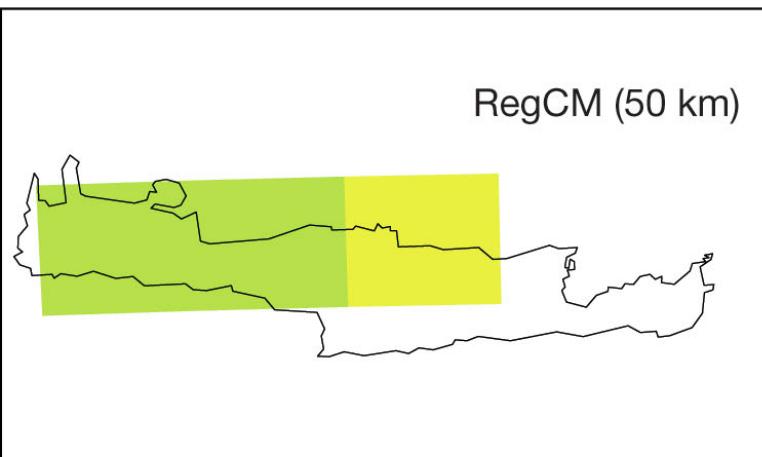
Model Alanı ve Çözünürlüğü:

Genellikle model alanının ve yatay çözünürlüğün seçimi fiziksel yeterlilik ve hesaplama olanakları arasındaki uygunluğa bağlı olarak belirlenir. Model alanı, orta ölçek dolaşımlarının gelişimine ve model içinde bölgesel zorlamaların bulunmasına izin verecek kadar geniş olmalıdır. Model çözünürlüğü ise ölçek ve çeşitli zorlamaların etkilerini (topografya vs.) yakalayacak kadar iyi olmalıdır. Bu arada GCM çözünürlüğünü de dikkate alınmalıdır!...

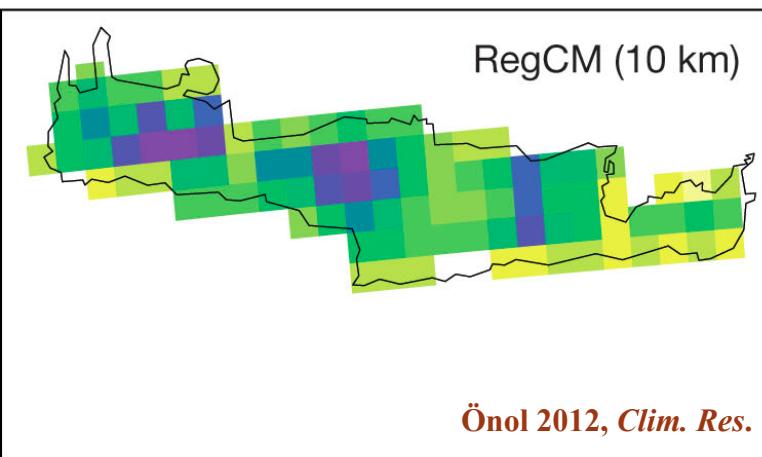
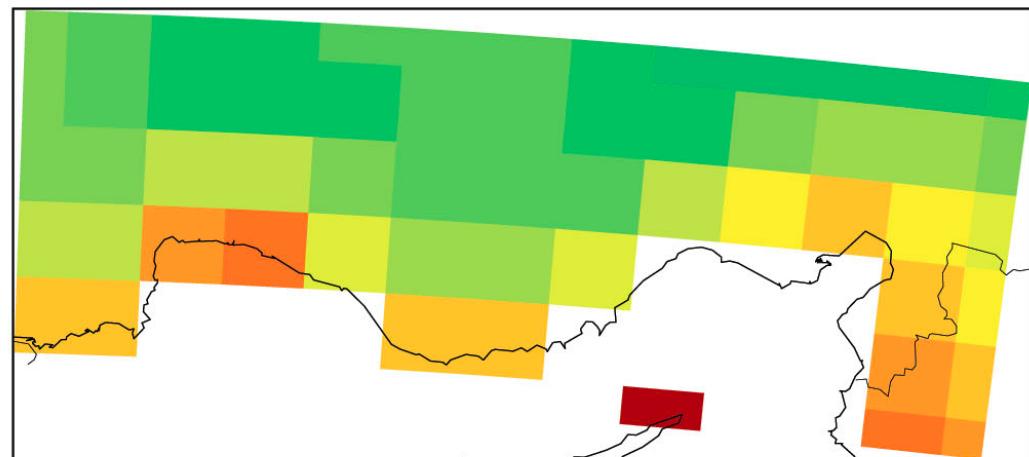


