



CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (Đại cương về BĐKH) **Phần II**

Phan Van Tan

phanvantan@hus.edu.vn

B13: Dự tính khí hậu

Bài 1: Các thành phần của hệ thống khí hậu

Bài 2: Sự truyền bức xạ và khí hậu

Bài 3: Hoàn lưu khí quyển và khí hậu

Bài 4: Bề mặt đất, Đại dương và khí hậu

Bài 5: Lịch sử và sự tiến triển của khí hậu Trái đất

Bài 6: Khái niệm về Biến đổi khí hậu

Bài 7: Tác động bức xạ và BĐKH

Bài 8: Biến đổi trong các thành phần của hệ thống khí hậu

Bài 9: Biến đổi của các hiện tượng cực đoan

Bài 10: Giới thiệu về khí hậu Việt Nam

Bài 11: Biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Bài 12: Mô hình hóa khí hậu

Bài 13: Dự tính khí hậu

Bài 14: Xây dựng kịch bản BĐKH

Bài 15: Tác động của BĐKH và tính dễ bị tổn thương do BĐKH

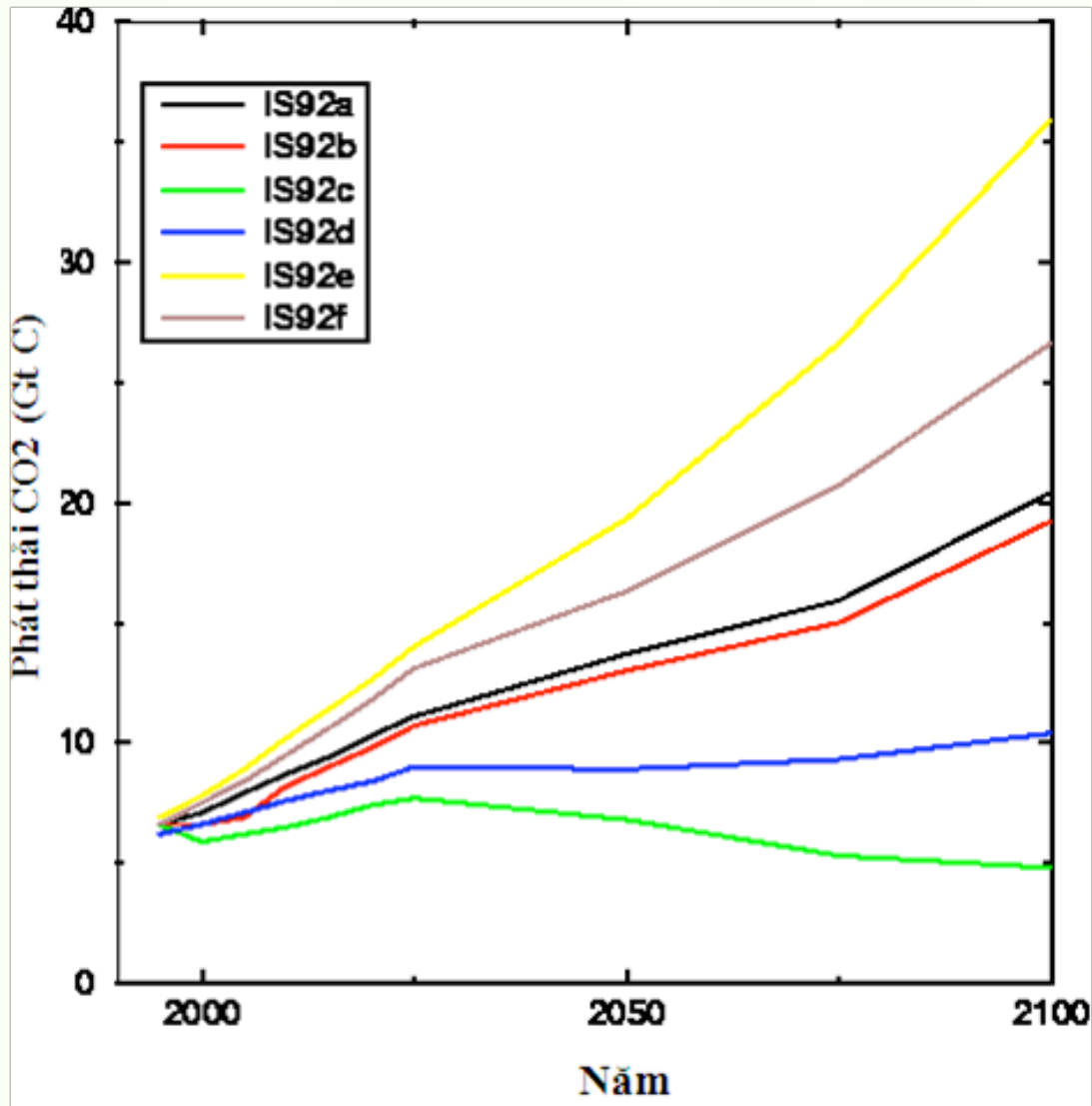
Các kịch bản phát thải khí nhà kính

- ❁ Kịch bản không phải là kết quả dự đoán hay dự báo
- ❁ Mỗi kịch bản là một bức tranh tương tượng dựa trên những suy luận có căn cứ khoa học về sự phát triển của tương lai có thể xảy ra
- ❁ Với mục đích hỗ trợ cho việc phân tích, đánh giá BĐKH và tác động của nó, tìm giải pháp thích ứng và giảm thiểu BĐKH, các kịch bản phát thải KNK đã được ra đời
- ❁ Kịch bản phát thải KNK là những phương án phát thải có thể xảy ra do hoạt động của con người, được tính toán dựa trên những giả thuyết có căn cứ về mức độ phát thải

Các kịch bản phát thải khí nhà kính

- ❁ IPCC đã xây dựng, phát triển và công bố 3 kịch bản vào các năm 1990, 1992 và 2000
- ❁ Kịch bản sớm nhất là **SA90** (1990 IPCC Scenario A), tiếp theo là bộ kịch bản **IS92** (IS92a-IS92f) được đưa ra năm 1992, và bộ các kịch bản **SRES** (Special Report on Emissions Scenarios) được ban hành chính thức năm 2000
- ❁ Kịch bản **SA90** gồm 4 họ A, B, C, D
- ❁ Kịch bản **IS92** gồm 6 họ, từ IS92a đến IS92f, được đưa ra vào năm 1992
- ❁ Kịch bản **SRES** gồm 4 họ kịch bản gốc A1, A2, B1 và B2, trong đó họ A1 được chia thành A1B, A1T và A1FI, tổng cộng thành 6 họ
- ❁ Các kịch bản **RCP** (Representative Concentration Pathways)

Các kịch bản phát thải khí nhà kính



Phát thải khí CO₂ trong thế kỉ tới theo 6 kịch bản của IPCC 1992

Các kịch bản SRES

- ❁ SRES = **S**pecial **R**eport on **E**mission **S**cenarios
- ❁ Gồm 4 họ kịch bản gốc A1, A2, B1 và B2
- ❁ Được ban hành chính thức vào năm 2000
- ❁ Đề cập đến nhiều khía cạnh khác nhau:
 - ❁ Sự phát triển dân số,
 - ❁ Phát triển và thay đổi công nghệ
 - ❁ Quy mô và phương thức phát triển kinh tế
 - ❁ Quan hệ xã hội
 - ❁ Cấu trúc của hệ thống năng lượng và thay đổi sử dụng đất
 - ❁ ...

Các kịch bản SRES

Các KNK được đề cập đến trong SRES

Cácbonic	CO ₂
Mônôxit cacbon	CO
Hydro clorua florua cacbon	HCFCs
Hydro florua cacbon	HFCs
Mêtan	CH ₄
Ôxit nito	N ₂ O
Các ôxit nito	NO _x
Hợp chất hữu cơ dễ bay hơi không chứa mêtan	NMVOCs
Các hóa chất flo hóa	PFCs
Điôxit sunfua	SO ₂
Hexaflo sunfua	SF ₆

Các kịch bản SRES

❁ Mục đích của việc đưa ra SRES

- ❁ Làm cơ sở cho việc đánh giá hậu quả đối với khí hậu và môi trường của phát thải KNK
- ❁ Làm cơ sở cho việc định ra khả năng ứng phó và giảm thiểu cũng như chi phí cần thiết ở các khu vực và vùng kinh tế khác nhau
- ❁ Làm cơ sở cho các cuộc thương lượng về giảm phát thải KNK

❁ Các đối tượng sử dụng:

- ❁ Nhóm I: Các nhà mô hình hóa khí hậu sử dụng các chiến lược phát thải trong tương lai làm đầu vào cho các mô hình khí hậu để xây dựng các kịch bản BĐKH
- ❁ Nhóm II: Các nhà phân tích, đánh giá tác động, ảnh hưởng dựa trên sản phẩm của nhóm I
- ❁ Nhóm III: Các nhà phân tích xác định các phương án giảm thiểu để ứng phó với BĐKH

Các kịch bản SRES

❁ Nguyên tắc ước tính lượng phát thải trong SRES:

❁ Đăng thức Yoichi Kaya:

$$F = P \times (G / P) \times (E / G) \times (F / E) = P \times g \times e \times f$$

trong đó

❁ F là phát thải CO₂ do hoạt động của con người,

❁ P là dân số,

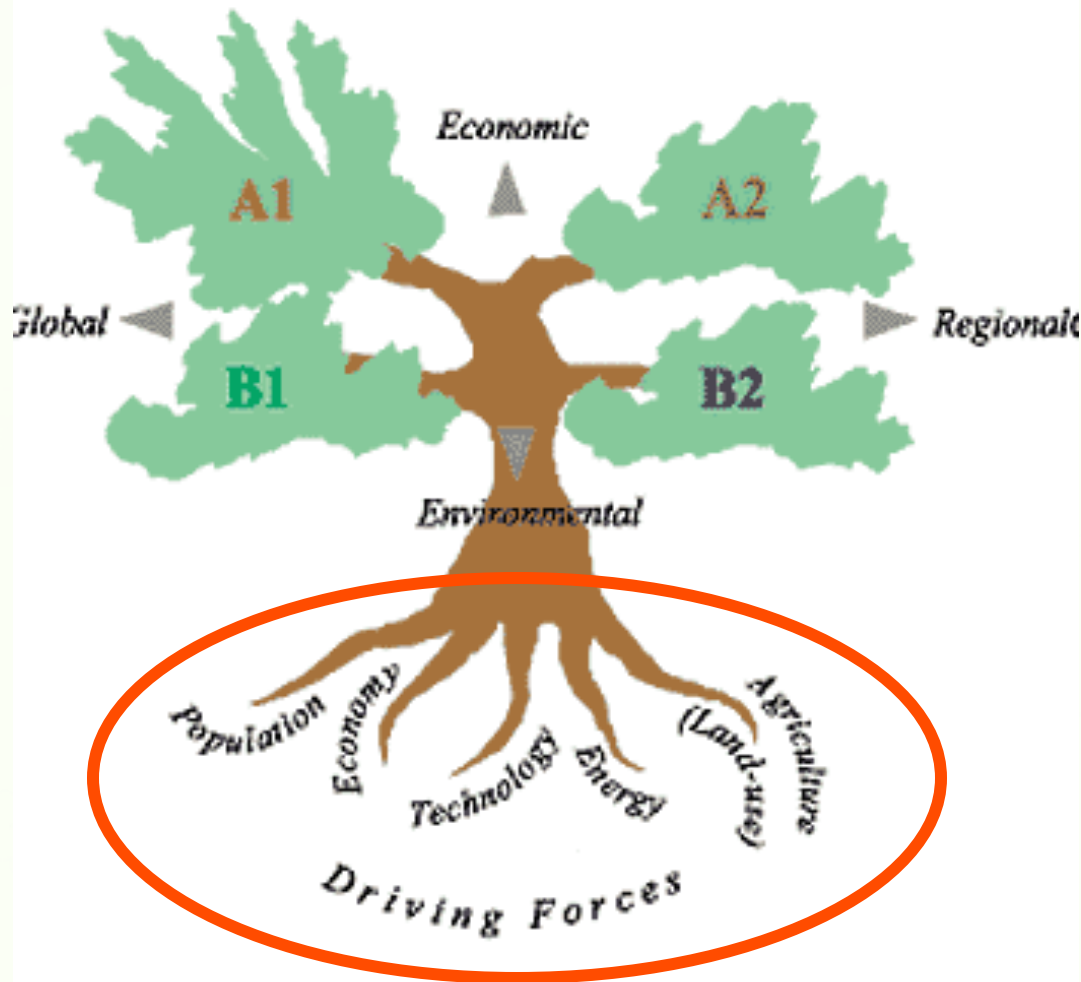
❁ G là tổng sản phẩm quốc nội GDP và $g=(G/P)$ là GDP theo đầu người;

