

Workshop CHERNOBYL:

Olhar o passado como lição para o futuro

Auditório de Furnas, Rua Real Grandeza 219; Rio de Janeiro, Brazil; 11/11/2019

Precisamos de eletricidade nuclear?

Abel J. González

Representative na UNSCEAR, Delegado na AIEA, ex-vice-presidente do ICRP e IRPA
Autoridade Reguladora Nuclear da Argentina; ✉ Av. del Libertador 8250; (1429) Buenos Aires, Argentina
☎ +54 1163231306; 📧 abel_j_gonzalez@yahoo.com

**O maior dano de Chernobyl
seria convencer nossos
políticos de que não
precisamos de energia nuclear!**

- Os acidentes de Chernobyl e Fukushima fizeram com que a sociedade duvidasse da necessidade de energia nuclear.
- O desbotamento da energia nuclear causará efeitos muito graves na população; no entanto, os acidentes nucleares causaram efeitos de radiação muito modestos na população.
- Como veremos agora: a energia nuclear é

essencial!

**Minha apresentação é baseada
nas conclusões de três
organismos internacionais
independentes**

Nuclear Power in a Clean Energy System



May
2019

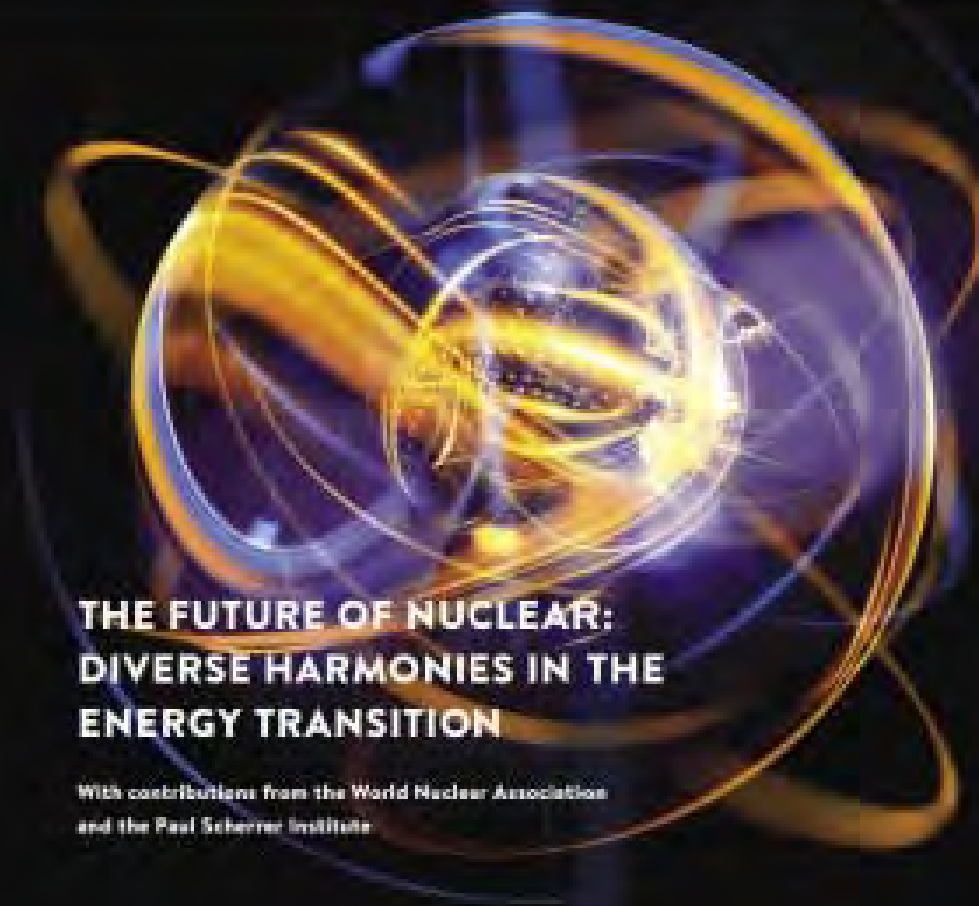
**Agência
Internacional
de Energia**

Conclusões do relatório da AIE sobre energia nuclear em um sistema de energia limpa

- Deixar de investir em usinas nucleares teria implicações para emissões, custos e energia segurança.
- É necessário um forte apoio político para garantir investimento em energia nuclear.
- Os mercados de eletricidade devem valorizar a energia limpa e atributos de segurança energética da energia nuclear.
- Os processos de licenciamento devem suportar novos construção e não levar a atrasos no projeto e aumento de custos.

WORLD
ENERGY
COUNCIL

World Energy Scenarios | 2019



**THE FUTURE OF NUCLEAR:
DIVERSE HARMONIES IN THE
ENERGY TRANSITION**

*With contributions from the World Nuclear Association
and the Paul Scherrer Institute*

Conselho Mundial de Energia

Conclusões do relatório do Conselho Mundial da Energia sobre os cenários mundiais de energia

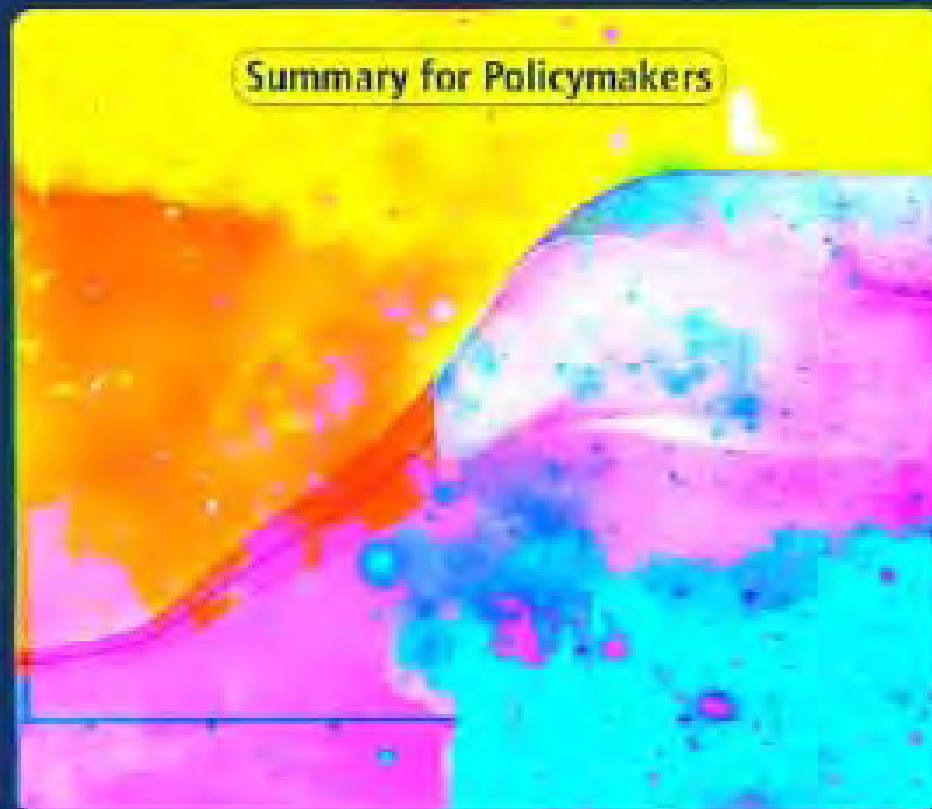
- **A energia nuclear é uma das mais econômicas fontes de eletricidade em muitos países.**
- **Energia nuclear contribui com carbono limpo e com baixo teor de carbono estabilidade de energia e sistema, que atualmente não estão incluídos na comparação de custos somente de geração**

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Global Warming of 1.5°C

An IPCC Special Report on the Impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty



WG I WG II WG III



**Painel
Inter-
governamental
de Mudanças
Climáticas**

Contribuição para a mitigação da mudança climática

- **A nuclear evita a emissão de mais de 2500 milhões de toneladas de dióxido de carbono a cada ano, em comparação com os combustíveis fósseis.**
- **Equivale a remover cerca de 400 milhões de carros das estradas do mundo**

O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) sobre *O Aquecimento Global de 1,5 °C*

IPCC identifica os seguintes caminhos a redução de emissões para limitar as mudanças climáticas a 1,5°C:

- Aumento da nuclear em média de 2,5 vezes em 2050 nos 86 cenários revisados pelo IPCC.**
- A IPCC cenário 'meio da estrada' (cinco vezes de aumento nuclear), contribuiria 25% do mix de eletricidade em 2050.**

**O cenário internacional da um
sistema de energia elétrica limpo:**

Energia nuclear

3 Pontos de Referência

1.

A energia nuclear e a hidrelétrica formam a espinha dorsal da geração de eletricidade com baixo carbono:

eles fornecem três quartos da geração global de baixo carbono.

2.

Nos últimos 50 anos, o uso de energia nuclear reduziu as emissões de dióxido de carbono (CO²) em mais de 60 gigatoneladas, o que equivale a quase dois anos de emissões relacionadas à energia em todo o mundo.

3.

No entanto, exatamente quando o mundo exige mais eletricidade com baixo teor de carbono, nas economias avançadas, a energia nuclear começou a desaparecer, com o fechamento de usinas e com poucos investimentos novos.

- Este relatório enfoca os fatores que colocam a energia nuclear em risco de um declínio futuro.
- Sem ação, a energia nuclear nas economias avançadas pode diminuir em 2/3 até 2040.
- Analise as implicações desse "**caso de desvanecimento nuclear**" para
 - custos,
 - emissões de CO2 e
 - segurança da eletricidade

Conteúdo

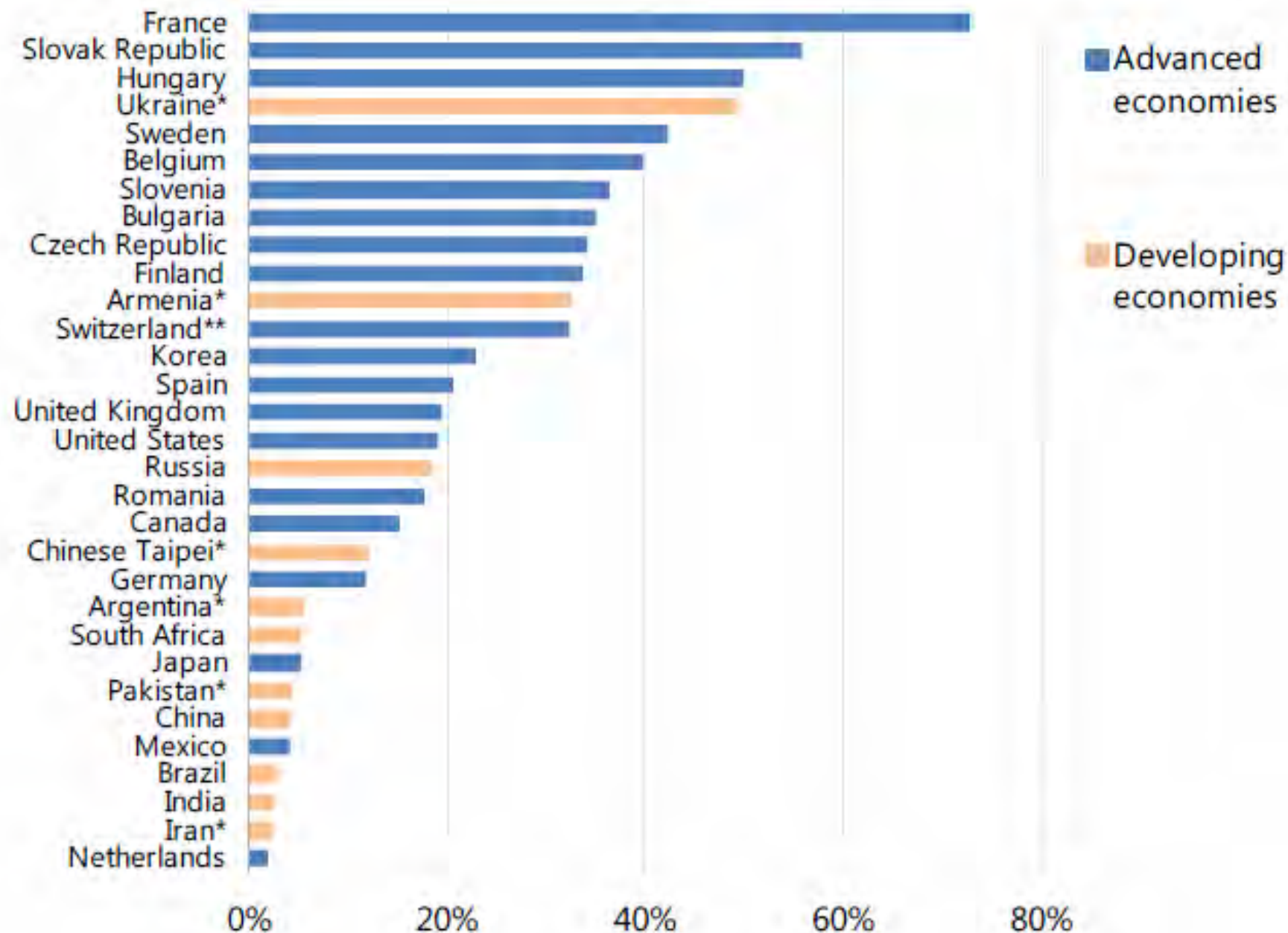
- 1. Panorama atual da energia nuclear.**
- 2. A economia nuclear nos países avançados.**
- 3. Impactos do menor investimento nuclear.**
- 4. Sustentabilidade com menos energia nuclear.**
- 5. Políticas para promover o investimento nuclear.**
- 6. Sumário**
- 7. Epílogo: Recomendações, reflexões pessoais.**

1.