Güçlü Yönler: Model Çözünürlüğü

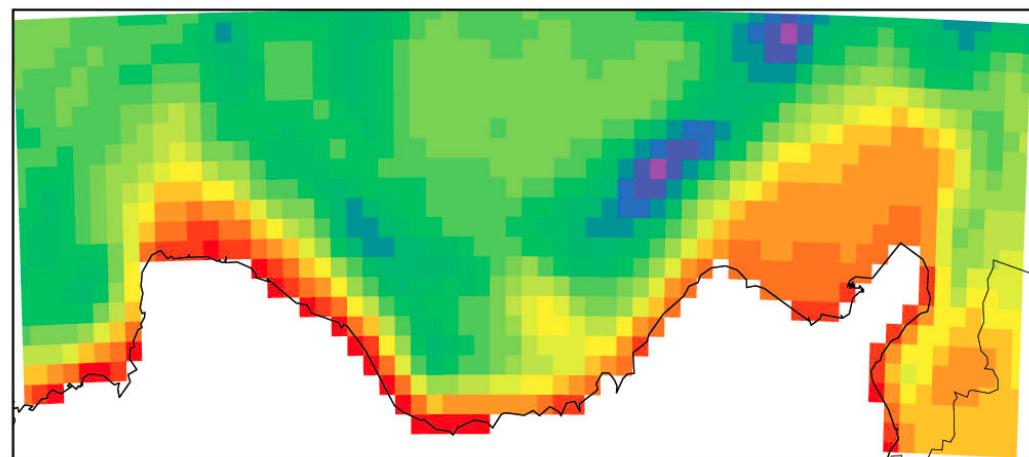
Girit adası üzerinde yağış



Akdeniz Bölgesi üzerinde sıcaklık



Önol 2012, *Clim. Res.*



GCM vs. RCM: Yukarı Seviyeler

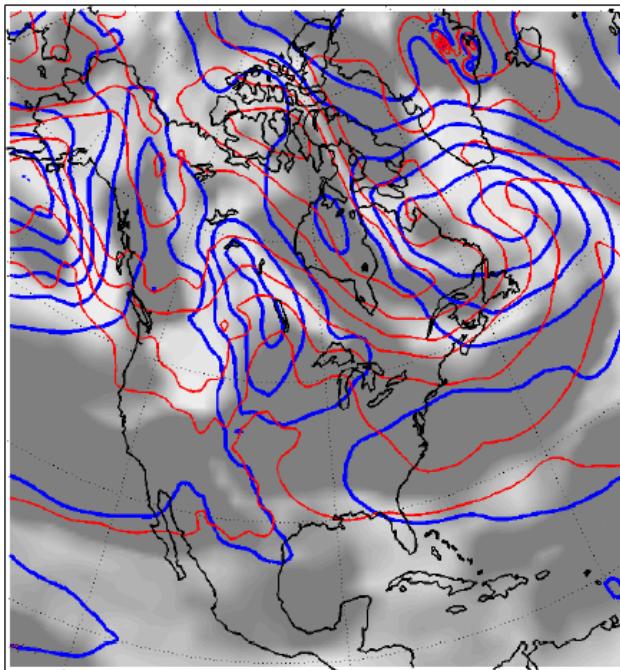
700 hPa Relative humidity (shading > 50%)

850 hPa Temperature (red)

1000 hPa Geopotential (blue)