❁ E là mức tiêu thụ năng lượng tổng cộng và $e=(E/G)$ là mật độ năng lượng tính theo GDP, nghĩa là năng lượng sử dụng cho một đơn vị GDP;

❁ $f=(F/E)$ là mật độ cacbon theo năng lượng, nghĩa là mức độ phát thải cacbon trên một đơn vị năng lượng tiêu thụ

Các kịch bản SRES

SRES Scenarios

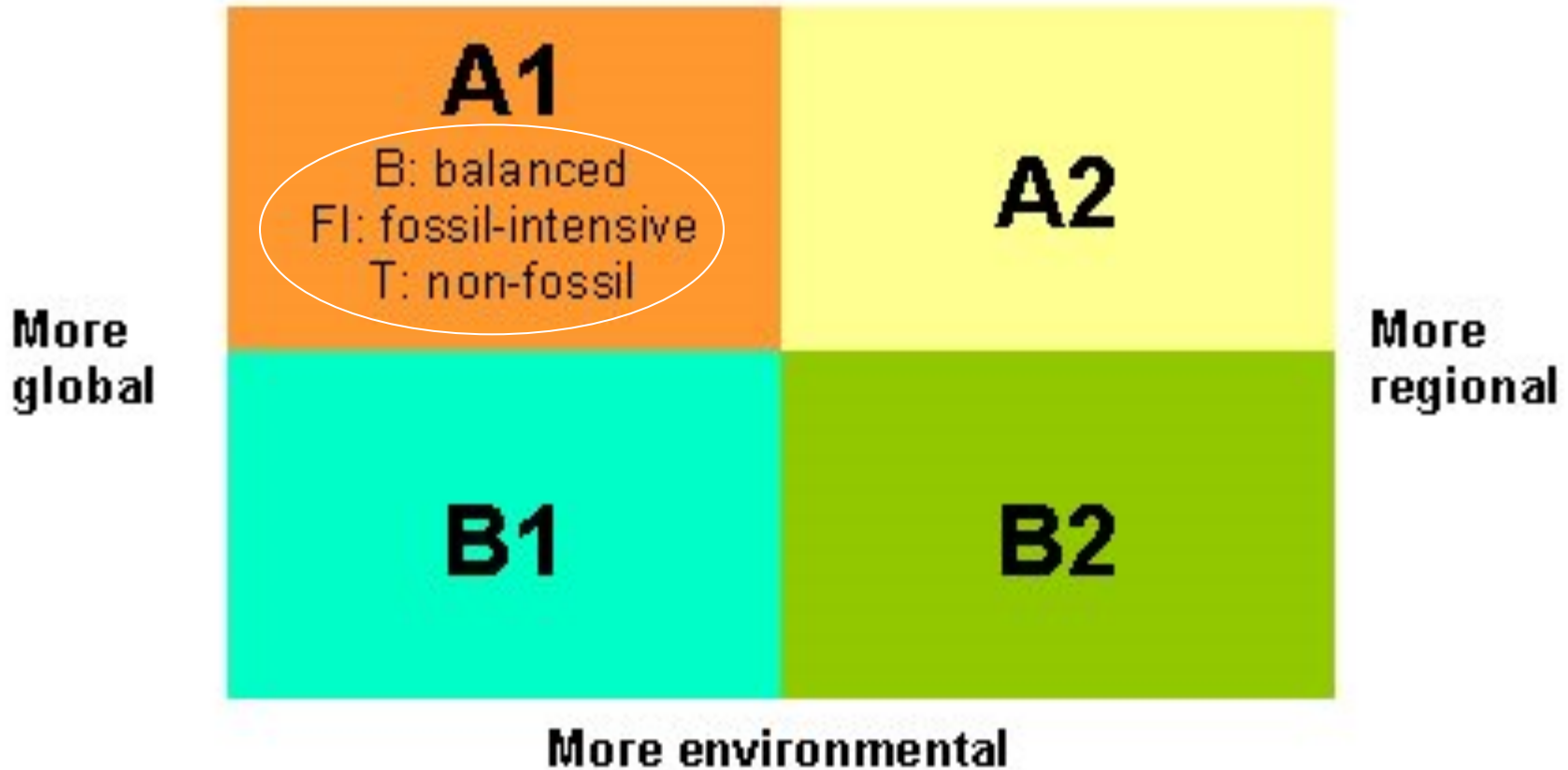


Bốn họ kịch bản phát thải khí nhà kính

- ❁ A: Chú trọng phát triển kinh tế
- ❁ B: Chú trọng bảo vệ môi trường
- ❁ 1: Chú trọng tính toàn cầu
- ❁ 2: Chú trọng tính khu vực

Các kịch bản SRES

More economic



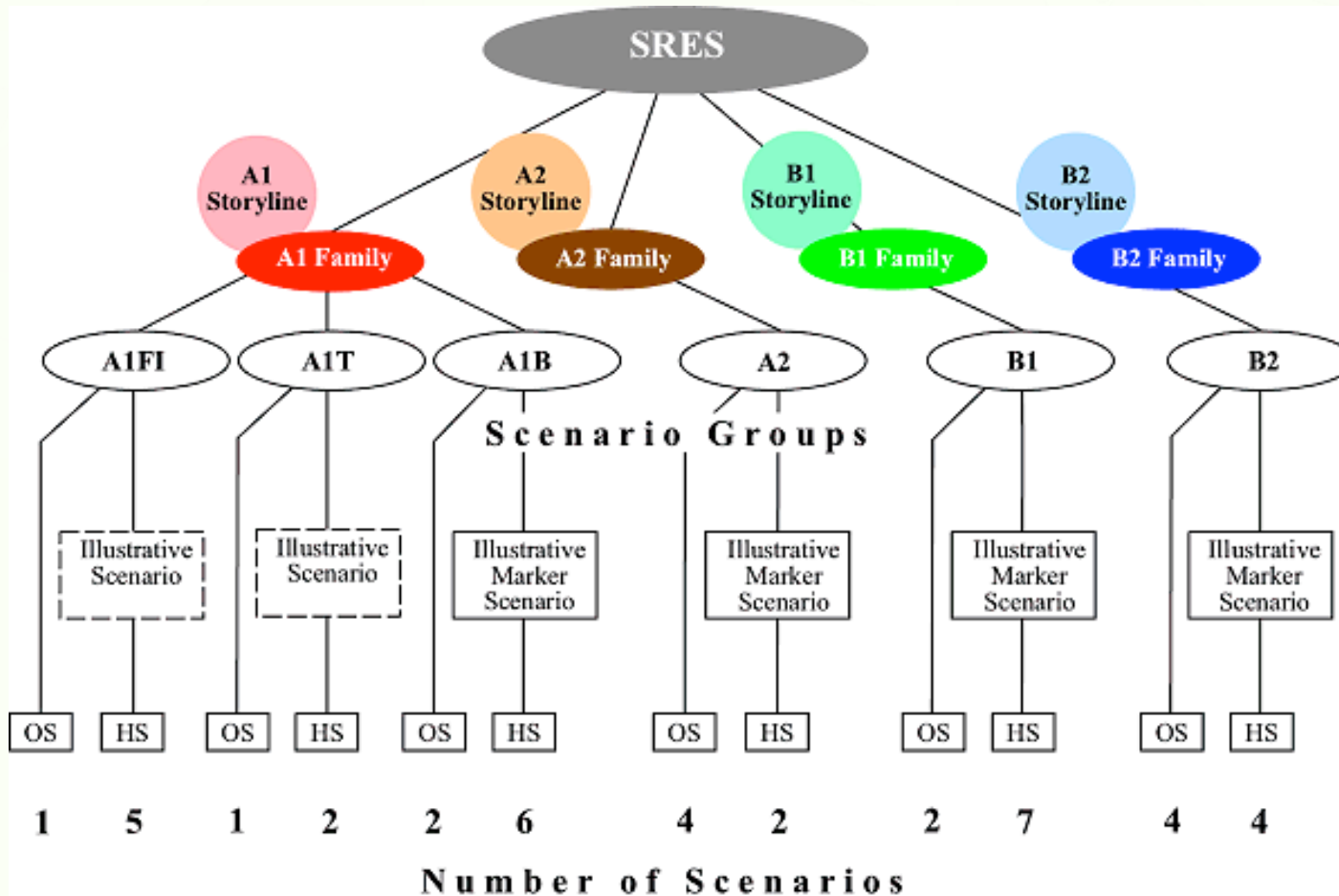
- ✿ A1FI: Sử dụng nhiên liệu hóa thạch lớn nhất
- ✿ A1B: Sử dụng nhiên liệu hóa thạch ở mức trung bình
- ✿ A1T: Không sử dụng nhiên liệu hóa thạch

Các kịch bản SRES

❁ Các mô hình được sử dụng để xây dựng các kịch bản:

1. AIM: Mô hình tích hợp Châu Á Thái Bình dương (Asian Pacific Integrated Model), Học viện Quốc gia về nghiên cứu môi trường Nhật Bản.
2. ASF: Mô hình khí quyển ổn định (Atmospheric Stabilization Framework Model), Mỹ.
3. IMAGE: Mô hình tích hợp đánh giá hiệu ứng nhà kính (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect), Hà Lan.
4. MARIA: Mô hình phân bố tài nguyên và công nghiệp đa khu vực (Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation), Nhật Bản.
5. MESSAGE: Mô hình chiến lược đa năng cung cấp năng lượng và tác động chung tới môi trường (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact), Áo.
6. MiniCAM: Mô hình đánh giá khí hậu thu nhỏ (Mini Climate Assessment Model), Mỹ.