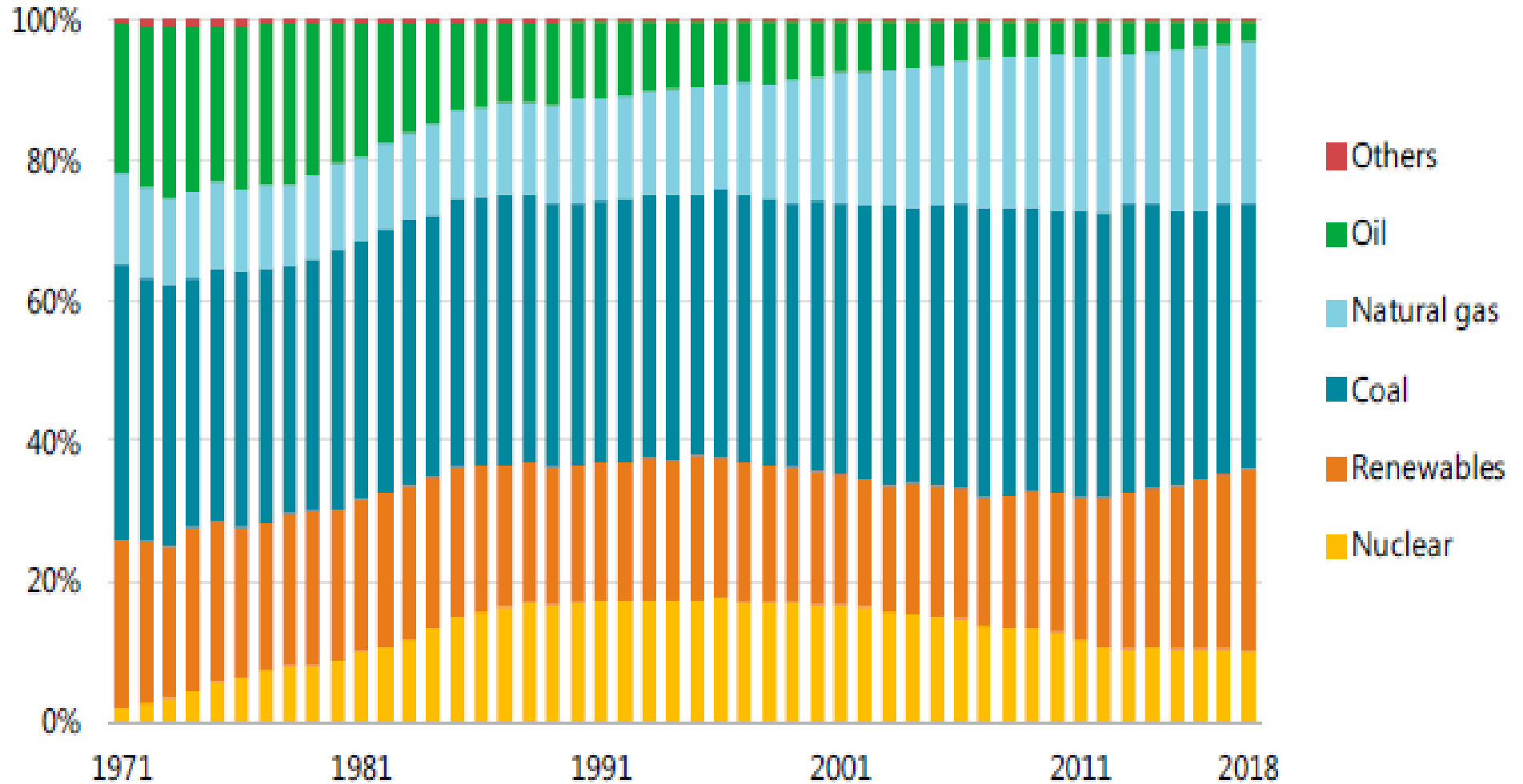
**Panorama atual da energia
nuclear**

**Papel da energia nuclear no
fornecimento global de
eletricidade**

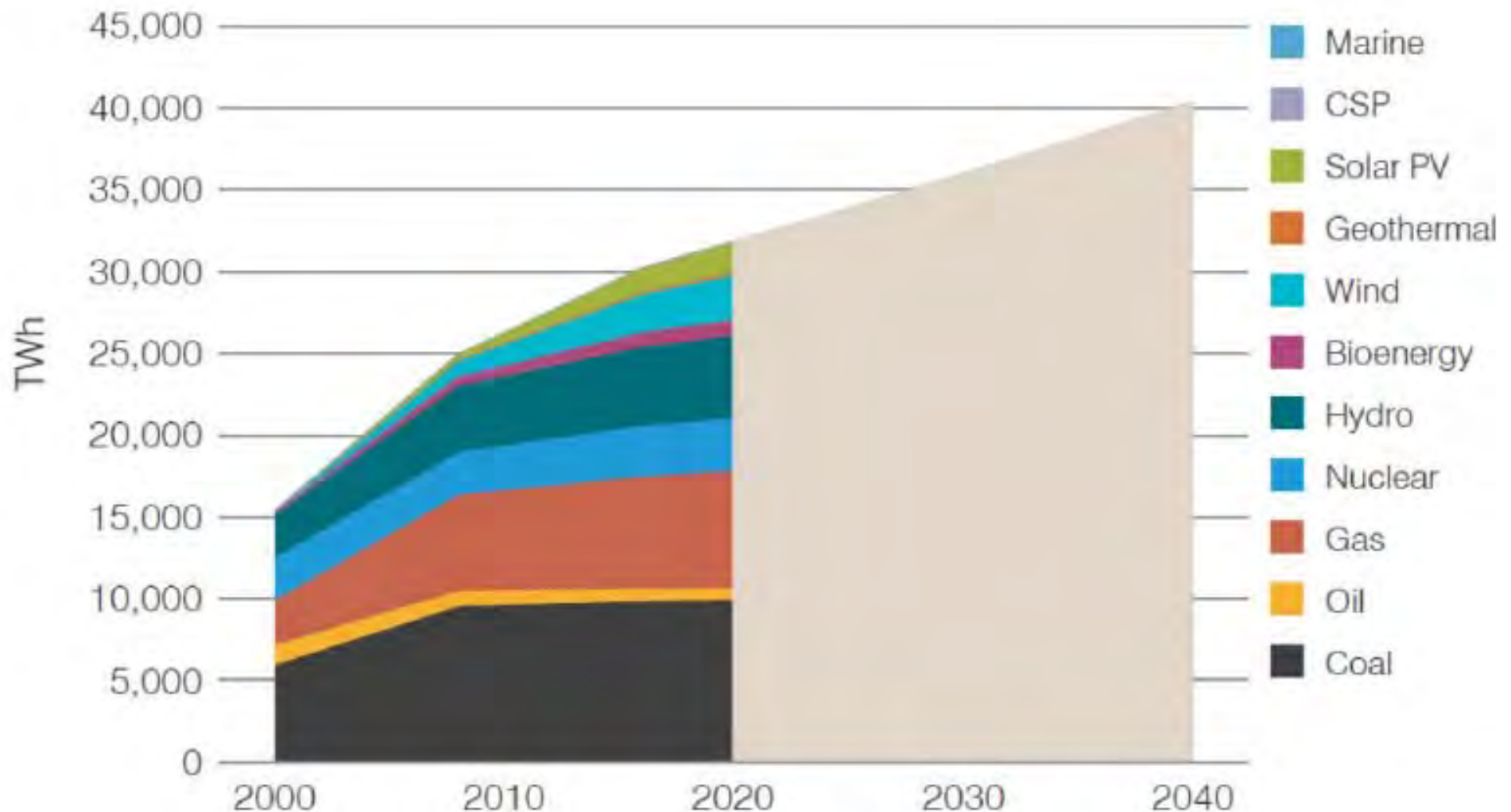
Participação da energia nuclear na geração total de eletricidade por país, 2018



Participação de fontes de energia na geração global de eletricidade



A necessidade de eletricidade continuará a aumentar...



..mas novas plantas são poucas..

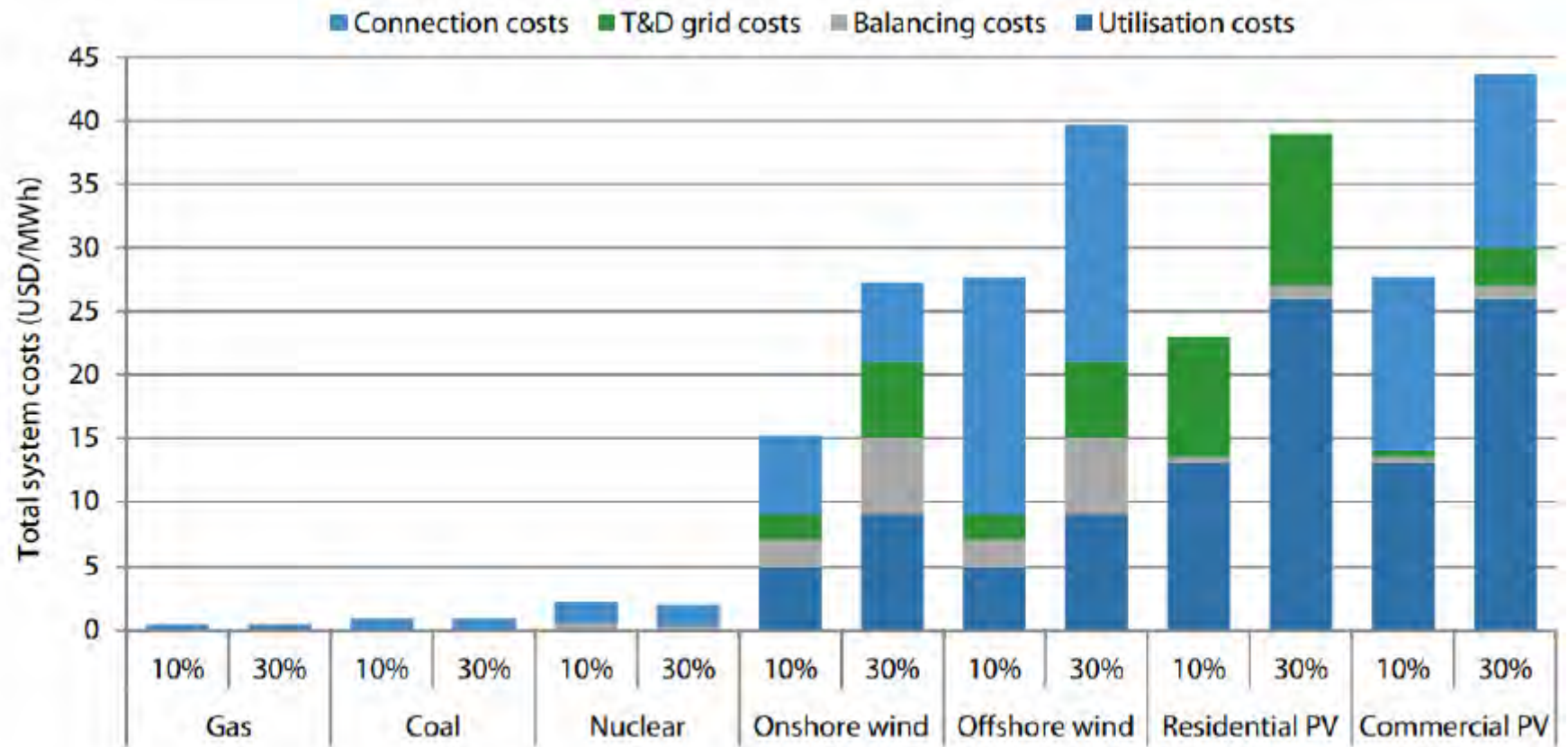
Início de novos reatores em 2018-19

1. Russia: Rostov-4
2. Russia: Leningrad 2-1
3. China: Yangjiang 5
4. China: Taishan 1
5. China: Sanmen 1
6. China: Haiyang 1
7. China: Sanmen 2
8. China: Haiyang 2
9. China: Tianwan 4
10. South Korea: Shin Kori 4
11. Russia: Novovoronezh 2-2
12. China: Taishan 2
13. China: Yangjiang 6