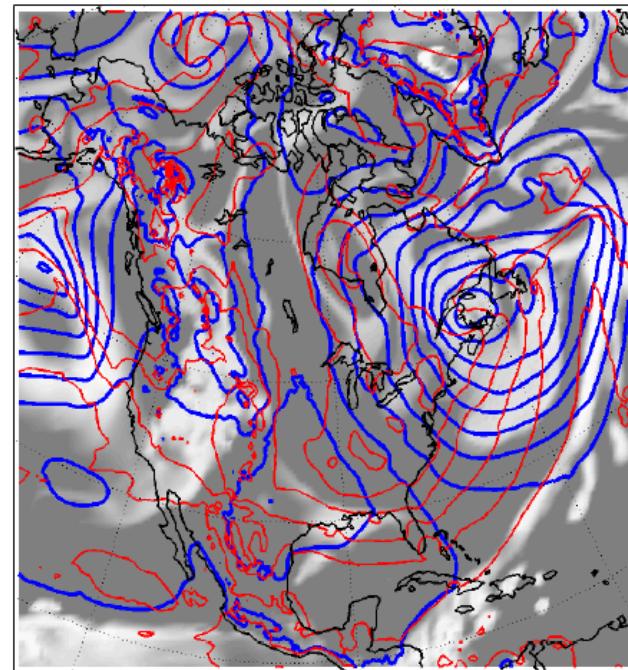
MPI-ESM-LR T63 2.8° 317 km

Valid: 20061228 at 1200 UTC

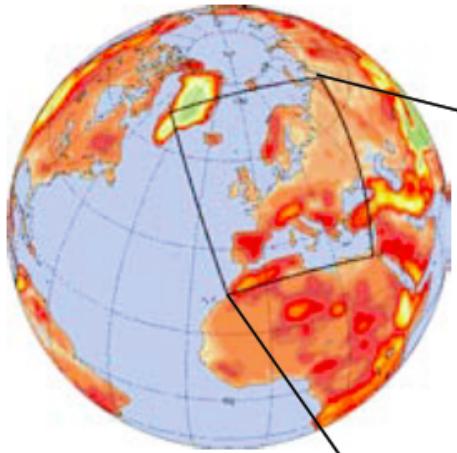


CRCM5 0.44° 49 km

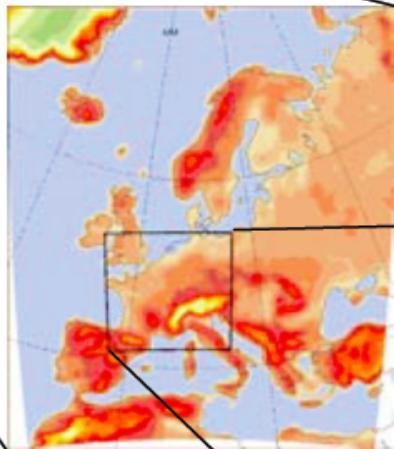
Valid: 20061228 at 1200 UTC



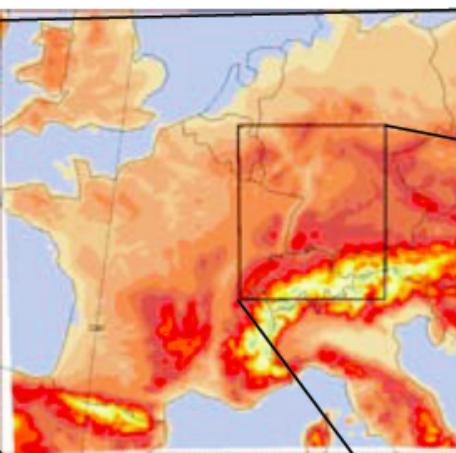
İç İçe Yuvalanmış (nesting) Simülasyonlar



Coupled GCM
(HadCM3, ~300 km)

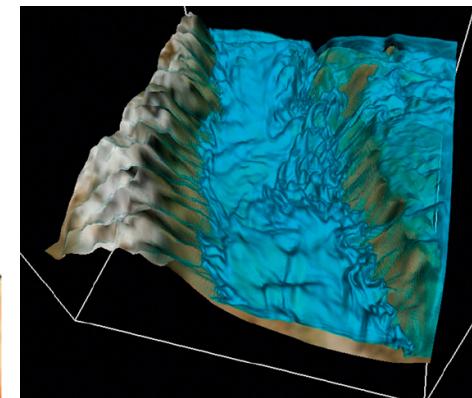


Atmospheric GCM
(ECHAM5, T106, ~120 km)

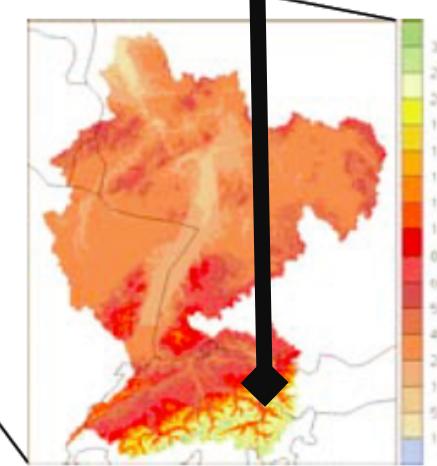


Regional Model
(CHRM, 56 km)

CFD & Large Eddy Simulation



Regional Model
(CHRM, 14 km)



Hydrological Model
(WaSiM, 1 km)