Các kịch bản SRES

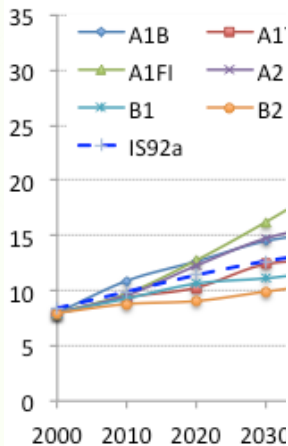


40 kịch bản được xây dựng khi sử dụng 6 mô hình

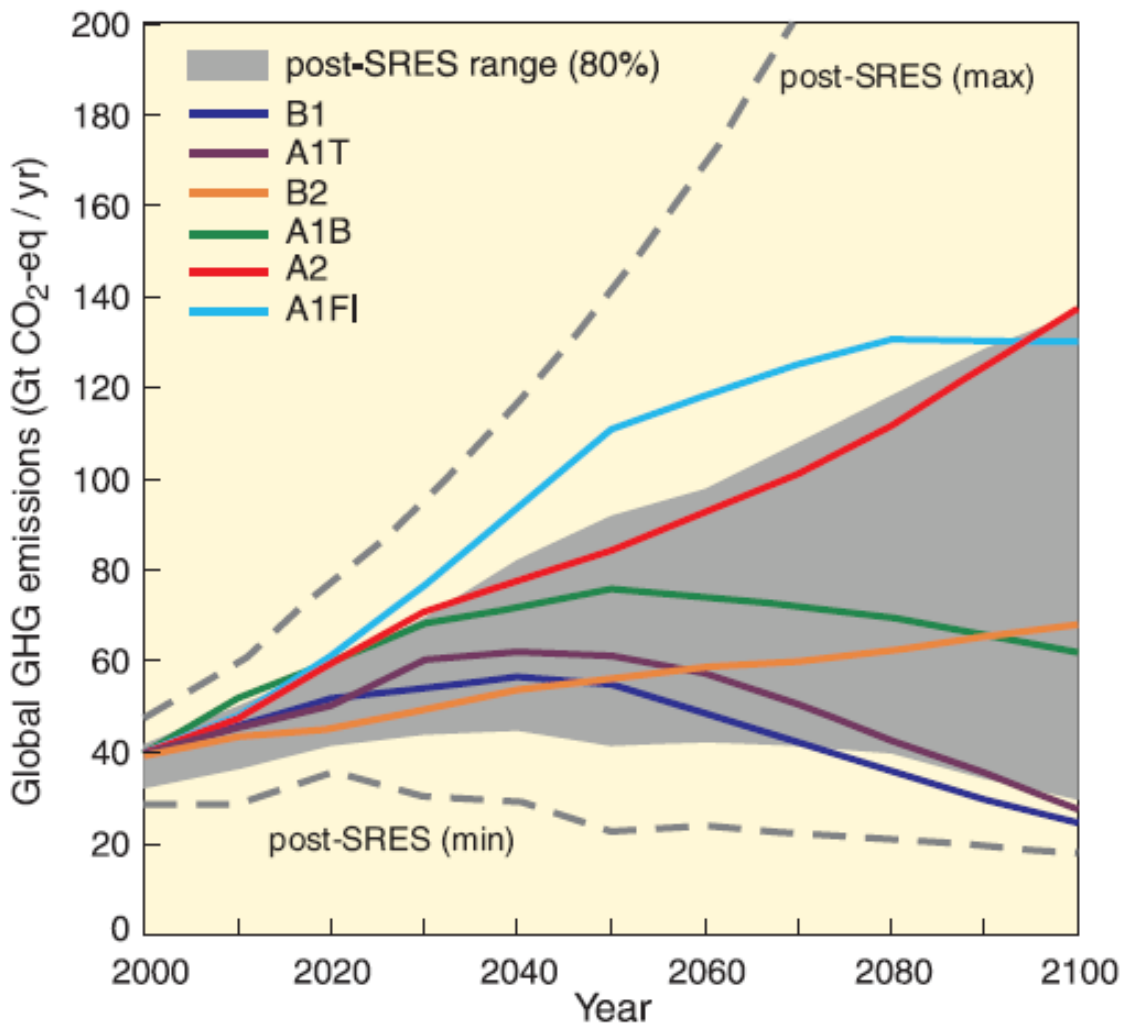
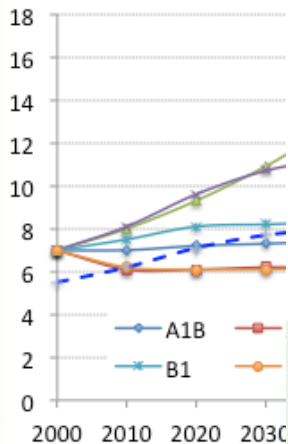
Within each family and group of scenarios, some share "harmonized" assumptions on global population, gross world product, and final energy. These are marked as "**HS**" for harmonized scenarios. "**OS**" denotes scenarios that explore uncertainties in driving forces beyond those of the harmonized scenarios

Các kịch bản SRES

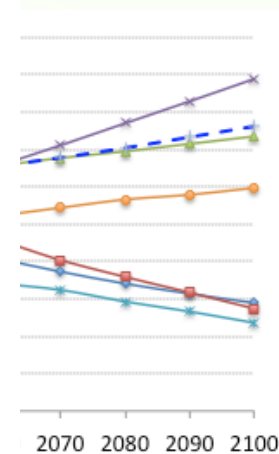
Lượng phát thải
bản



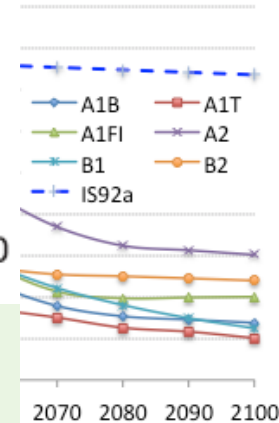
Lượng phát thải
bản (tr



theo các kịch
4/năm)



theo các kịch bản
ăm)



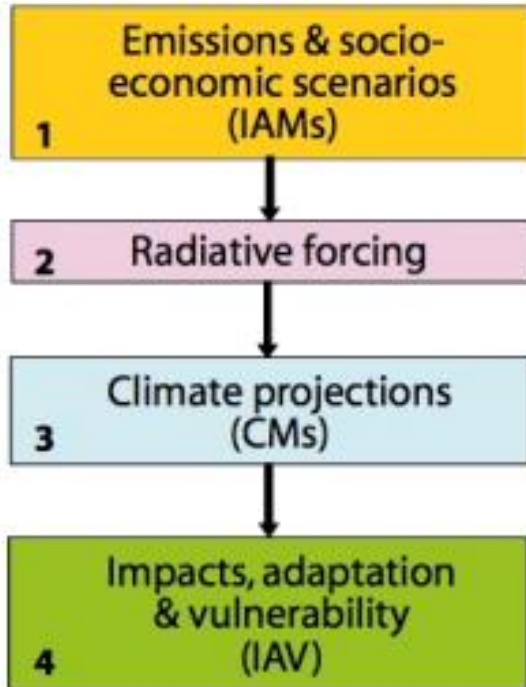
Dự tính lượng phát thải qui ra CO₂ hàng năm
theo các kịch bản

Các kịch bản RCP

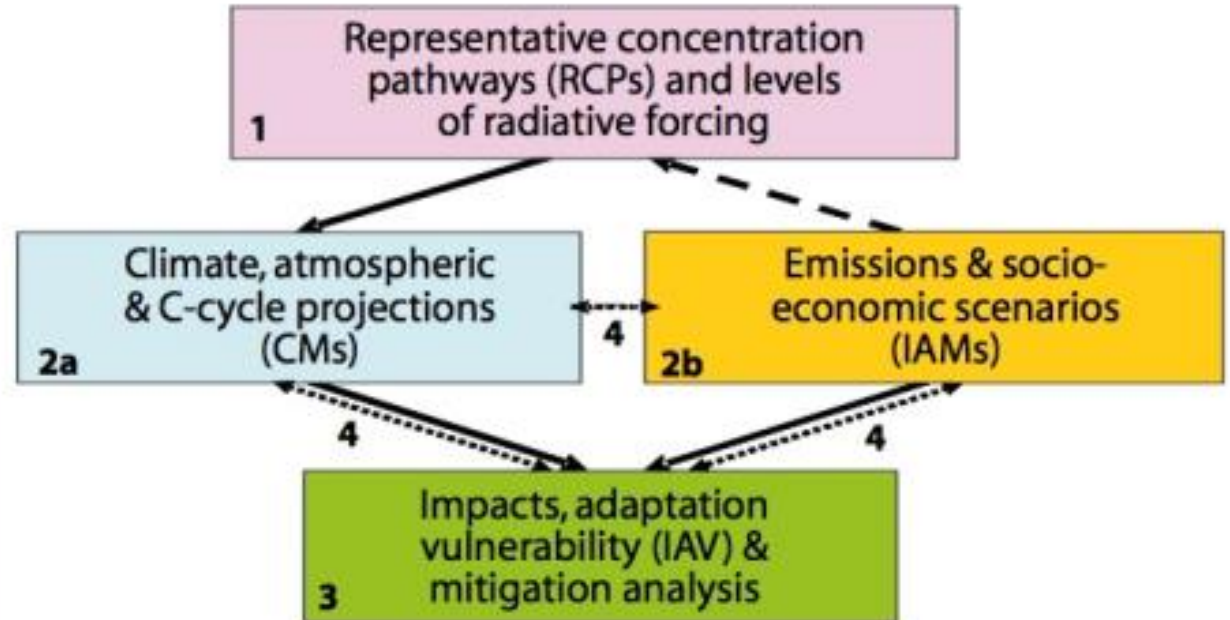
- ❁ RCP = Representative Concentration Pathway
- ❁ RCPs được xây dựng theo các nguyên tắc:
 - ❁ Dựa trên các kịch bản đang có và được phát triển một cách độc lập bởi các nhóm mô hình khác nhau
 - ❁ Cung cấp thông tin về tất cả các thành phần của tác động bức xạ (RF) làm đầu vào cho mô hình khí hậu và mô hình hoá học khí quyển (phát thải khí nhà kính, ô nhiễm không khí và đất sử dụng)
 - ❁ Nên có các giả thiết năm cơ sở hài hoà đối với phát thải và đất sử dụng và cho phép chuyển tron tru giữa các phân tích của các thời kỳ lịch sử và tương lai
 - ❁ Cung cấp thông tin cho đến 2100 và các năm sau đó nữa