Arranques programados até 2020

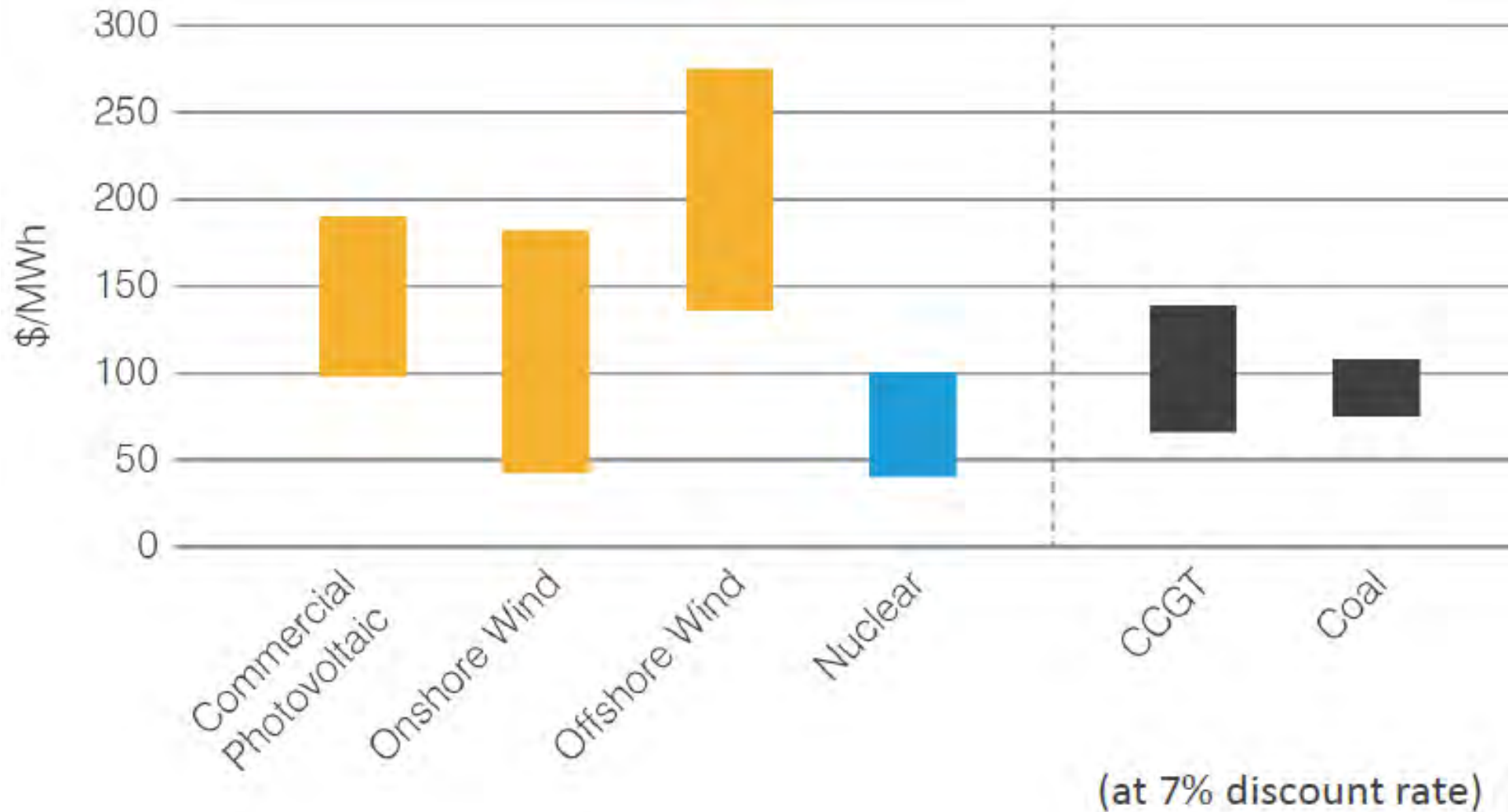
1. 2019 Belarus Ostrovets 1 1194
2. 2019 China, Fangchenggang 3 1180
3. 2019 China, Fuqing 5 1150
4. 2019 China, Hongyanhe 5 1119
5. 2019 China, Huaneng 210
6. 2019 Russia, Pevek FNPP 70
7. 2020 Belarus, Ostrovets 2 1194
8. 2020 China, Hongyanhe 6 1119
9. 2020 China, Fangchenggang 41180
10. 2020 China, Fuqing 6 1150
11. 2020 China, Tianwan 5 1118
12. 2020 Finland, Olkiluoto 3 1720
13. 2020 India, Kalpakkam PFBR 500
14. 2020 Japan, Shimane 3 1373
15. 2020 Korea, Shin Hanul 1 1400
16. 2020 Russia, Leningrad II-2 1170
17. 2020 Slovakia, Mochovce 3 471
18. 2020 UAE, Barakah 1 1400