Các kịch bản RCP

a) Sequential approach



b) Parallel approach



Tiếp cận tuần tự và tiếp cận song song

Các kịch bản RCP

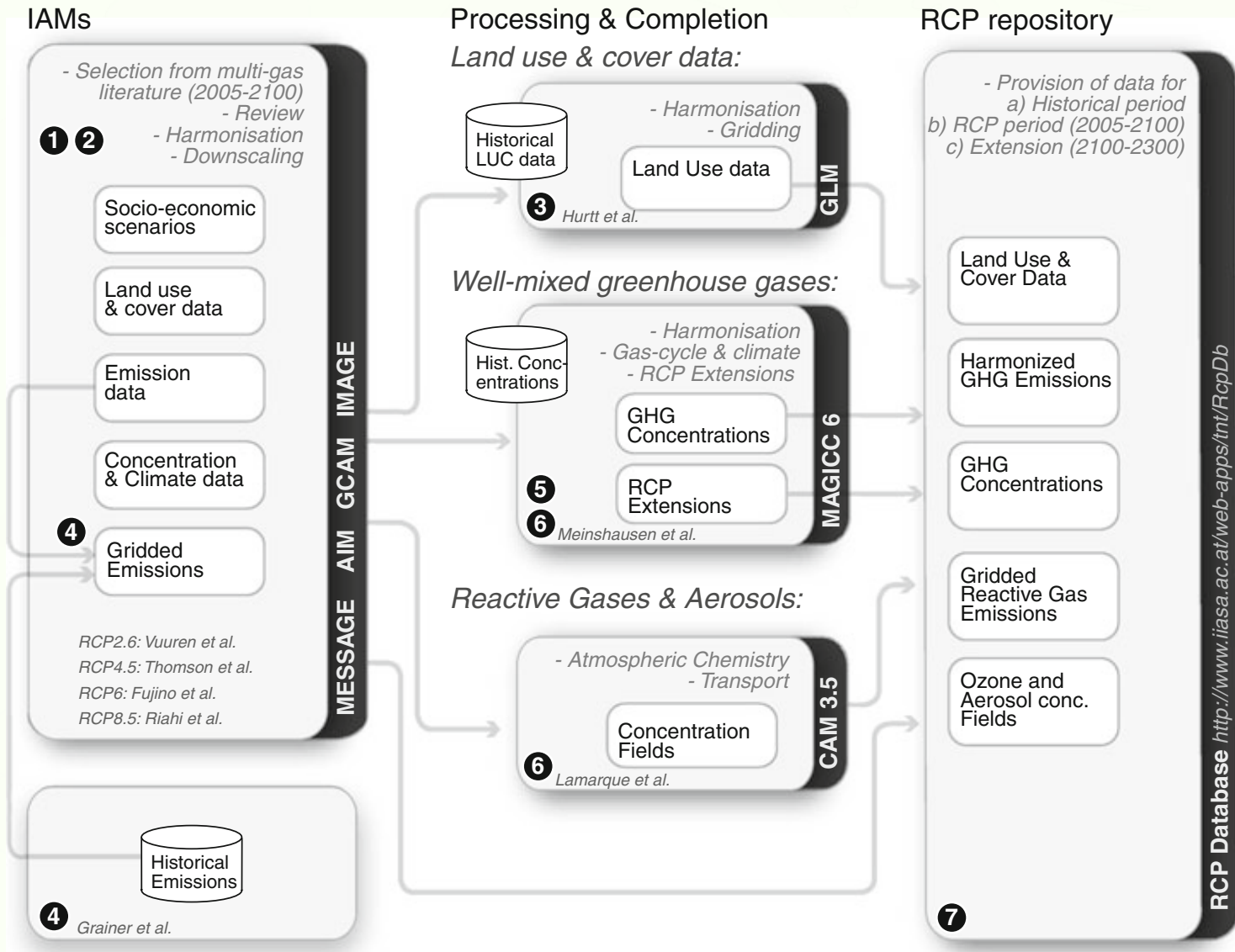
Pathway	Radiative Forcing ¹	Concentration ²	Pathway	Description ³
RCP8.5 MESSAGE	>8.5 W/m ² (in 2100)	> ~1370ppm CO ₂ -eq (in 2100)	Rising	High emissions
RCP6 AIM12	~6 W/m ² (stabilisation after 2100)	~850ppm CO ₂ -eq (stabilisation after 2100)	Stabilisation without overshoot	Medium baseline / high mitigation
RCP4.5 MiniCAM13	~4.5 W/m ² (stabilisation after 2100)	~650ppm CO ₂ -eq (stabilisation after 2100)	Stabilisation without overshoot	Intermediate mitigation
RCP3-PD IMAGE	~3W/m ² peak (before 2100 then decline)	~490ppm CO ₂ -eq (before 2100 then decline)	Peak and decline	Low mitigation

❁ *RCP characteristics, after Moss et al., 2008, p.13*

❁ *¹ Includes net effect of all anthropogenic GHGs and other forcing agents*

❁ *² CO₂ equivalents are calculated by a simple formula*

Các kịch bản RCP



Sơ đồ mô tả quá trình phát triển RCPs

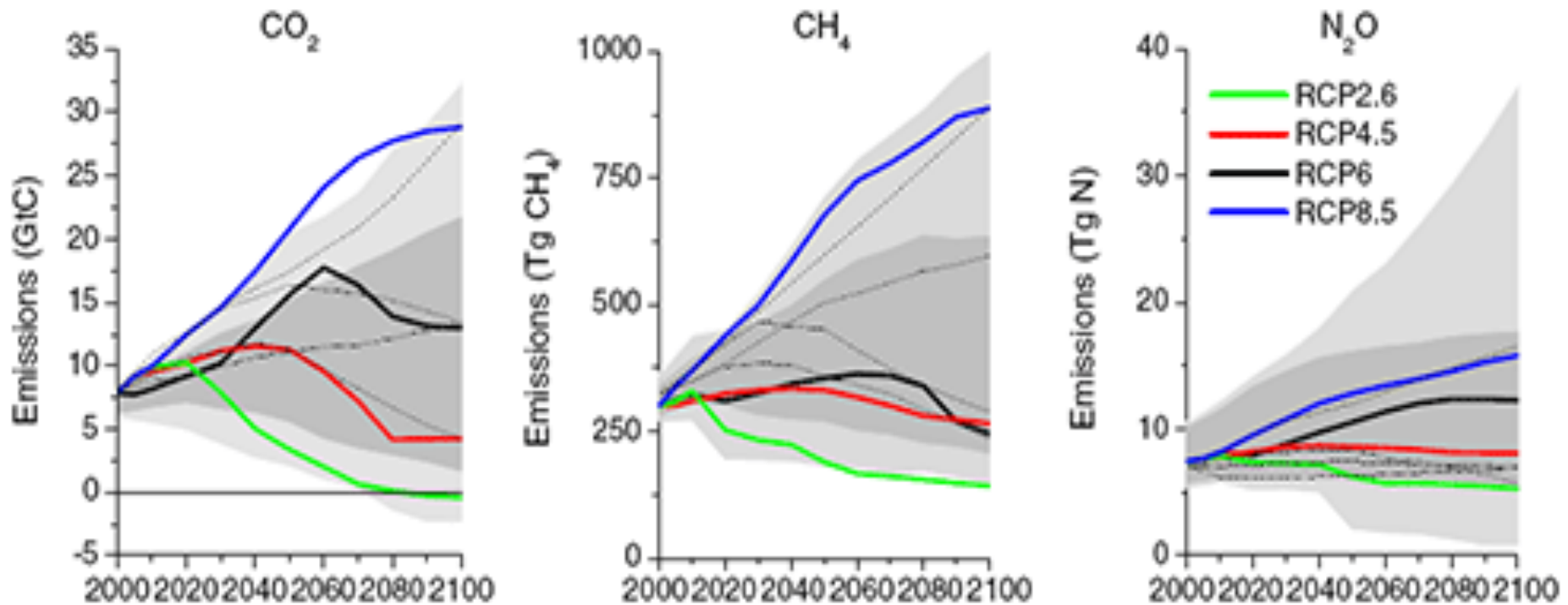
Các kịch bản RCP

Table 2 Overview of representative concentration pathways (RCPs)

	Description ^a	Publication—IA Model
RCP8.5	Rising radiative forcing pathway leading to 8.5 W/m ² (~1370 ppm CO ₂ eq) by 2100.	(Riahi et al. 2007)—MESSAGE
RCP6	Stabilization without overshoot pathway to 6 W/m ² (~850 ppm CO ₂ eq) at stabilization after 2100	(Fujino et al. 2006; Hijioka et al. 2008)—AIM
RCP4.5	Stabilization without overshoot pathway to 4.5 W/m ² (~650 ppm CO ₂ eq) at stabilization after 2100	(Clarke et al. 2007; Smith and Wigley 2006; Wise et al. 2009)—GCAM
RCP2.6	Peak in radiative forcing at ~3 W/m ² (~490 ppm CO ₂ eq) before 2100 and then decline (the selected pathway declines to 2.6 W/m ² by 2100).	(Van Vuuren et al., 2007a; van Vuuren et al. 2006)—IMAGE

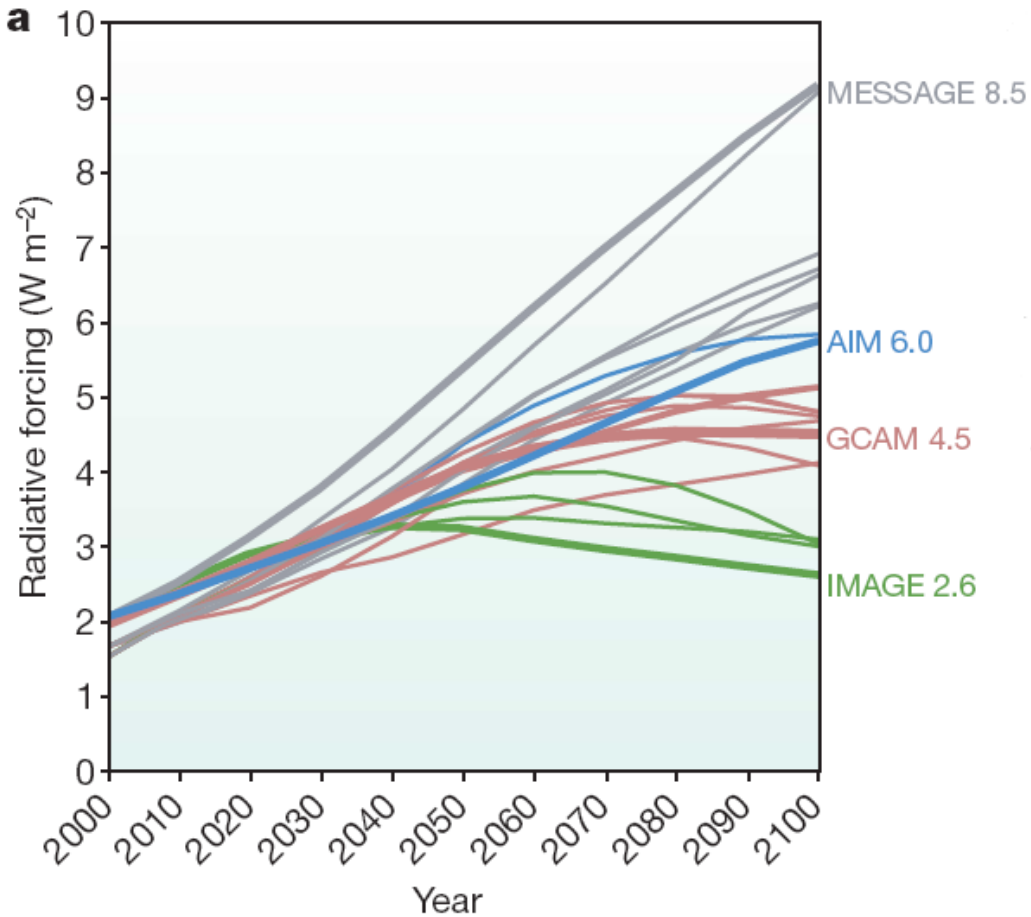
^a Approximate radiative forcing levels were defined as $\pm 5\%$ of the stated level in W/m² relative to pre-industrial levels. Radiative forcing values include the net effect of all anthropogenic GHGs and other forcing agents

Các kịch bản RCP



Emissions of main greenhouse gases across the RCPs. Grey area indicates the 98th and 90th percentiles (light/dark grey) of the literature... The dotted lines indicate four of the SRES marker scenarios. Note that the literature values are not harmonized (from van Vuuren et.al. 2011)

Các kịch bản RCP



Changes in radiative forcing relative to pre-industrial conditions. Bold coloured lines show the four RCPs; thin lines show individual scenarios from approximately 30 candidate RCP scenarios that provide information on all key factors affecting radiative forcing... (Moss et al., 2010)

Các kịch bản RCP

❁ *Median temperature anomaly over pre-industrial levels and SRES comparisons based on nearest temperature anomaly, from Rogelj et.al. 2012*

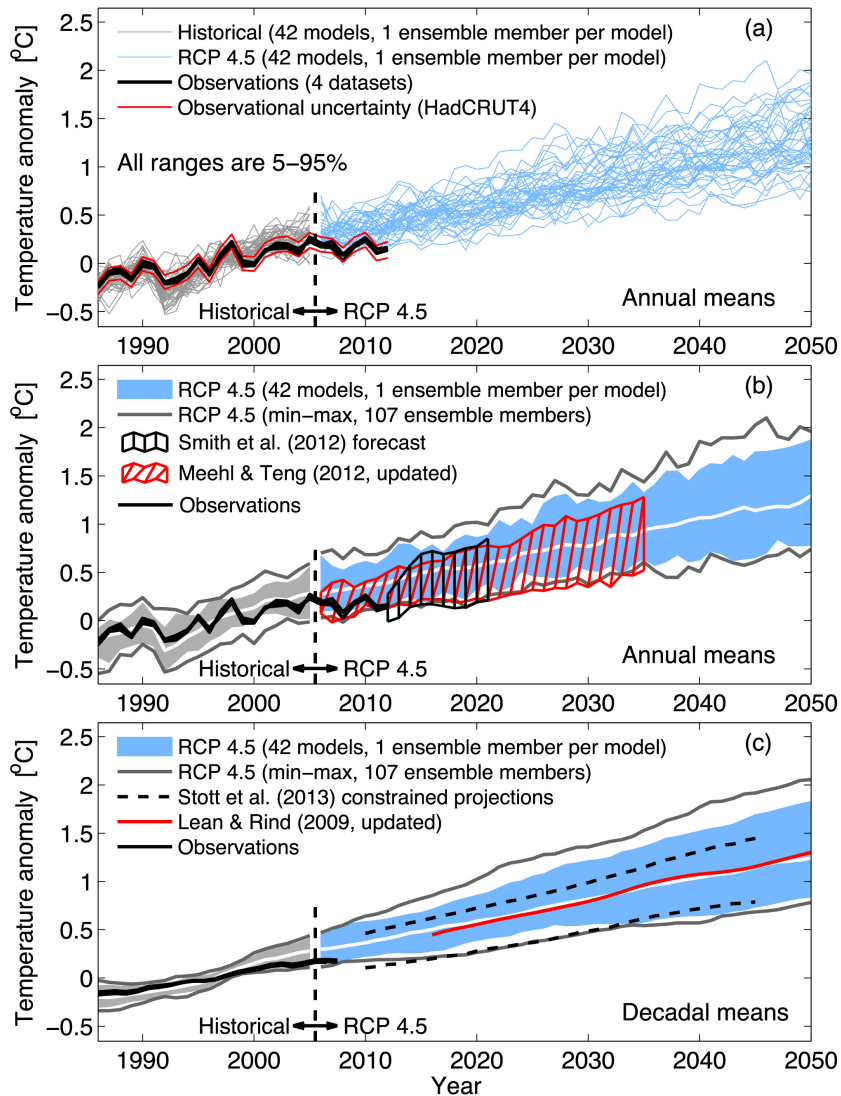
Name	Radiative forcing	CO ₂ equiv (p.p.m.)	Temp anomaly (°C)	Pathway	SRES temp anomaly equiv
RCP8.5	8.5 Wm ² in 2100	1370	4.9	Rising	SRES A1F1
RCP6.0	6 Wm ² post 2100	850	3.0	Stabilization without overshoot	SRES B2
RCP4.5	4.5 Wm ² post 2100	650	2.4	Stabilization without overshoot	SRES B1
RCP2.6 (RCP3PD)	3Wm ² before 2100, declining to 2.6 Wm ² by 2100	490	1.5	Peak and decline	None

Tính bất định trong các kịch bản phát thải

- ❁ Các kịch bản được xây dựng dựa trên các giả định có cơ sở khoa học về sự phát triển kinh tế xã hội của toàn thế giới
- ❁ Tình hình kinh tế xã hội luôn luôn biến động nên các giả định đó có thể chưa chính xác, thậm chí sai
 - ❁ Tốc độ phát triển dân số
 - ❁ Mức khai thác sử dụng nhiên liệu hoá thạch
 - ❁ Sự biến đổi sử dụng đất
 - ❁ Trình độ phát triển công nghệ
 - ❁ Tính đồng thuận của cộng đồng
- ❁ **Không có gì đảm bảo chắc chắn về mức phát thải trong tương lai**

Projected Changes: Near-term

Global mean temperature projections (RCP 4.5), relative to 1986–2005



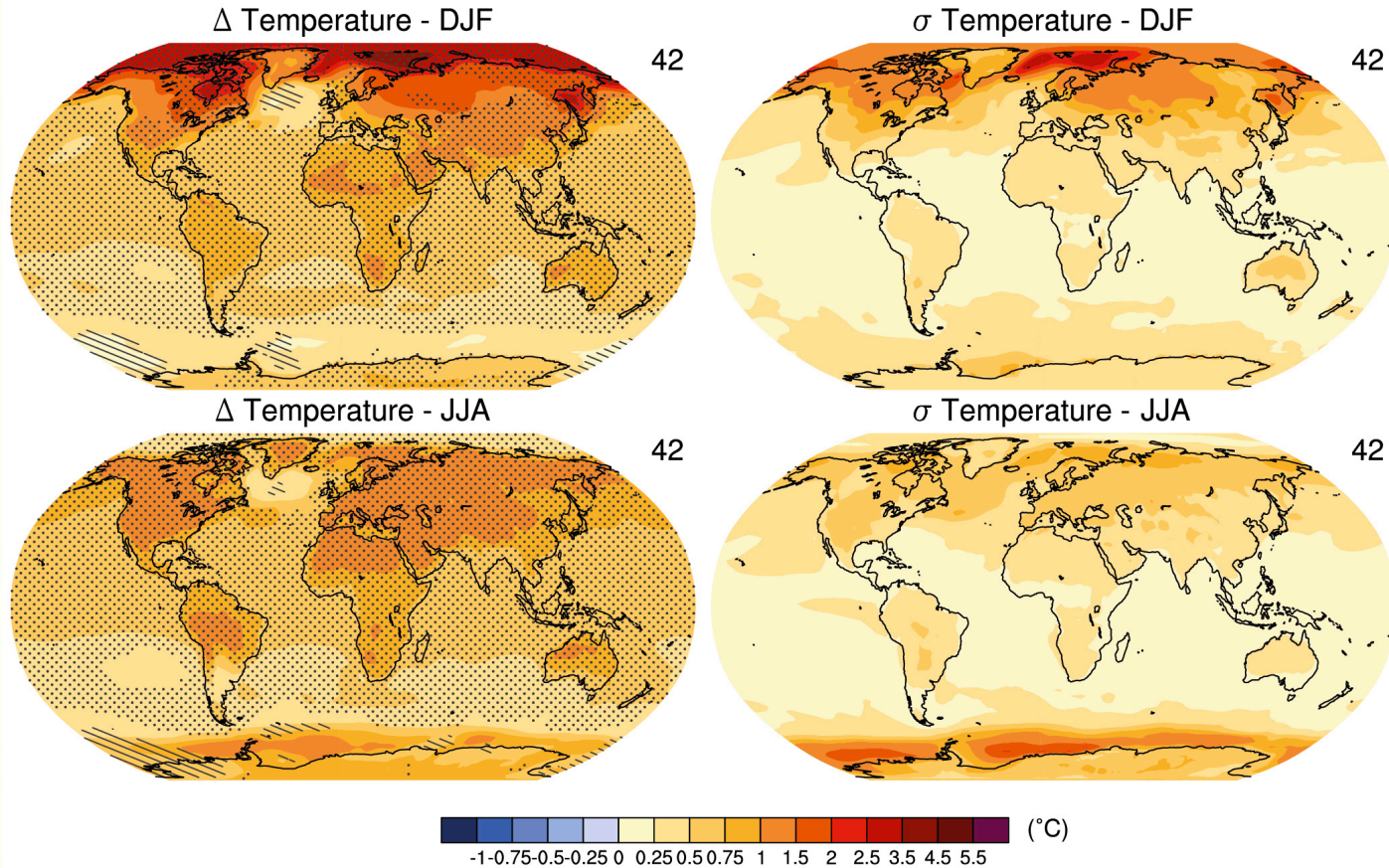
(a) Projections of global mean, annual mean surface air temperature 1986–2050 (anomalies relative to 1986–2005) under RCP4.5 from CMIP5 models (blue lines, one ensemble member per model)

(b) As in **(a)** but showing the 5 to 95% range (grey and blue shades, with the multi-model median in white) of annual mean CMIP5 projections using one ensemble member per model from RCP4.5 scenario, and annual mean observational estimates (solid black line).

(c) As **(a)** but showing the 5 to 95% range (grey and blue shades, with the multi-model median in white) of decadal mean CMIP5 projections using one ensemble member per model from RCP4.5 scenario, and decadal mean observational estimates (solid black line)

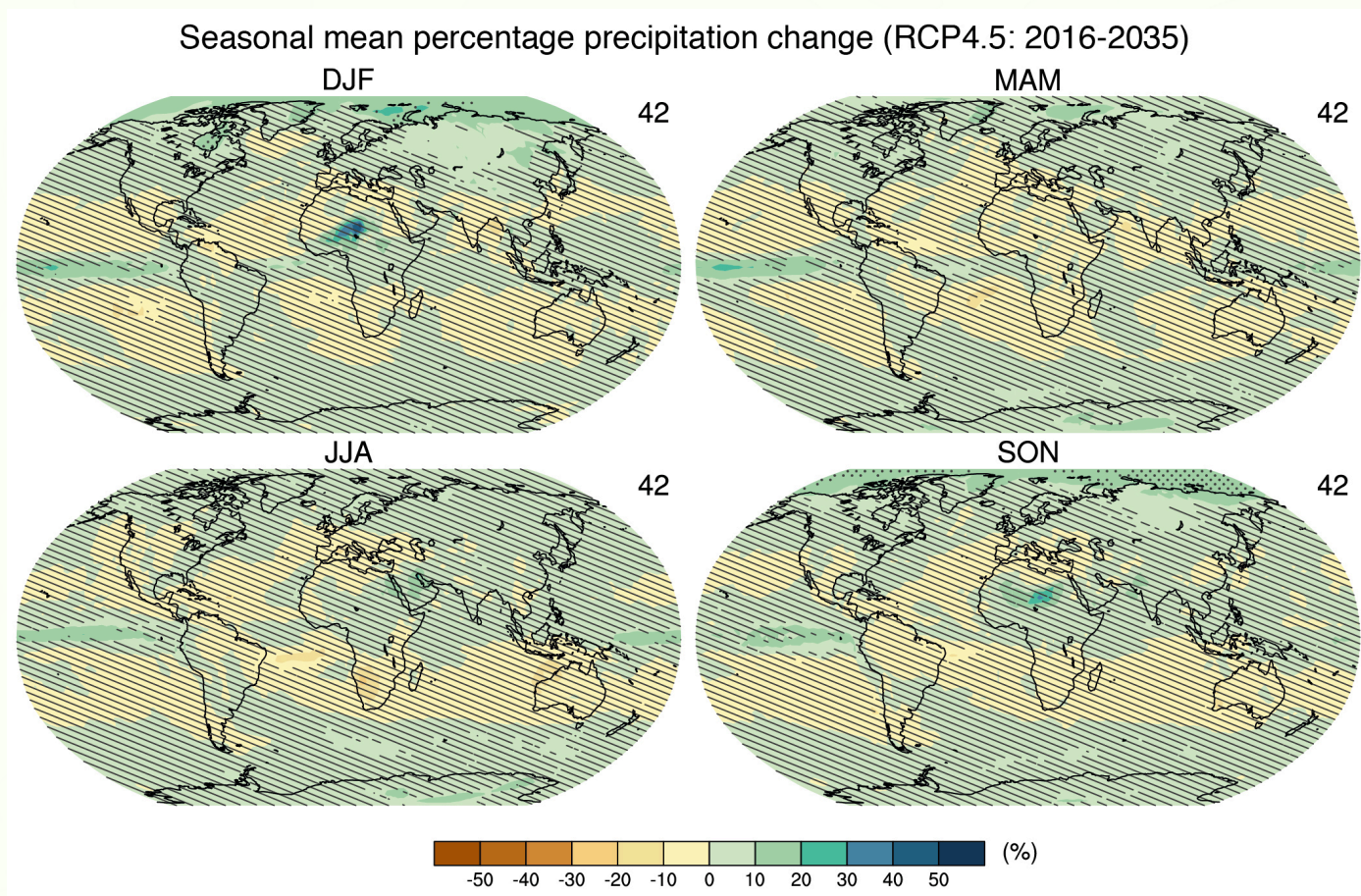
Dự tính BĐKH: Tương lai gần

Seasonal mean air temperature change (RCP4.5: 2016-2035)