Custo real

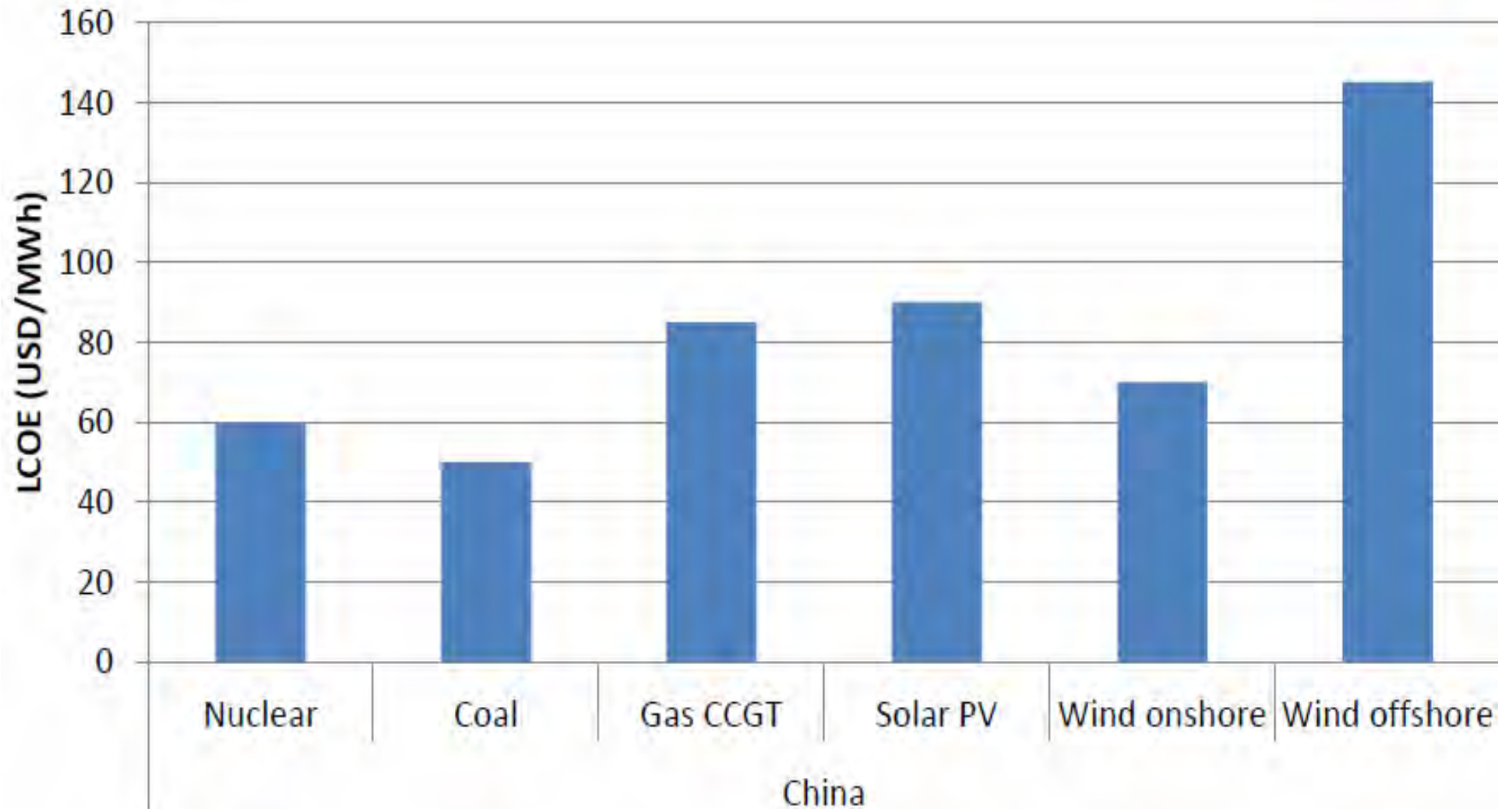


Source: OECD-NEA, OECD-NEA, 2018, *The Full Costs of Electricity Provision*

Custo nivelado da eletricidade- Global

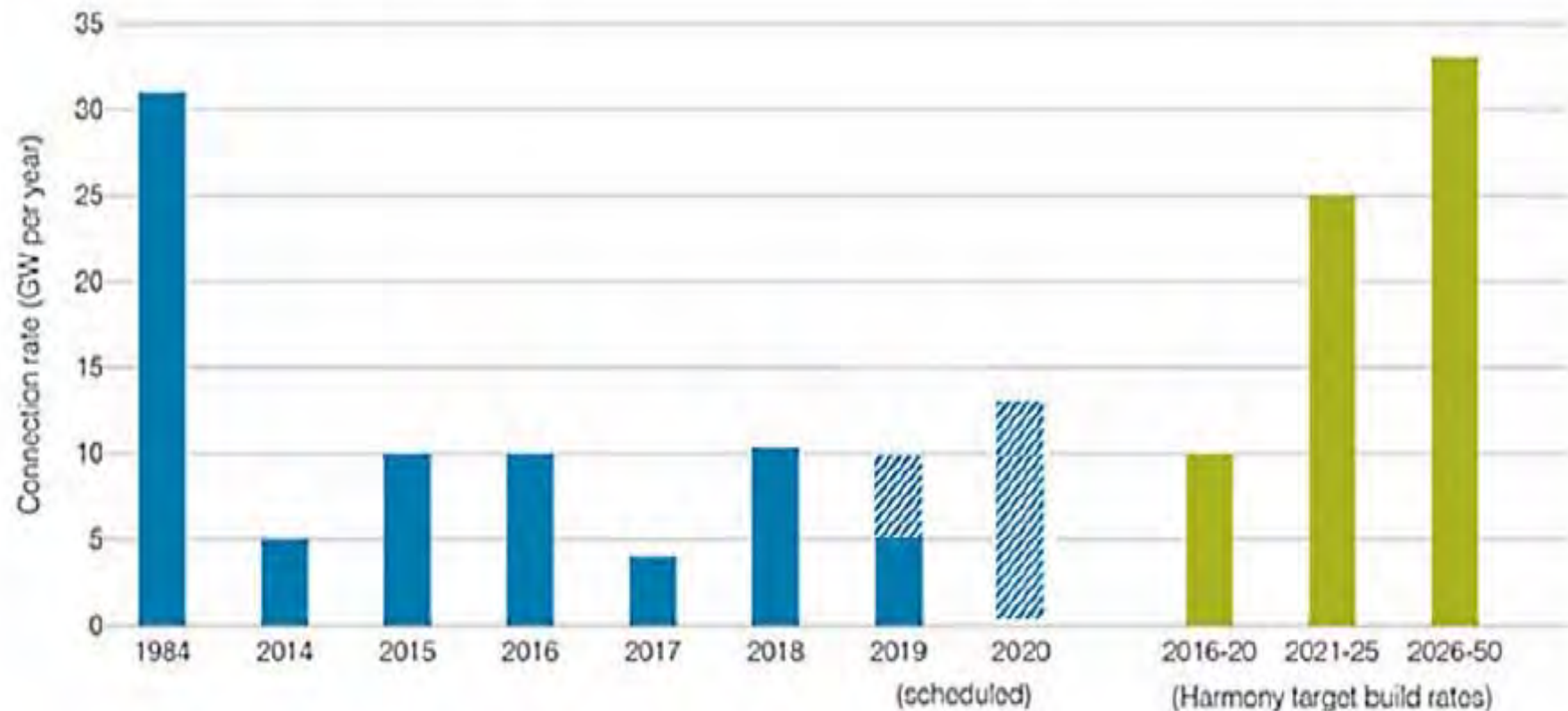


Custo nivelado da eletricidade- China

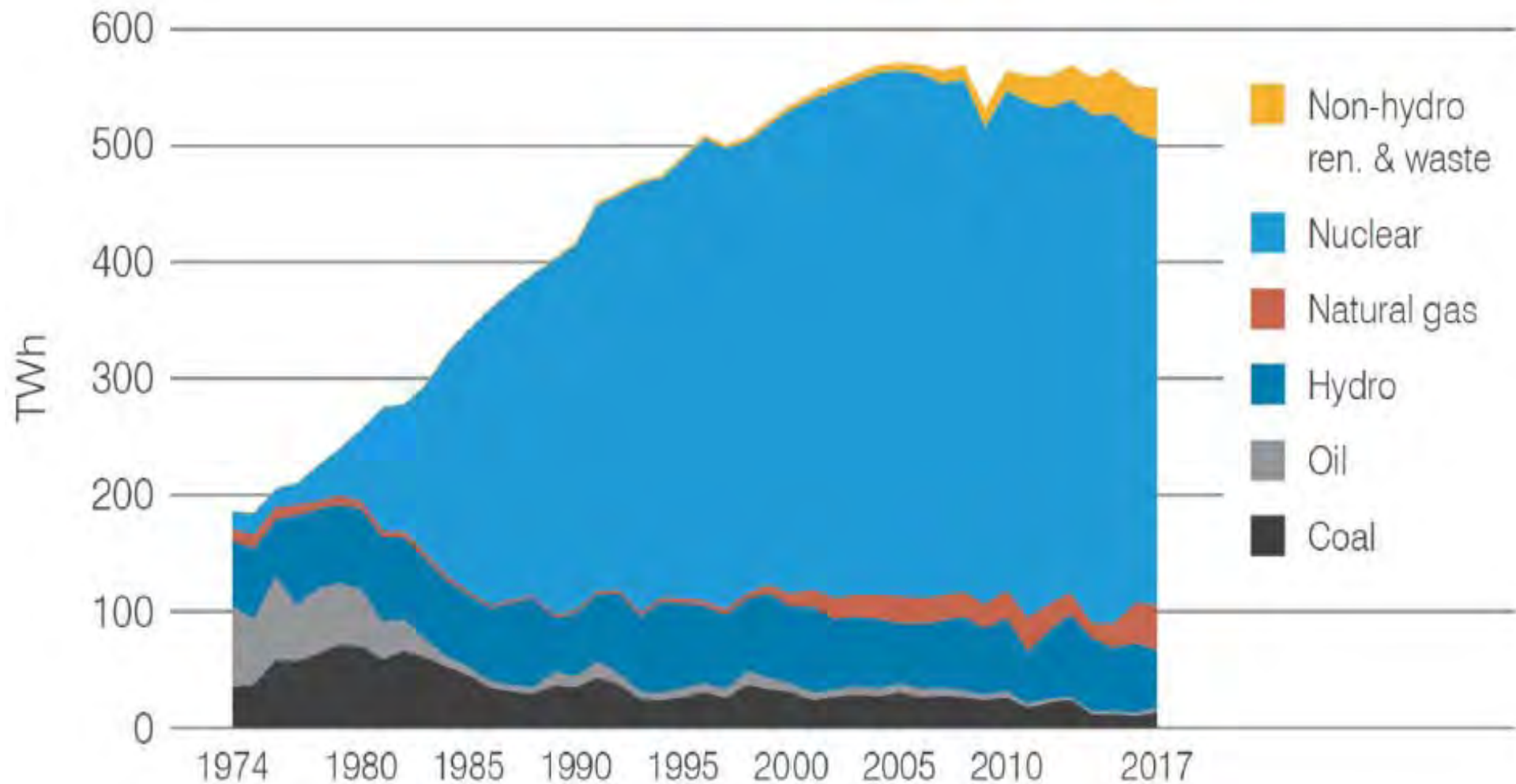


**A taxa de construção
dobrou de tendência de
menos de 5GW / ano
para 10GW / ano**

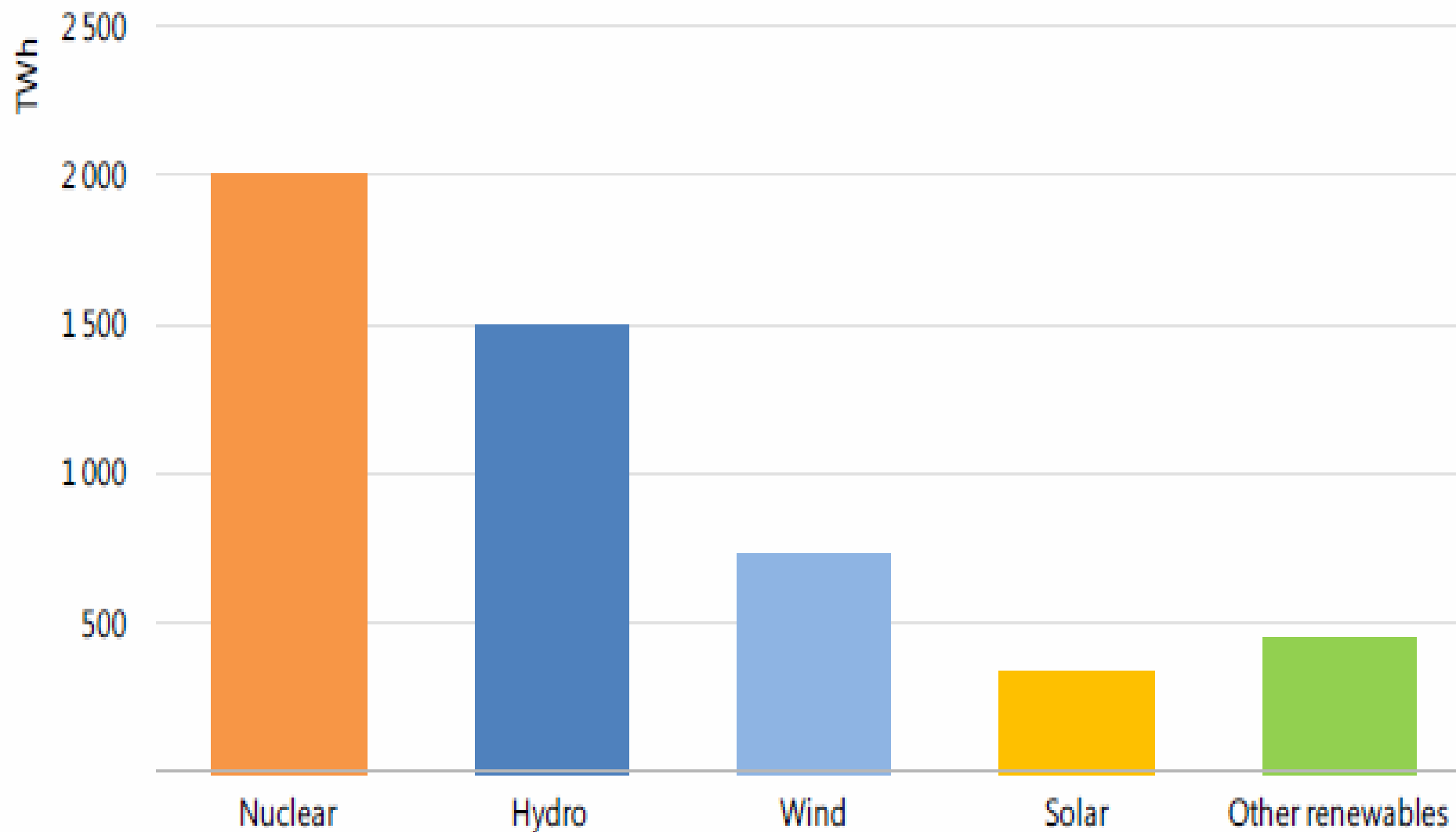
**Mas precisamos
triplicar do nível de
hoje!!!**



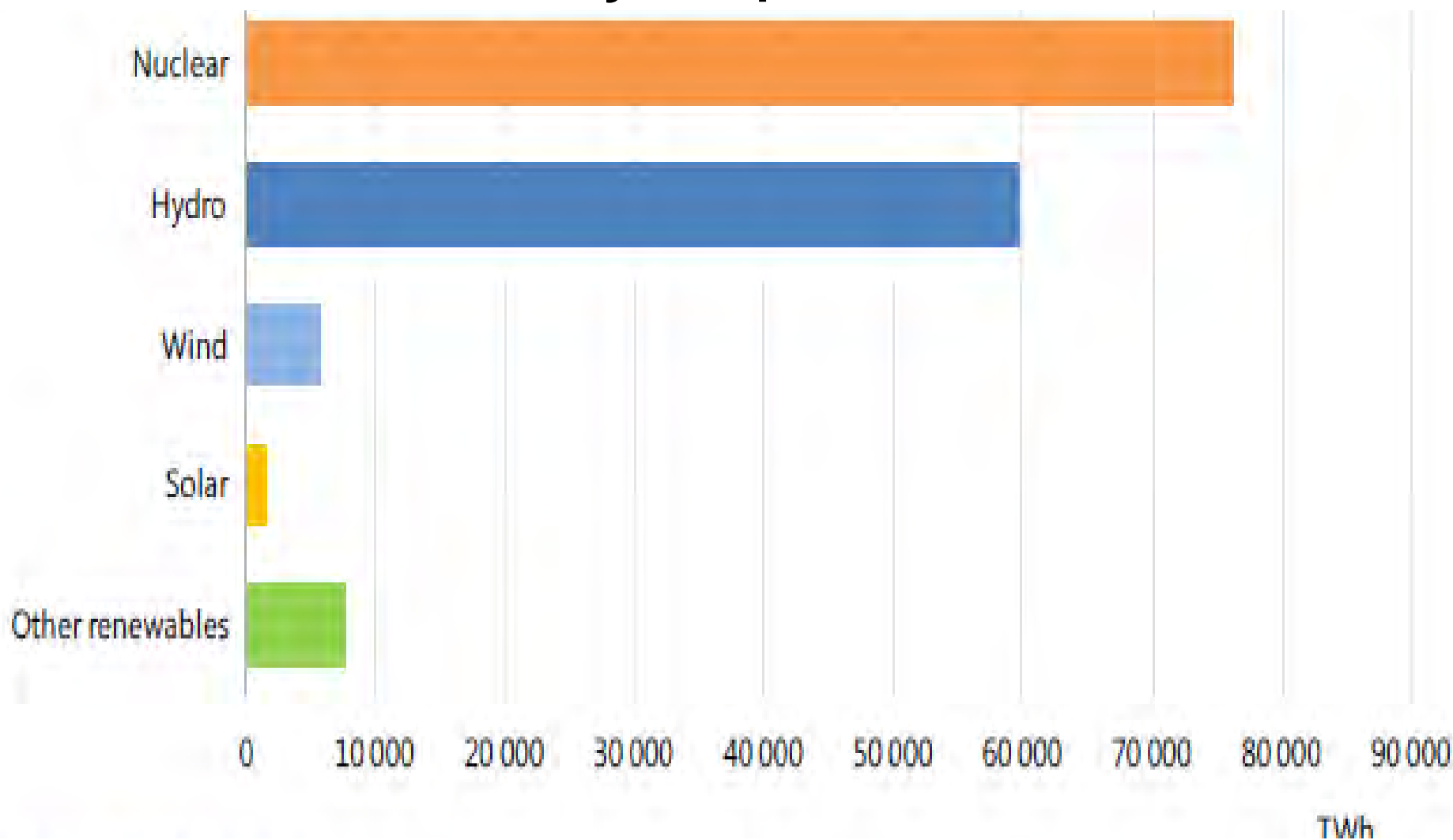
Será necessária descarbonização (exemplo da França)



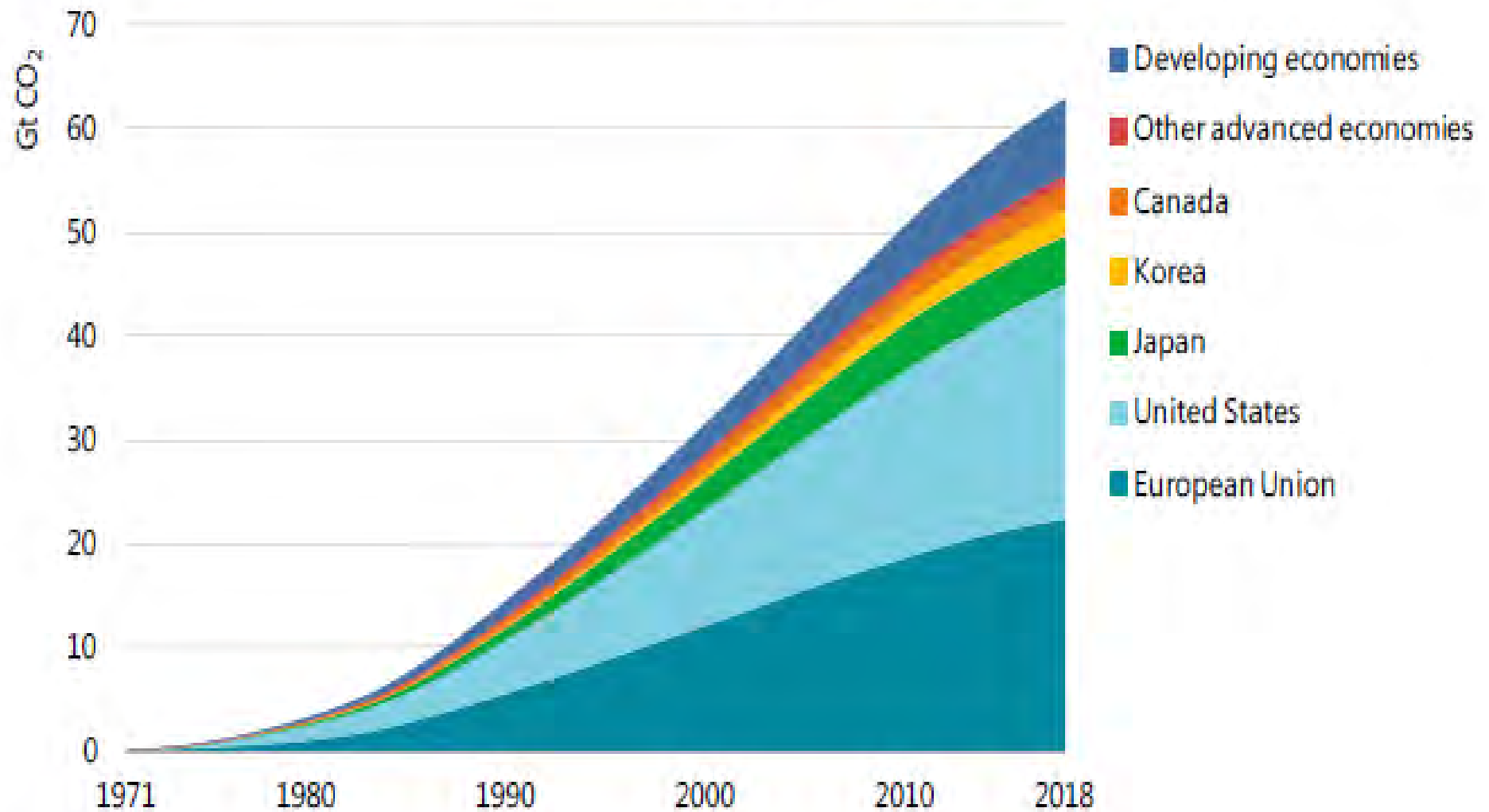
Geração de eletricidade com baixo carbono nas economias avançadas por fonte, 2018



Geração cumulativa de eletricidade de baixo carbono nas economias avançadas por fonte, 1971-2018

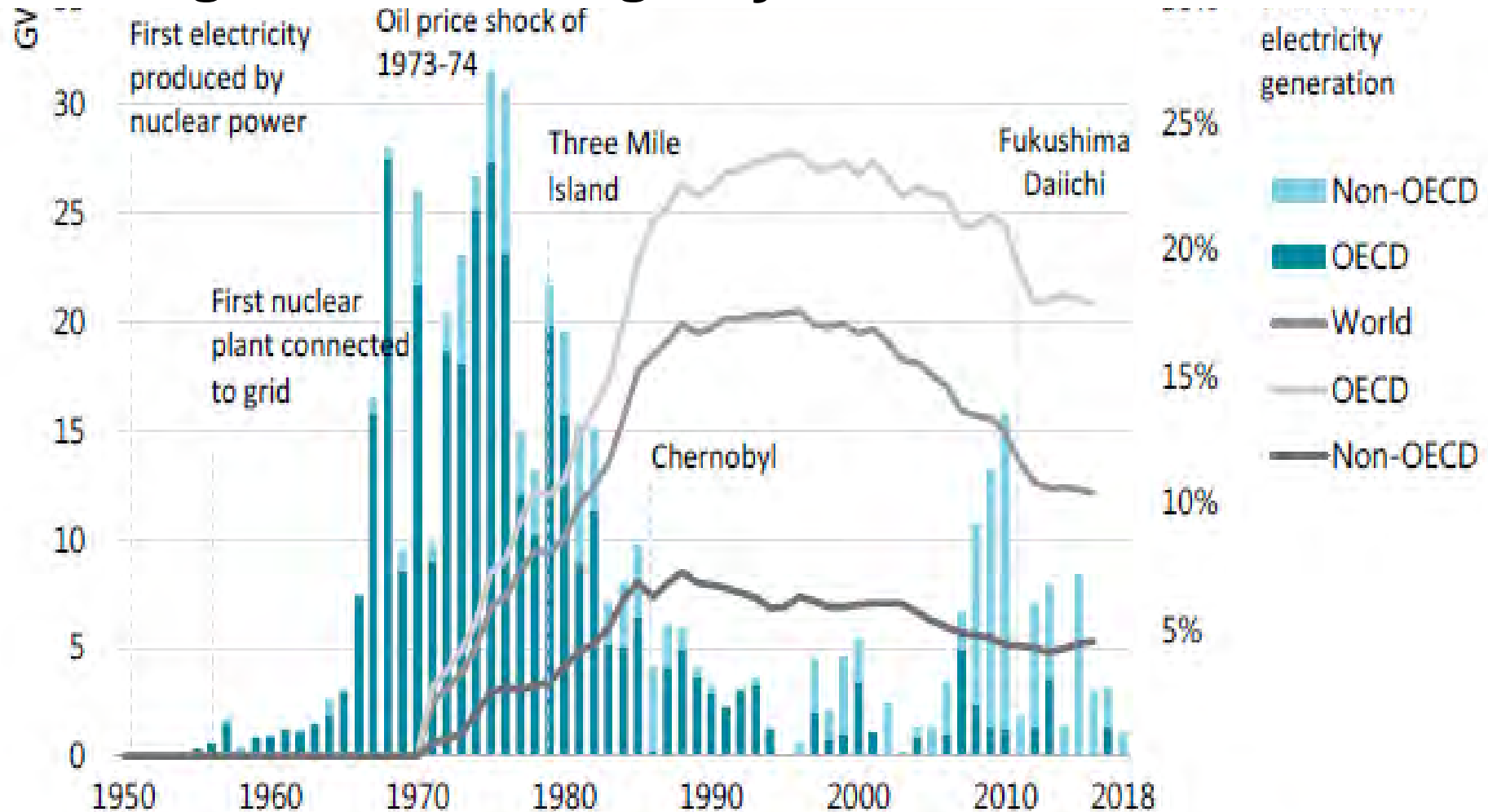


Emissões cumulativas de CO2 evitadas pela energia nuclear até o momento

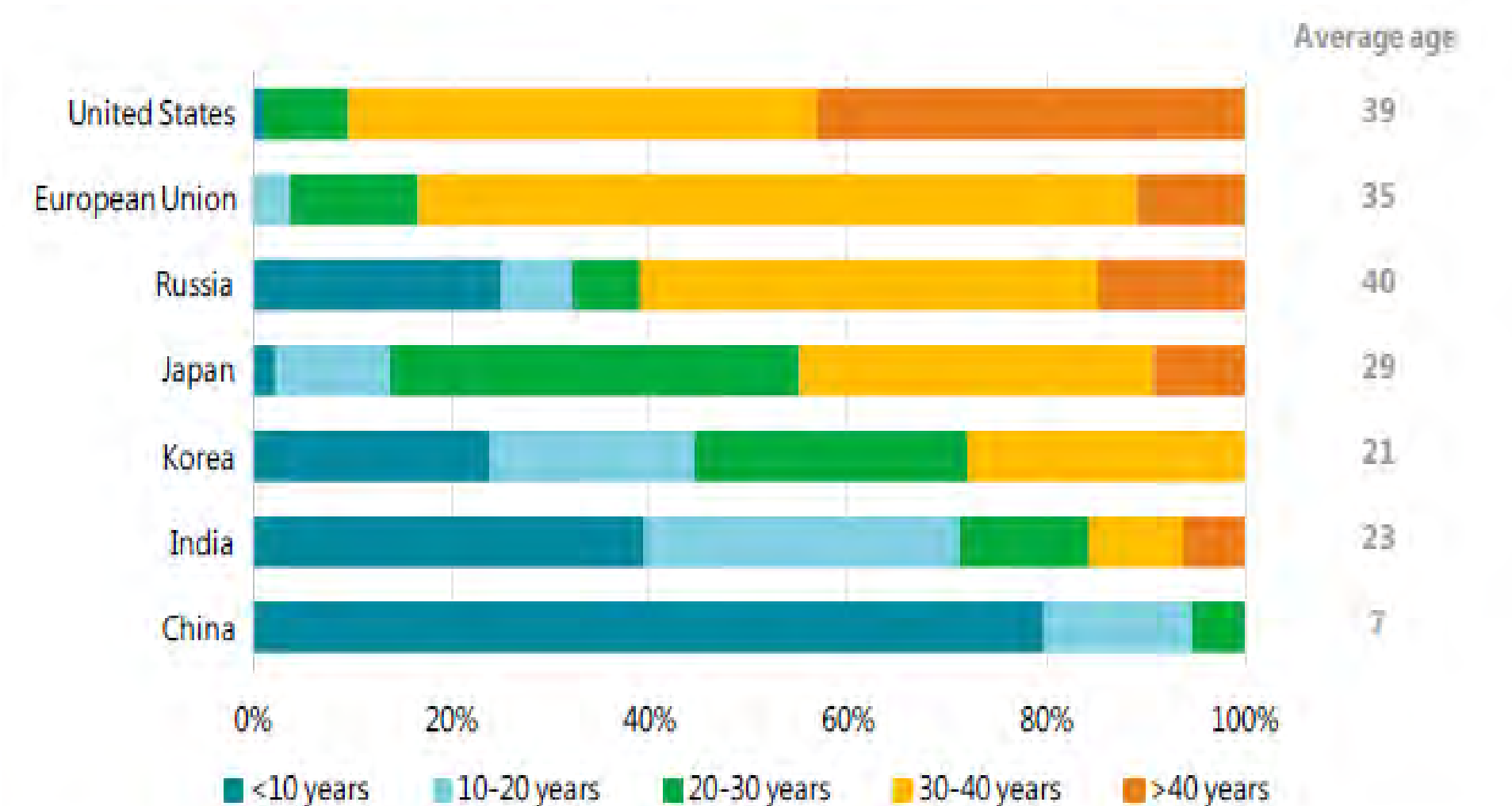


**Reatores nucleares em
economias avançadas estão
envelhecendo**

Início da construção de reatores e participação da energia nuclear na geração total de eletricidade.