CMIP5 multi-model ensemble mean of projected changes in December, January and February and June, July and August surface air temperature for the period 2016–2035 relative to 1986–2005 under RCP4.5 scenario (left panels). The right panels show an estimate of the model-estimated internal variability (standard deviation of 20-year means)

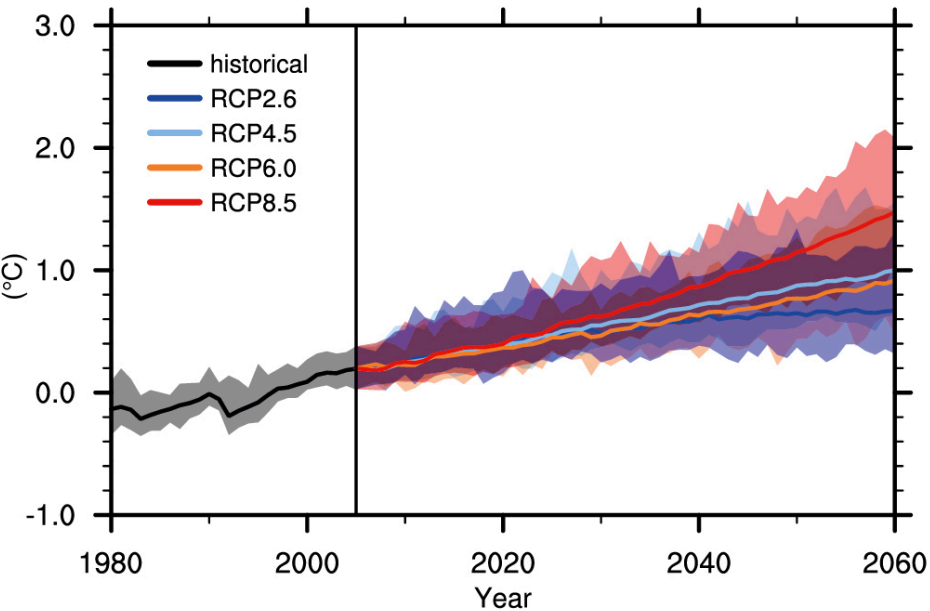
Dự tính BĐKH: Tương lai gần



CMIP5 multi-model ensemble mean of projected changes (%) in precipitation for 2016–2035 relative to 1986–2005 under RCP4.5 for the four seasons. The number of CMIP5 models used is indicated in the upper right corner

Dự tính BĐKH: Tương lai gần

Global sea surface temperature change

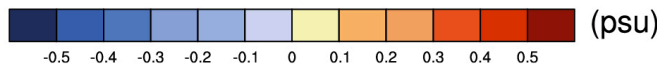
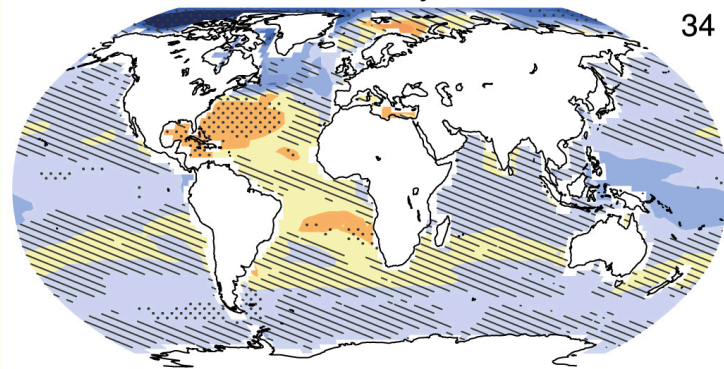


Projected changes in annual averaged, globally averaged, surface ocean temperature based on 12 AOGCMs from the CMIP5 multi-model ensemble, under the RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5 scenarios. Anomalies computed against the 1986–2005 average

Annual mean ocean surface change (RCP4.5: 2016-2035)

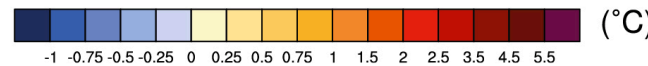
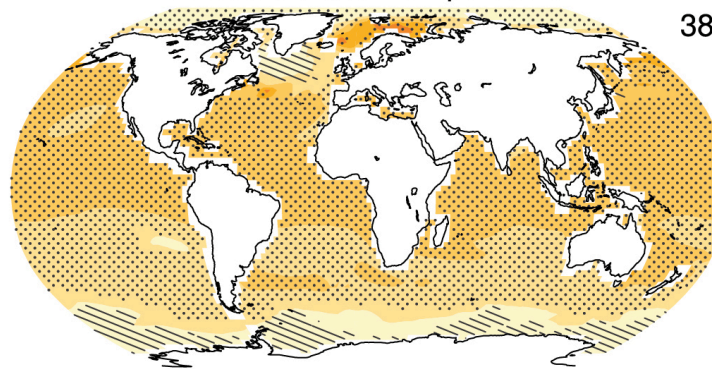
Δ Salinity

34



Δ Sea Surface Temperature

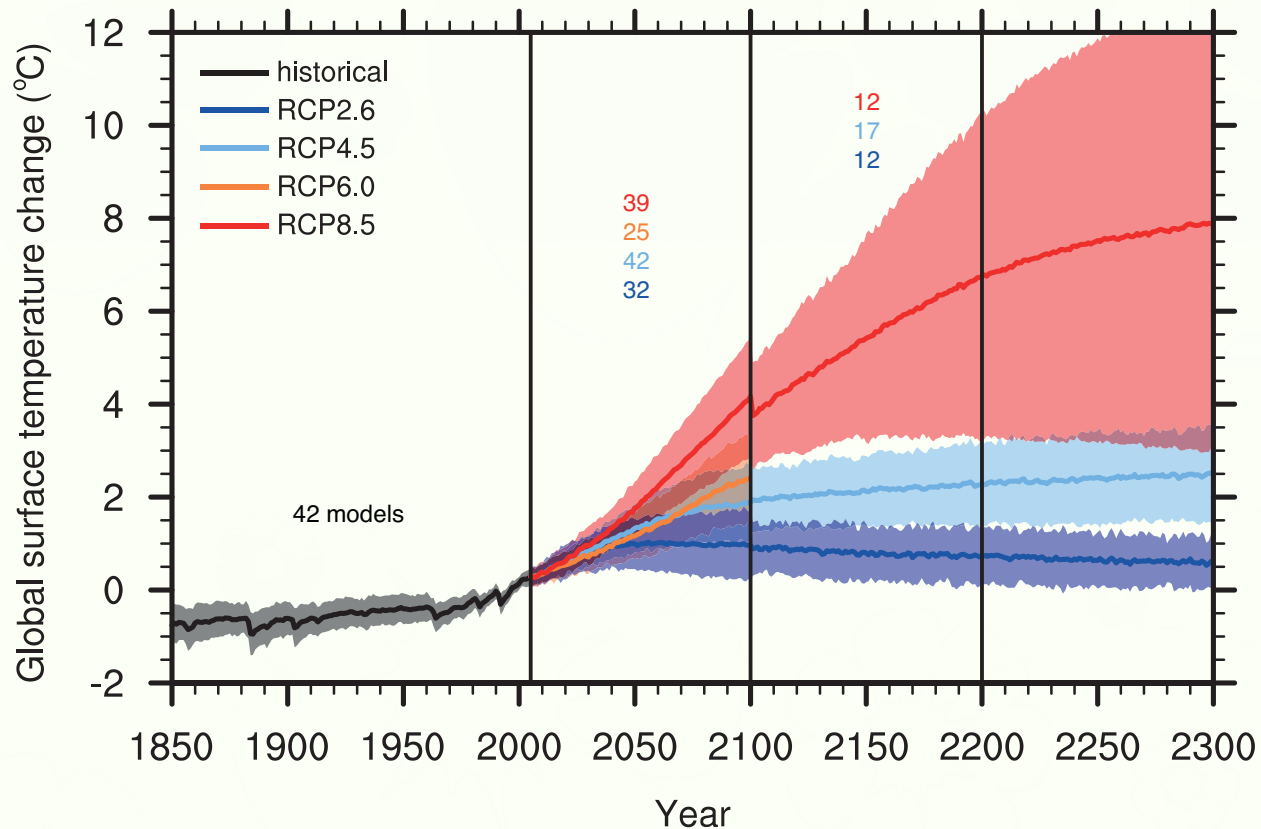
38



CMIP5 multi-model ensemble mean of projected changes in sea surface

temperature (right panel; °C) and sea surface salinity (left panel; practical salinity units) for 2016–2035 relative to 1986–2005 under RCP4.5