Perfil etário da capacidade de energia nuclear em países/regiões selecionados

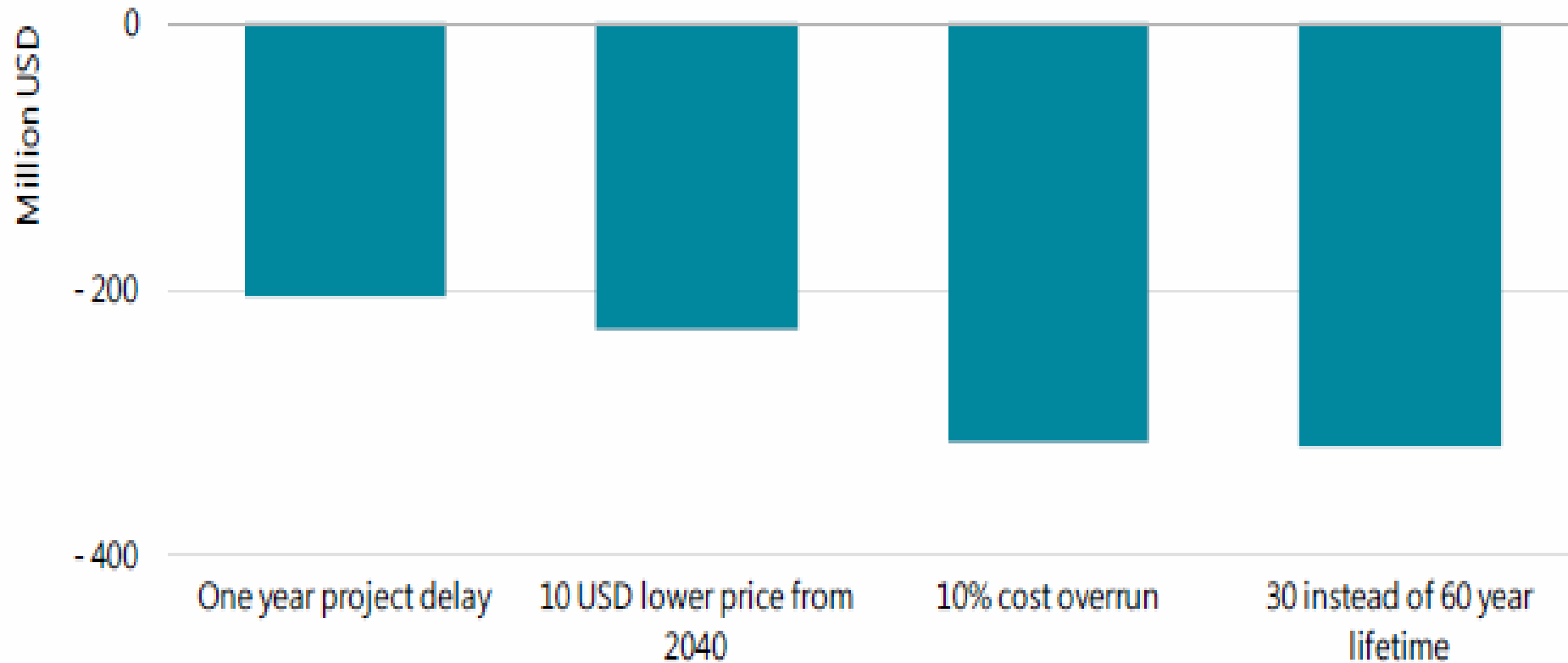


**Energia nuclear ajuda a
fortalecer a segurança
energética**

Perspectivas de plantas existentes em economias avançadas

- **O destino dos reatores envelhecidos depende de decisões políticas**
- **As pressões do mercado podem levar a saques antecipados**
- **Existem barreiras ao investimento em novas usinas nucleares**
- **Grandes necessidades de capital e horizontes de longo prazo aumentam os riscos de novos projetos**

Impacto de vários riscos no valor presente líquido de um projeto de energia nuclear de 1 GW com renda garantida até 2040

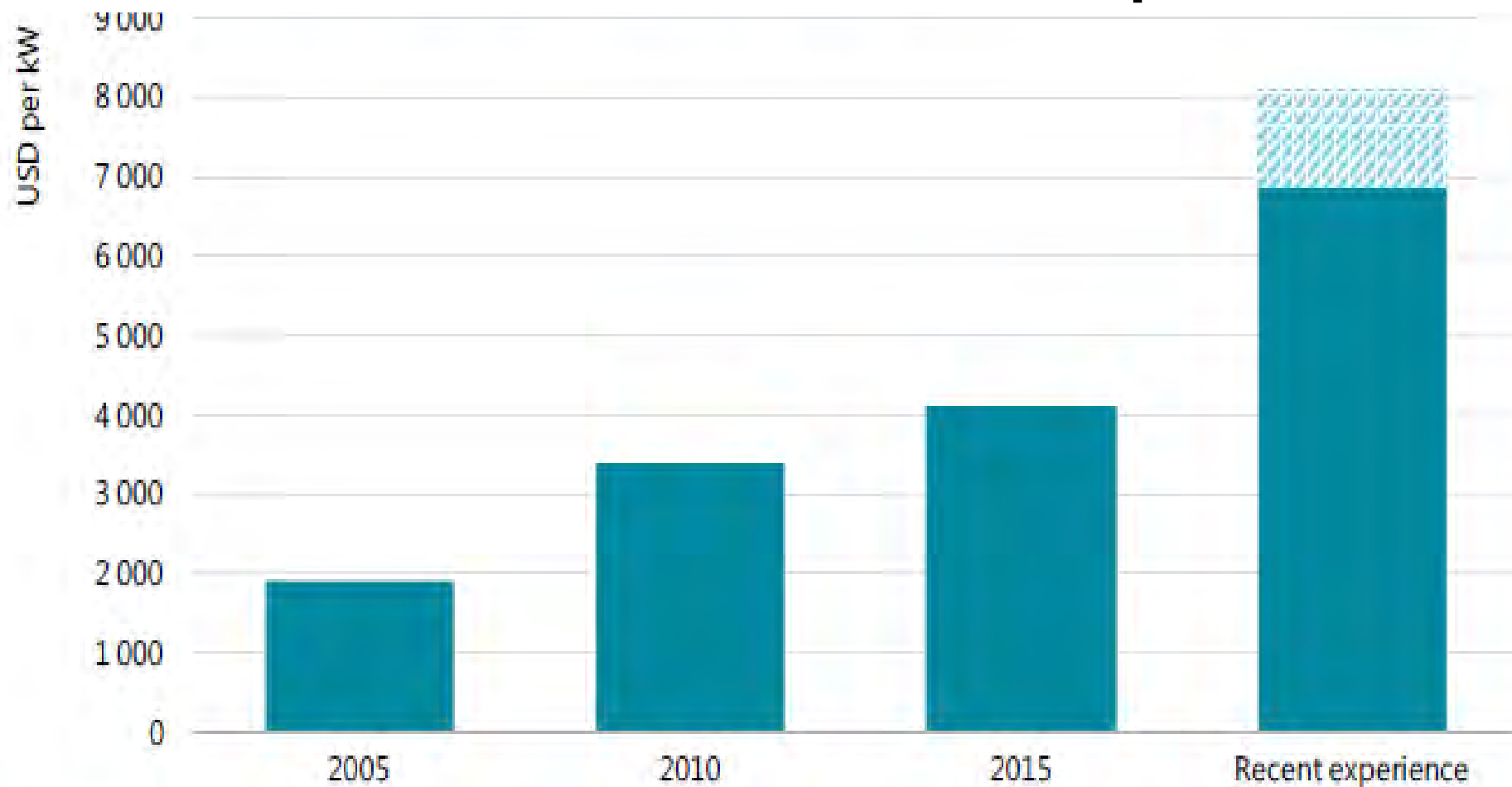


Nota: Todas as sensibilidades são comparadas a um projeto nuclear que envolve um custo de investimento de US \$ 4,5 bilhões por GW, um tempo de construção de seis anos, uma vida útil de 60 anos e um custo de capital de 7%

Perspectivas de plantas existentes em economias avançadas

- Os riscos políticos estão crescendo.
- Problemas na construção, atrasos nos projetos e custos excessivos assustam os investidores.

Custo projetado de energia nuclear e experiência recente nos Estados Unidos e Europa Ocidental

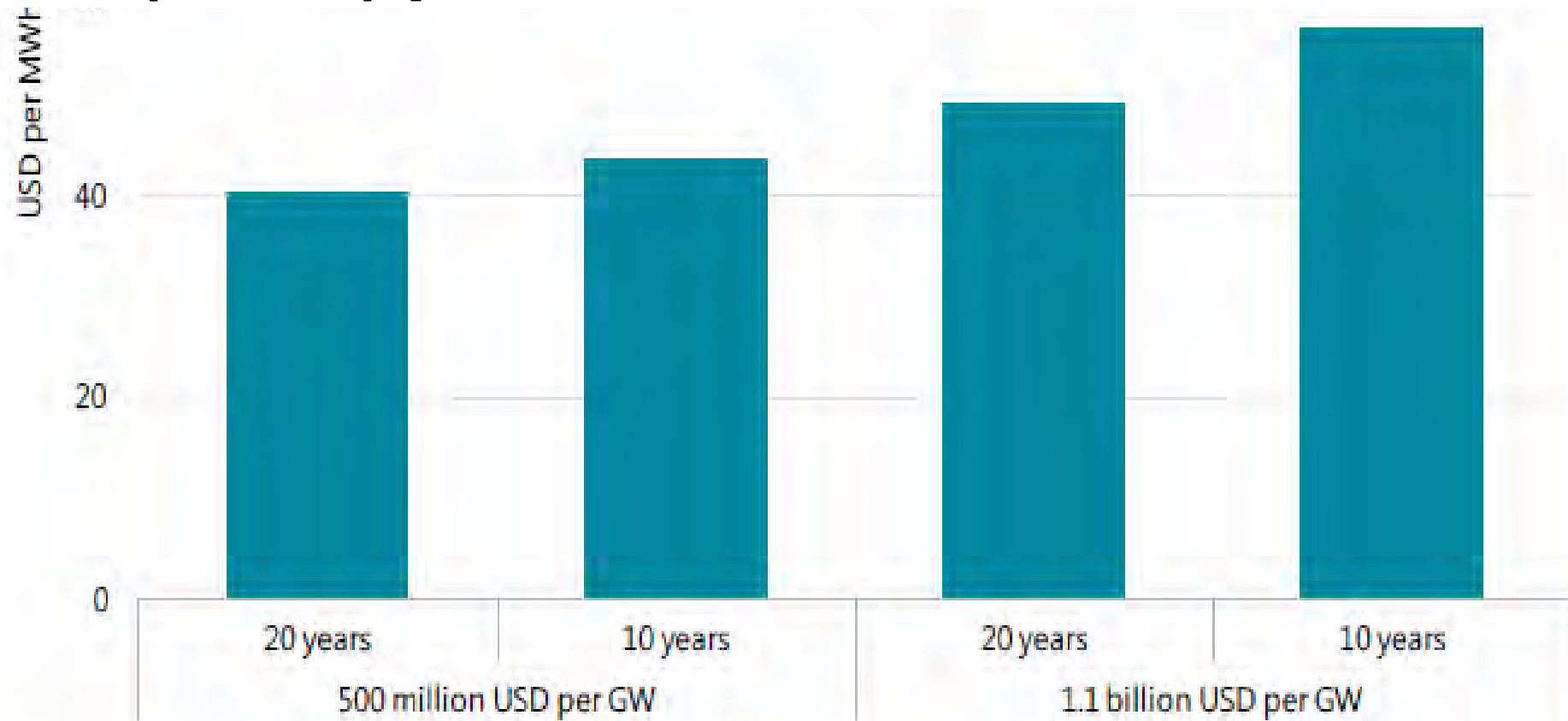


2.

**A economia nuclear nos
países avançados**

**As extensões de vida são uma
fonte de eletricidade com preços
competitivos**

Nível indicativo do custo da eletricidade (LCOE) para extensões da vida nuclear

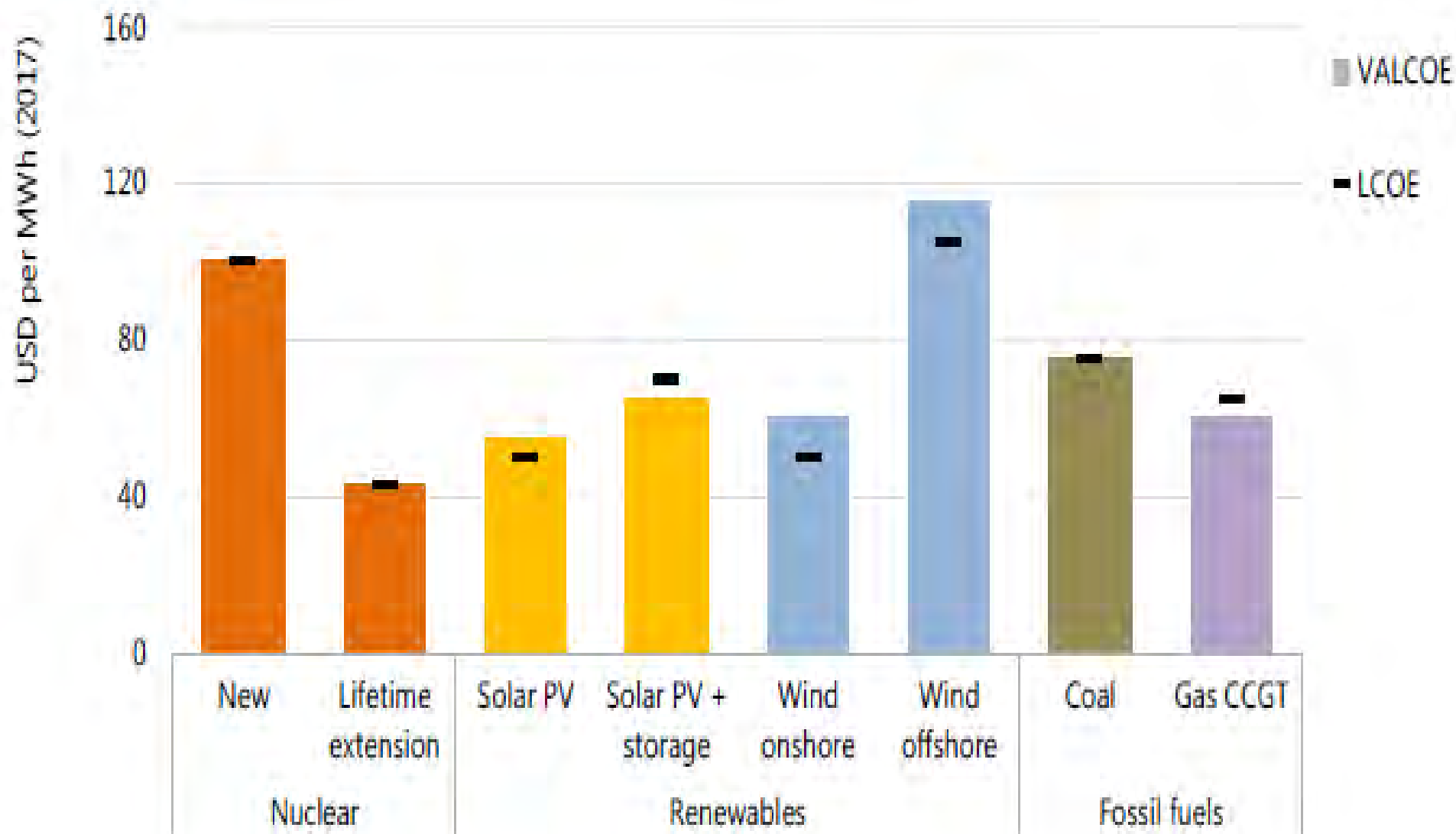


O LCOE é o custo médio total para construir e operar uma usina durante sua vida útil, dividido pela produção total de energia da usina durante o mesmo período.

O LCOE é baseado em um custo médio ponderado de capital (WACC) de 8%, um fator de capacidade anual de 85%, um período de renovação de dois anos e US \$ 170 por kW de custos anuais de O&M.

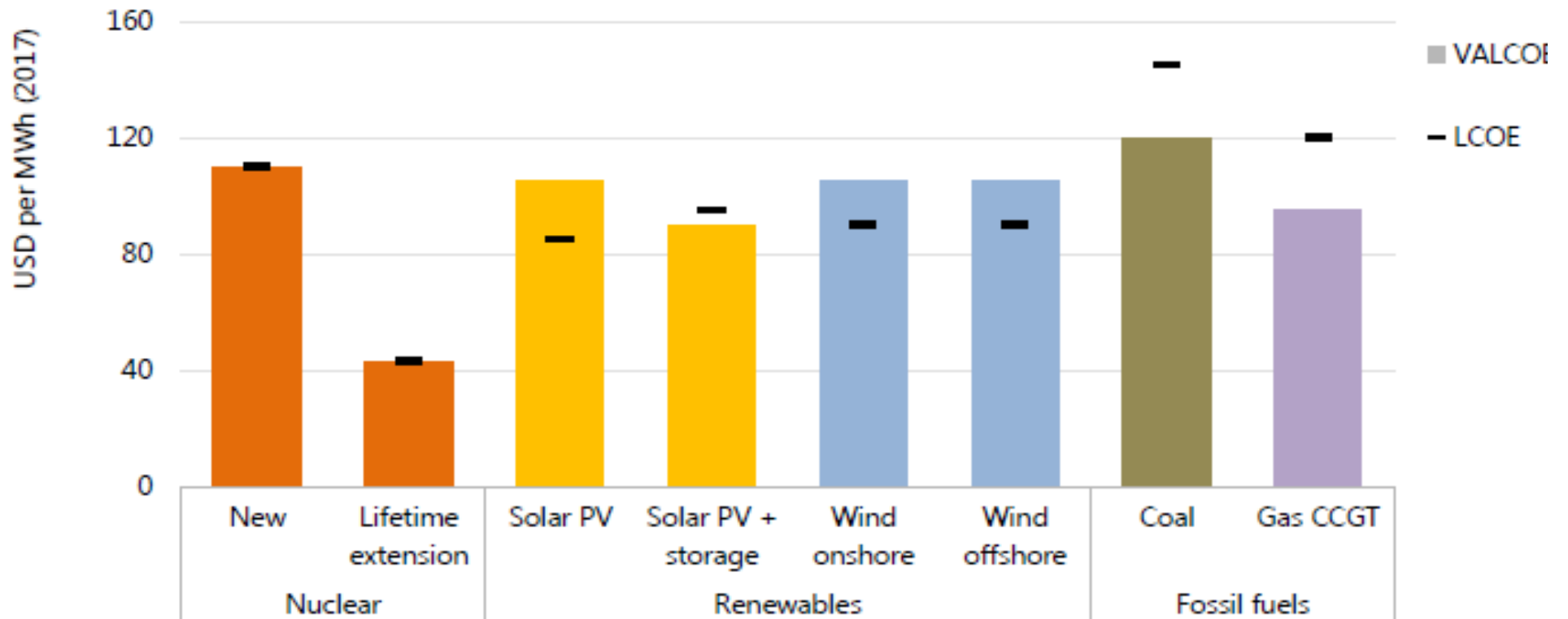
LCOE projetado e LCOE ajustado por valor por tecnologia, 2040

a) United States



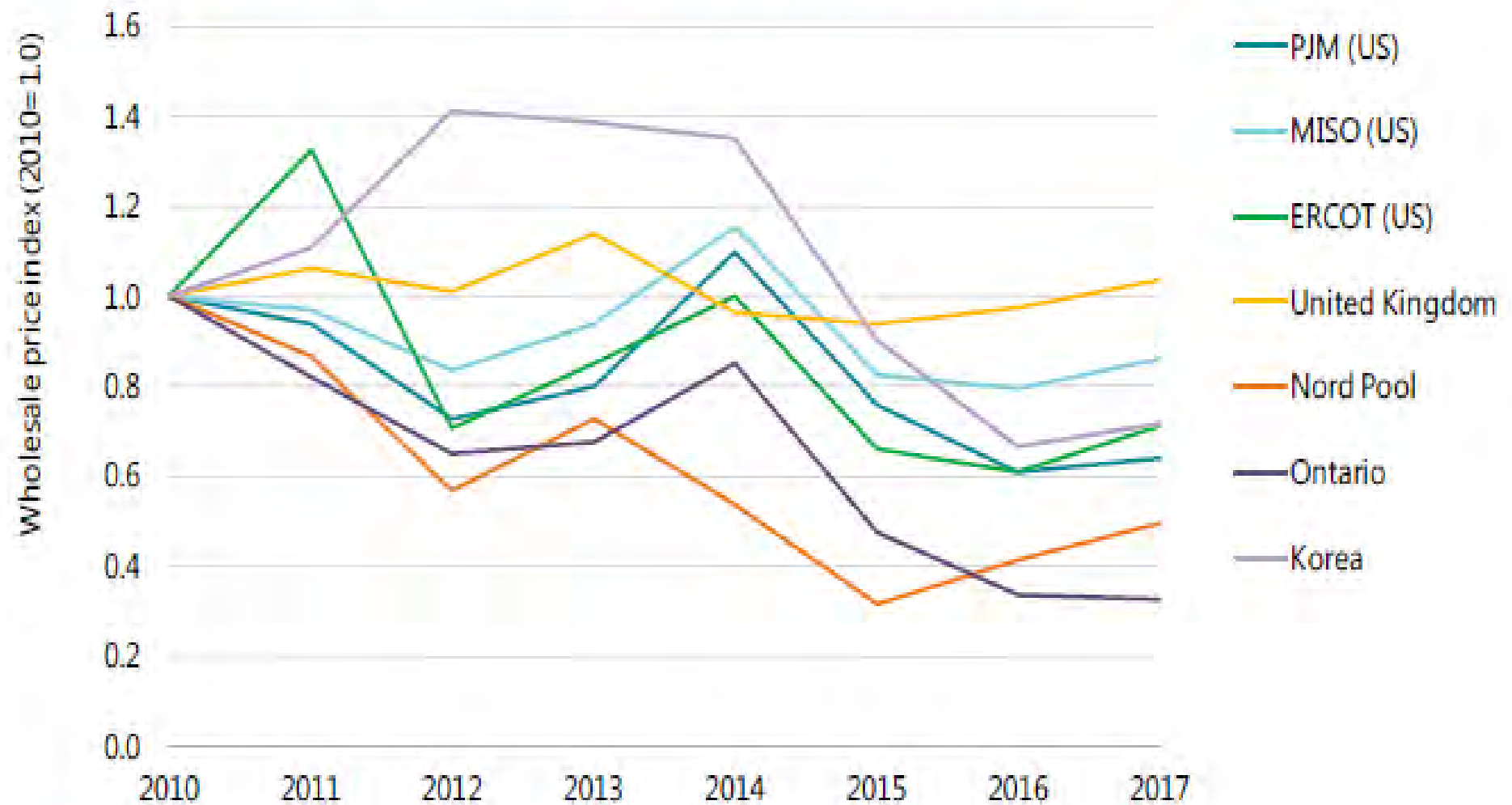
LCOE proyectado y LCOE ajustado por valor por tecnología, 2040