Dự tính BĐKH: Tương lai xa

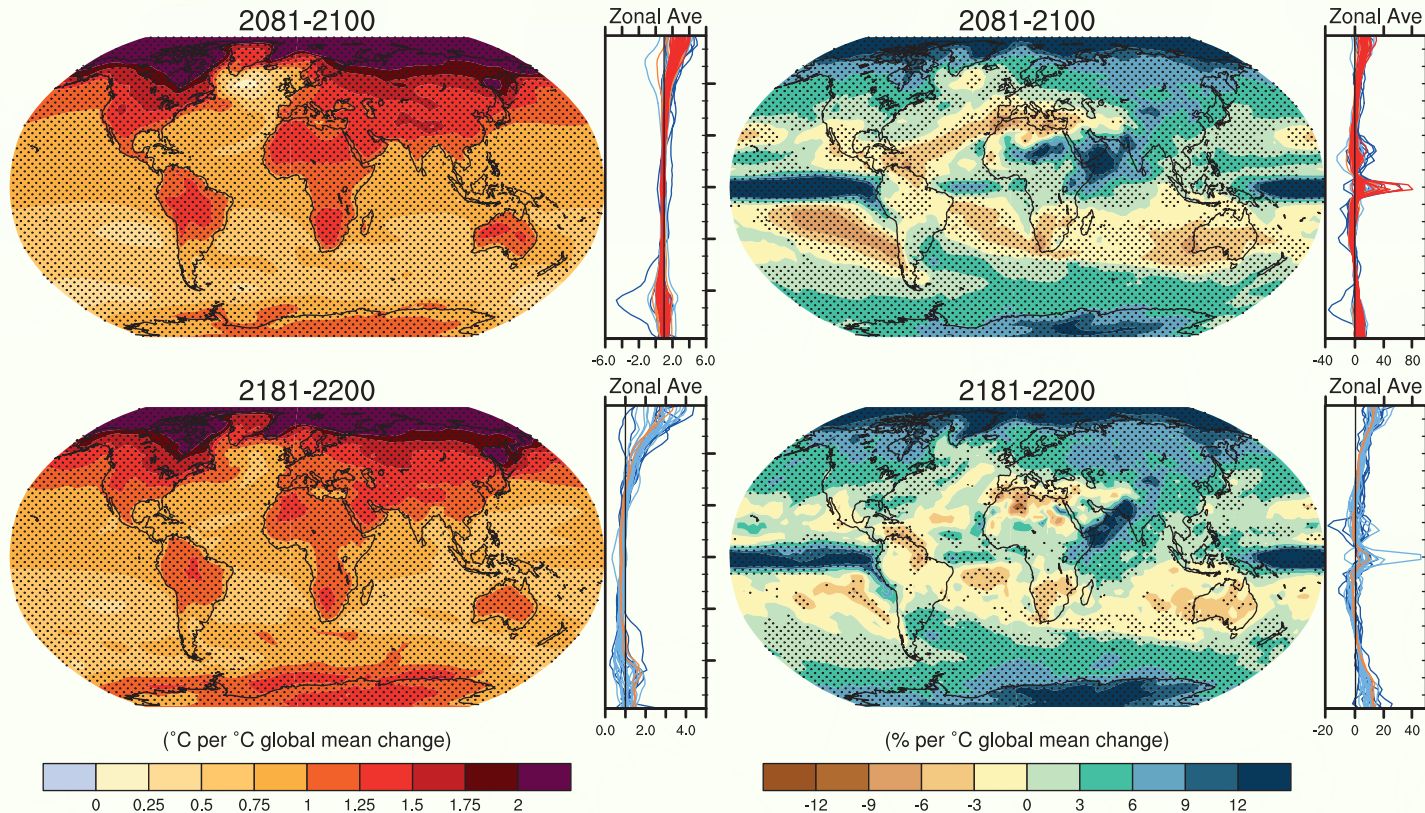


Time series of global annual mean surface air temperature anomalies (relative to 1986–2005) from CMIP5 concentration-driven experiments. Projections are shown for each RCP for the multi-model mean (solid lines) and the 5 to 95% range (± 1.64 standard deviation) across the distribution of individual models (shading)

Dự tính BĐKH: Tương lai xa

Temperature scaled by global T ($^{\circ}\text{C}$ per $^{\circ}\text{C}$)

Precipitation scaled by global T (% per $^{\circ}\text{C}$)



Temperature (left) and precipitation (right) change patterns derived from transient simulations from the CMIP5 ensembles, scaled to 1°C of global mean surface temperature change. The patterns have been calculated by computing 20-year averages at the end of the 21st (top) and 22nd (bottom) centuries and over the period 1986–2005 for the available simulations under all RCPs, taking their difference (percentage difference in the case of precipitation) and normalizing it, grid-point by grid-point, by the corresponding value of global average temperature change for each model and scenario. The normalized patterns have then been averaged across models and scenarios

Dự tính BĐKH: Tương lai xa

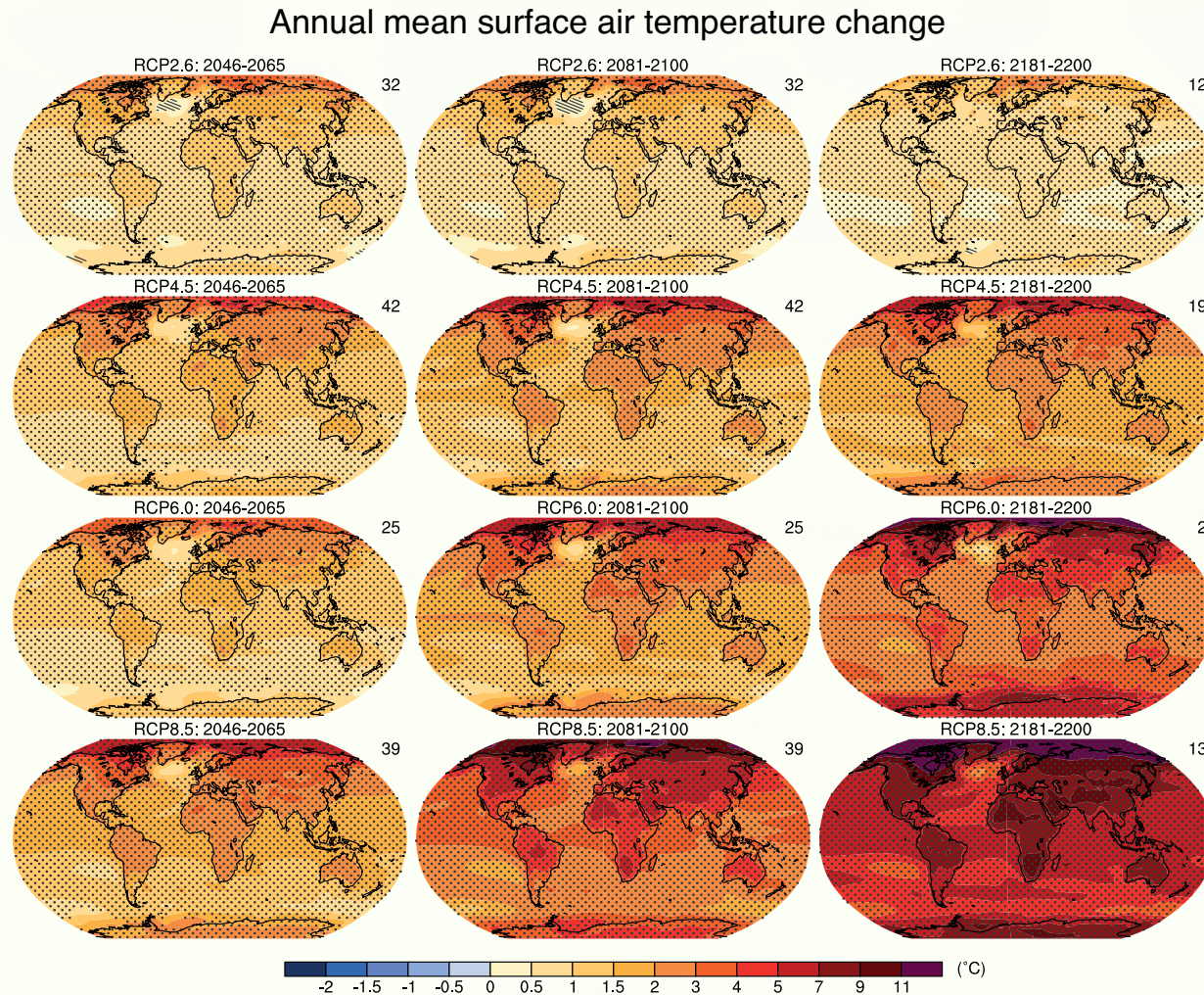
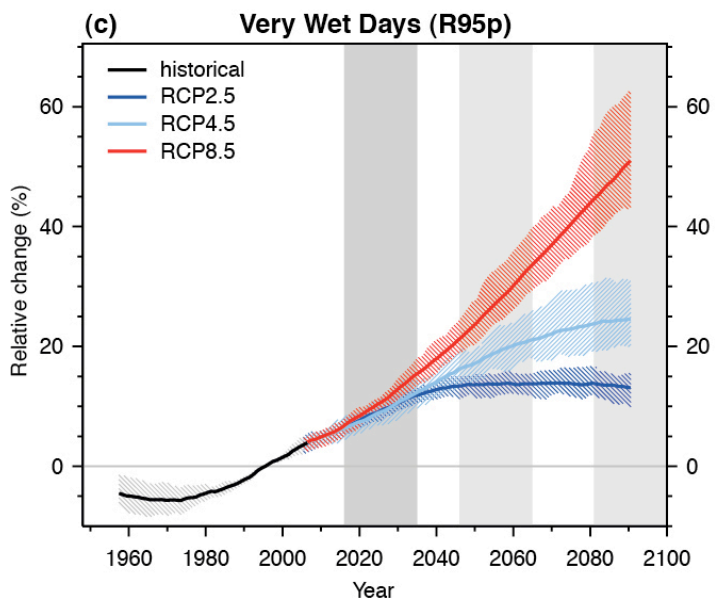
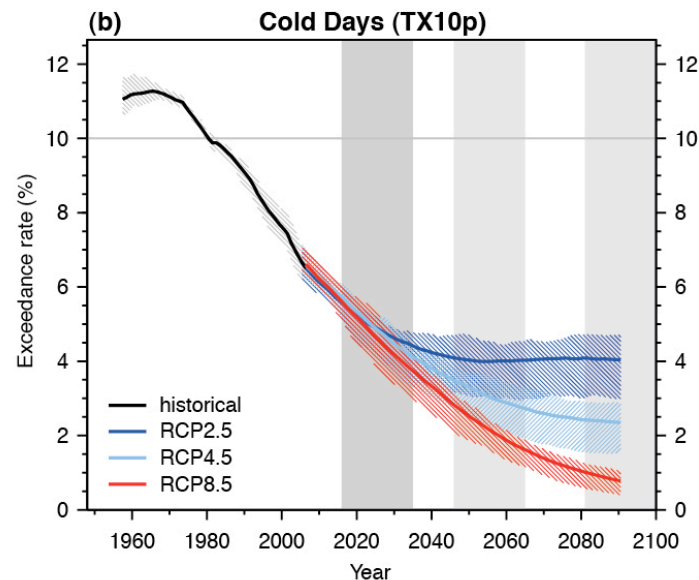
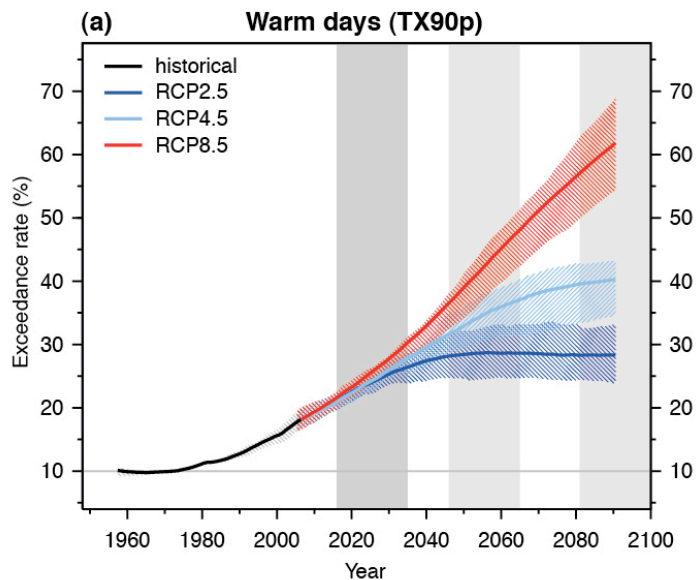


Figure 12.11 | Multi-model ensemble average of surface air temperature change (compared to 1986–2005 base period) for 2046–2065, 2081–2100, 2181–2200 for RCP2.6, 4.5, 6.0 and 8.5. Hatching indicates regions where the multi-model mean change is less than one standard deviation of internal variability. Stippling indicates regions where the multi-model mean change is greater than two standard deviations of internal variability and where at least 90% of the models agree on the sign of change (see Box 12.1). The number of CMIP5 models used is indicated in the upper right corner of each panel.

Dự tính BĐKH: Các hiện tượng cực đoan



Global projections of the occurrence of (a) warm days (TX90p), (b) cold days (TX10p) and (c) precipitation amount from very wet days (R95p). Results are shown from CMIP5 for the RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. Solid lines indicate the ensemble median and shading indicates the interquartile spread between individual projections (25th and 75th percentiles). (a) percentage of days annually with daily maximum surface air temperature (Tmax) exceeding the 90th percentile of Tmax for 1961–1990, (b) percentage of days with Tmax below the 10th percentile and (c) percentage change relative to 1986–2005 of the annual precipitation amount from daily events above the 95th percentile.

Dự tính BĐKH: Các hiện tượng cực đoan

❁ Mưa lớn:

- ❁ Theo AR4 và SREX: Các sự kiện mưa lớn nhiều khả năng tăng ở nhiều nơi trên thế giới
- ❁ Trung bình toàn cầu, các sự kiện mưa lớn có xu thế tăng rõ nhưng biến động lớn từ vùng này đến vùng khác
- ❁ Tần suất và cường độ mưa lớn sẽ có thể tăng trên nhiều vùng lục địa ở tương lai gần nhưng xu thế không rõ ràng trên tất cả các vùng do tính biến động tự nhiên và có thể do ảnh hưởng của aerosol do con người tạo ra

Dự tính BĐKH: Các hiện tượng cực đoan

Summary of studies exploring near-term projections of tropical cyclone (TC) activity

TC Basin Explored	Projected Change in TC Activity Reported	Notes
Global	Reduced global, Northern Hemisphere and Southern Hemisphere frequency 2016–2035 relative to 1986–2005.	High-resolution atmospheric model forced by CMIP3 SRES A1B multi-model SST change 2004–2099.
N.W. Pacific	Over first half of 21st century: Reduced Activity over South China Sea, Increased Activity near subtropical Asia	Statistical downscale of five CMIP3 models under SRES A1B.
N.W. Pacific	Over 2001–2040, a decrease in TC frequency in the East China Sea, and a frequency decrease and increase in intensity of Yangze River Basin landfalling typhoons.	Statistical downscaling of CGCM forced by CMIP3 SRES A1B scenario.
S.W. Pacific	Differences of 2000–2050 with 1970–2000. Negligible change in overall frequency. Significant (~15%) increase in number of Category 4–5 TCs.	Dynamical regional downscale of coupled AOGCM forced with IPCC IS92a increasing CO ₂ scenario.
N. Atlantic	Linear trend in TC frequency 2001–2050: Ensemble-mean non-significant decrease in TC frequency (–5%). Ensemble range of –50% to +30%.	Statistical downscaling of CMIP3 models under A1B scenario.
N. Atlantic	TC frequency averaged 2016–2035 minus 1986–2005: Ensemble-mean non-significant increase for RCP2.6 (4%), non-significant decrease for RCP4.5 (–2%) and RCP8.5 (–1%). Ensemble range of –30% to 27% across all scenarios/models.	Statistical downscaling of CMIP5 RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5
N. Atlantic	Power Dissipation Index averaged 2016–2035 minus 1986–2005: Ensemble mean significant increase for RCP2.6 (23%) and RCP8.5 (17%), non-significant increase for RCP4.5 (10%). Ensemble range of –43% to 78% across all scenarios/models.	Statistical downscaling of CMIP5 RCP2.6, RCP4.5 and RCP4.5
N. Atlantic	Difference 2016–2035 minus 1986–2005 averages: Significant decrease (–20%) to overall TC and hurricane frequency. Significant increase (+45%) in number of Category 4–5 TCs. Significant increase in precipitation of hurricanes (11%) and tropical storms (18%).	Double dynamical refinement of CMIP5 RCP4.5 multi-model ensemble projections.

Dự tính BĐKH: Các hiện tượng cực đoan

❁ Xoáy thuận nhiệt đới:

- ❁ Dự tính sự hình thành, vị trí hoạt động, quỹ đạo, thời gian tồn tại hoặc vùng chịu tác động của XTNĐ có độ tin cậy thấp
- ❁ Dự trên sự nhất quán của các mô hình và bản chất vật lý rất có thể cường độ mưa do XTNĐ sẽ tăng cùng với sự nóng lên do hiệu ứng nhà kính
- ❁ Có thể tần suất của XTNĐ trên toàn cầu hoặc giảm hoặc giữ nguyên không đổi
- ❁ Tốc độ gió cực đại trung bình trong XTNĐ có thể tăng mặc dù có thể không xảy ra trên tất cả các vùng nhiệt đới
- ❁ Nhiều khả năng là số cơn bão mạnh sẽ tăng ở một số vùng biển mặc dù tần suất XTNĐ có thể giảm hoặc không đổi.

Dự tính BĐKH: Các hiện tượng cực đoan

❁ Hạn hán:

- ❁ Với độ tin cậy trung bình thì độ dài và cường độ hạn được dự tính sẽ tăng ở một số vùng trên thế giới, bao gồm southern Europe and the Mediterranean region, central Europe, central North America, Central America and Mexico, northeast Brazil, and southern Africa
- ❁ Ở các nơi khác nhìn chung kết quả dự tính có độ tin cậy thấp do tỷ lệ đồng thuận giữa các mô hình về biến đổi của hạn hán không đạt (phụ thuộc vào cả mô hình và chỉ số khô hạn)

Dự tính BĐKH: Các hiện tượng cực đoan

❁ Lũ lụt

- ❁ Với độ tin cậy trung bình có thể nói sự gia tăng mưa lớn dự tính có thể góp phần làm gia tăng lũ lụt cục bộ do mưa ở một số lưu vực hoặc một số vùng
- ❁ Nhiều khả năng (nhưng với độ tin cậy thấp) là các cực đại dòng chảy đầu mùa xuân do tuyết tan và sông băng tan chảy được dự tính gia tăng độ lớn

Tính bất định trong dự tính khí hậu

❁ Tính bất định của các kịch bản phát thải KNK

❁ Sự không chắc chắn của:

- ❁ Các kịch bản phát triển dân số
- ❁ Các kịch bản phát triển kinh tế xã hội
- ❁ Các kịch bản sử dụng nhiên liệu hoá thạch
- ❁ Các kịch bản phát triển công nghệ
- ❁ Các kịch bản bảo vệ môi trường
- ❁ ...

❁ Không có gì đảm bảo kịch bản nào đúng cả

- ❁ Cái nào có khả năng xảy ra cao nhất, thấp nhất
- ❁ Cái nào có tác động tốt nhất, xấu nhất

❁ **Các kịch bản phát thải đều chứa tính bất định cao**

Tính bất định trong dự tính khí hậu

❁ Tính bất định của các mô hình khí hậu

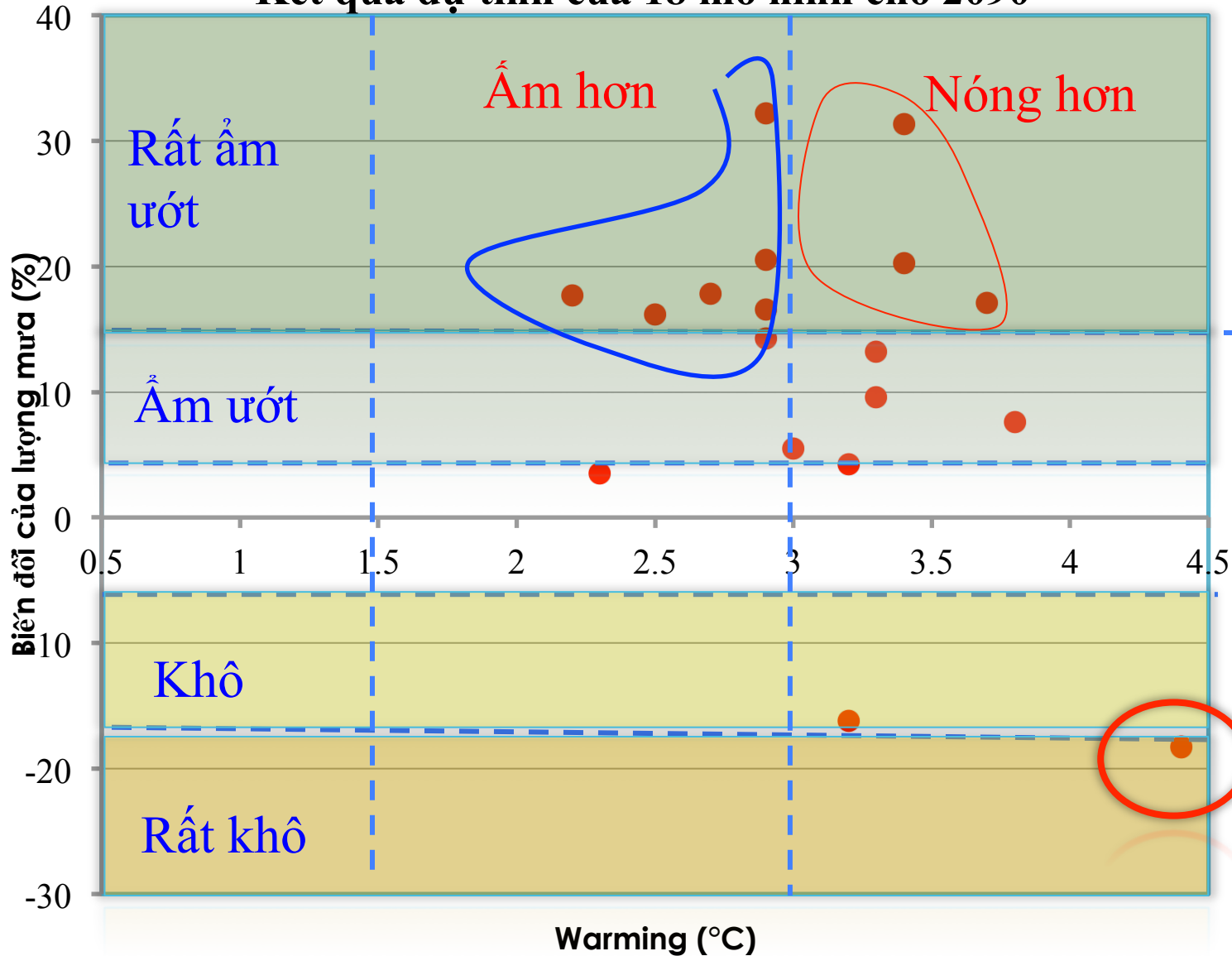
- ❁ Hệ thống khí hậu quá phức tạp
- ❁ Nhiều quá trình xảy ra trong hệ thống khí hậu con người chưa biết
- ❁ Không thể mô tả tất cả các quá trình xảy ra đó
- ❁ **Mọi mô hình đều SAI**
- ❁ Có mô hình sai ít, có mô hình sai nhiều
- ❁ Có mô hình chính xác hơn ở khía cạnh này, có mô hình chính xác hơn ở khía cạnh khác
- ❁ **Lý do tại sao phải sử dụng nhiều mô hình** (tương tự như lấy ý kiến nhiều người)

Độ tin cậy trong dự tính khí hậu

- ❁ Độ chính xác/sai số của các mô hình
 - ❁ Sự phức tạp của hệ thống khí hậu
 - ❁ Sự hiểu biết có giới hạn của con người về các thành phần trong hệ thống khí hậu cũng như mối tương tác giữa chúng
 - ❁ Sự hạn chế của các mô hình về mô tả các quá trình bằng các mô hình toán học
 - ❁ Sai số của việc rời rạc hóa các phương trình toán học theo không gian và thời gian
 - ❁ V.v.
- ❁ Các kết quả dự tính cho tương lai chỉ được đảm bảo ở mức độ tin cậy nhất định
- ❁ Một trong những phương pháp làm giảm tính bất định là sử dụng phương pháp tổ hợp

Độ tin cậy trong dự tính khí hậu

Kết quả dự tính của 18 mô hình cho 2090



- 3/18 mô hình dự tính KH **nóng hơn** và **rất ẩm ướt**
- 7/18 mô hình dự tính KH **ấm hơn** và **rất ẩm ướt**
- 1/18 mô hình dự tính KH **nóng hơn** và **rất khô hạn**
- v.v.