b) European Union



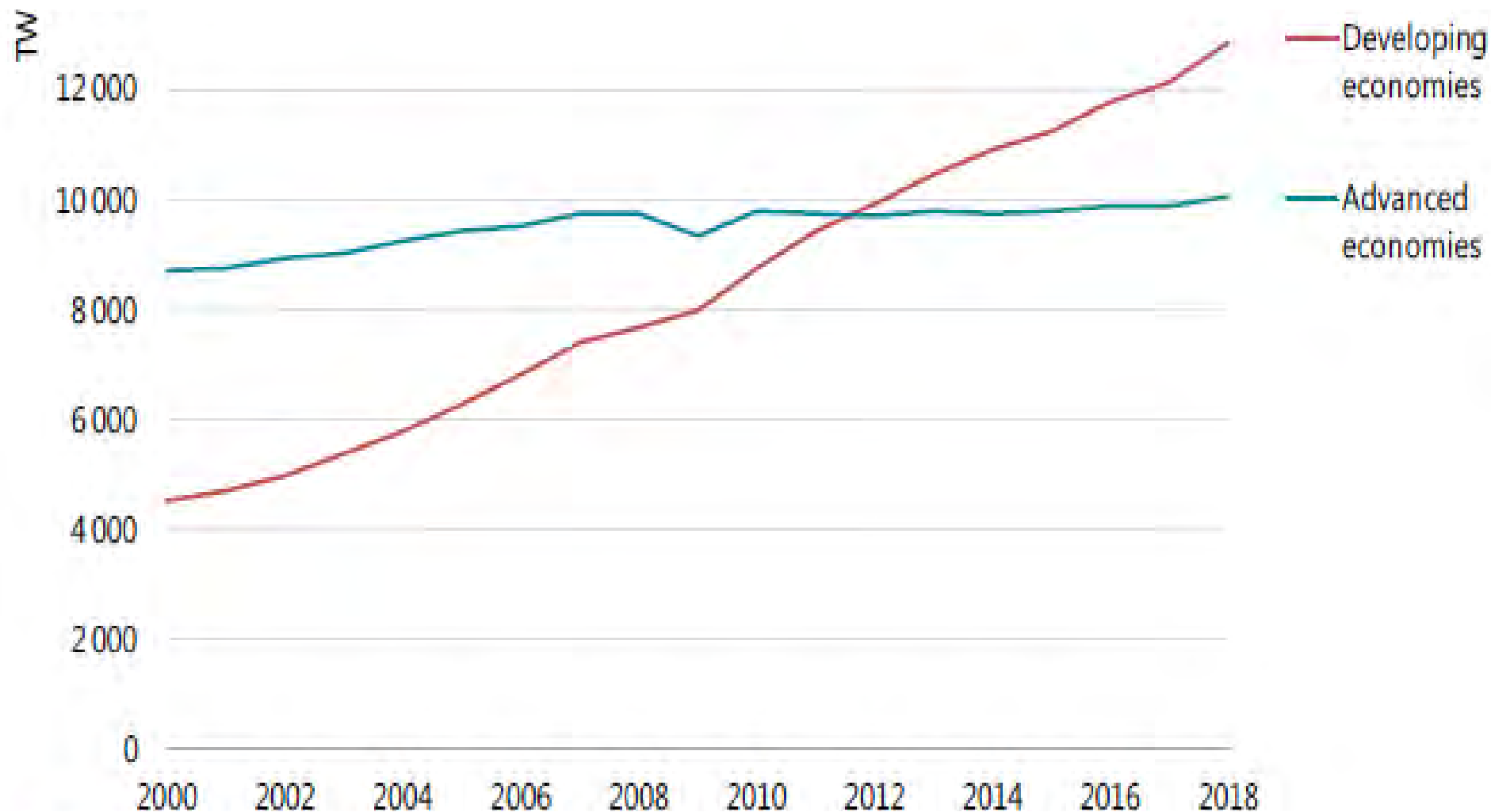
Factores que afectan los ingresos mayoristas de energía de las centrales nucleares

Precios al por mayor de electricidad en mercados de economía avanzada



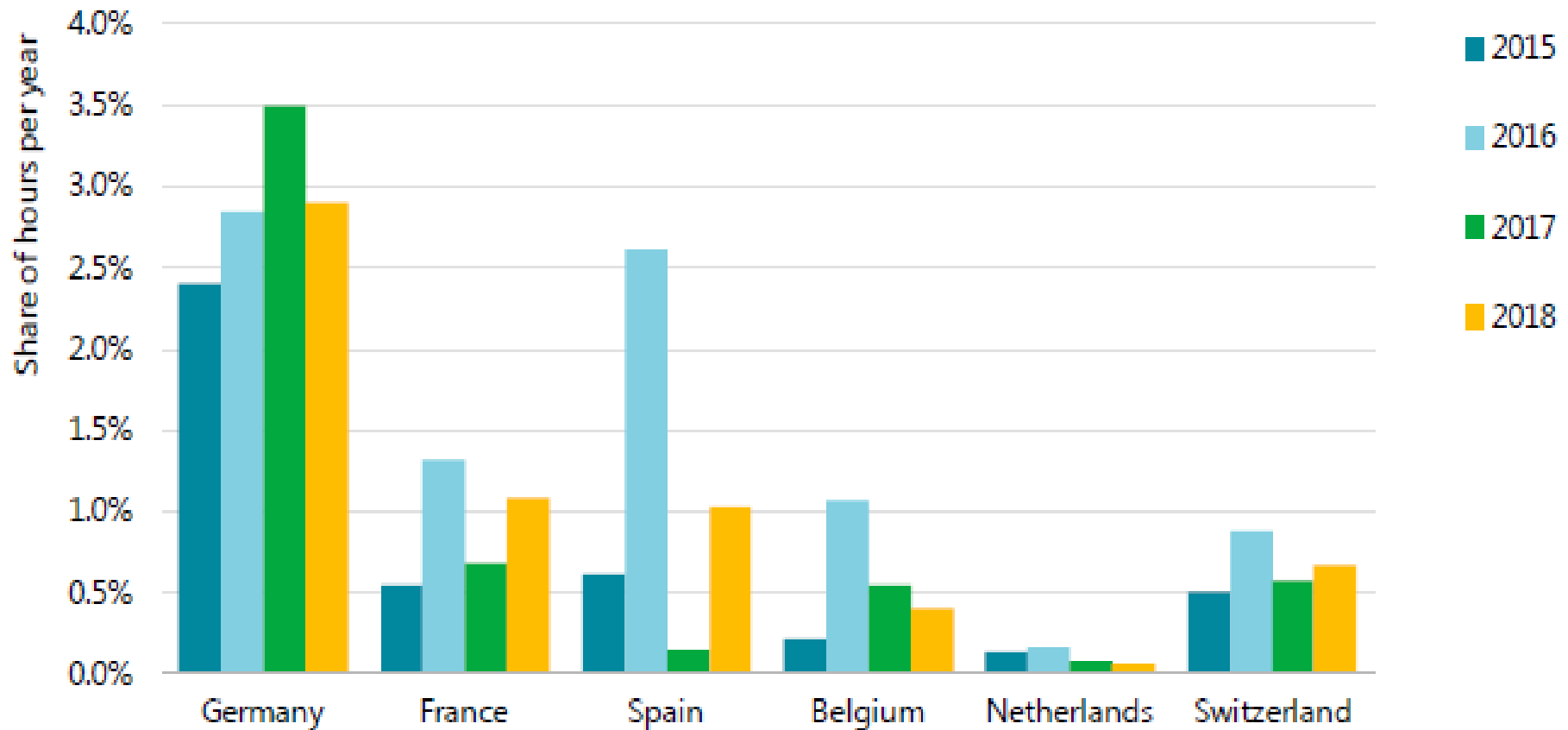
**A demanda por eletricidade está
diminuindo nas economias
desenvolvidas**

Consumo de eletricidade em economias avançadas e em economias em desenvolvimento



El rápido crecimiento de las energías renovables está reduciendo el mercado y deprimiendo los precios mayoristas

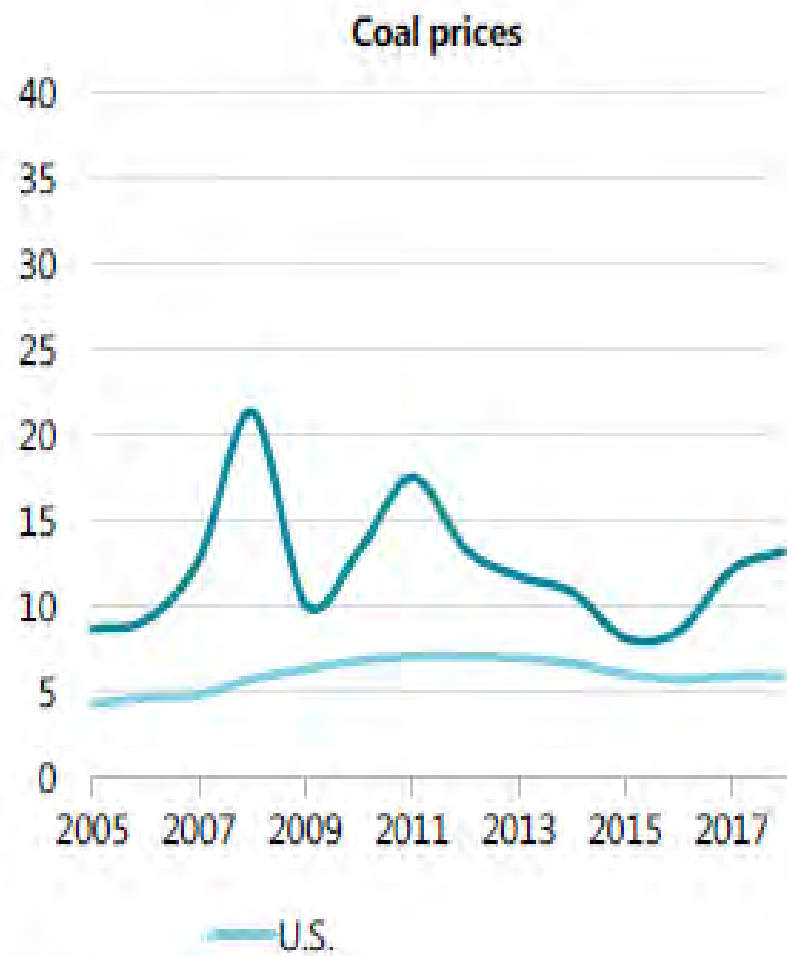
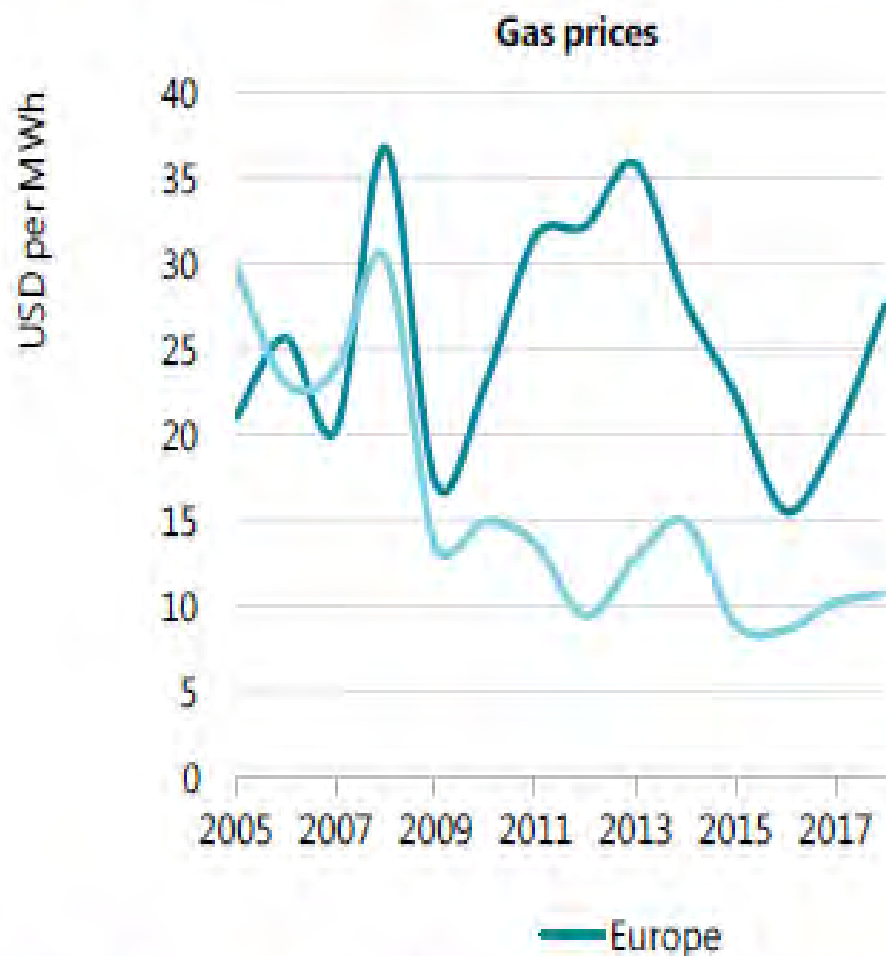
Proporción de horas en cada año cuando los precios al por mayor son más bajos que el costo variable estimado de la energía nuclear en países seleccionados



(El costo variable promedio de la generación de energía nuclear se estima en 8 EUR/ MWh)

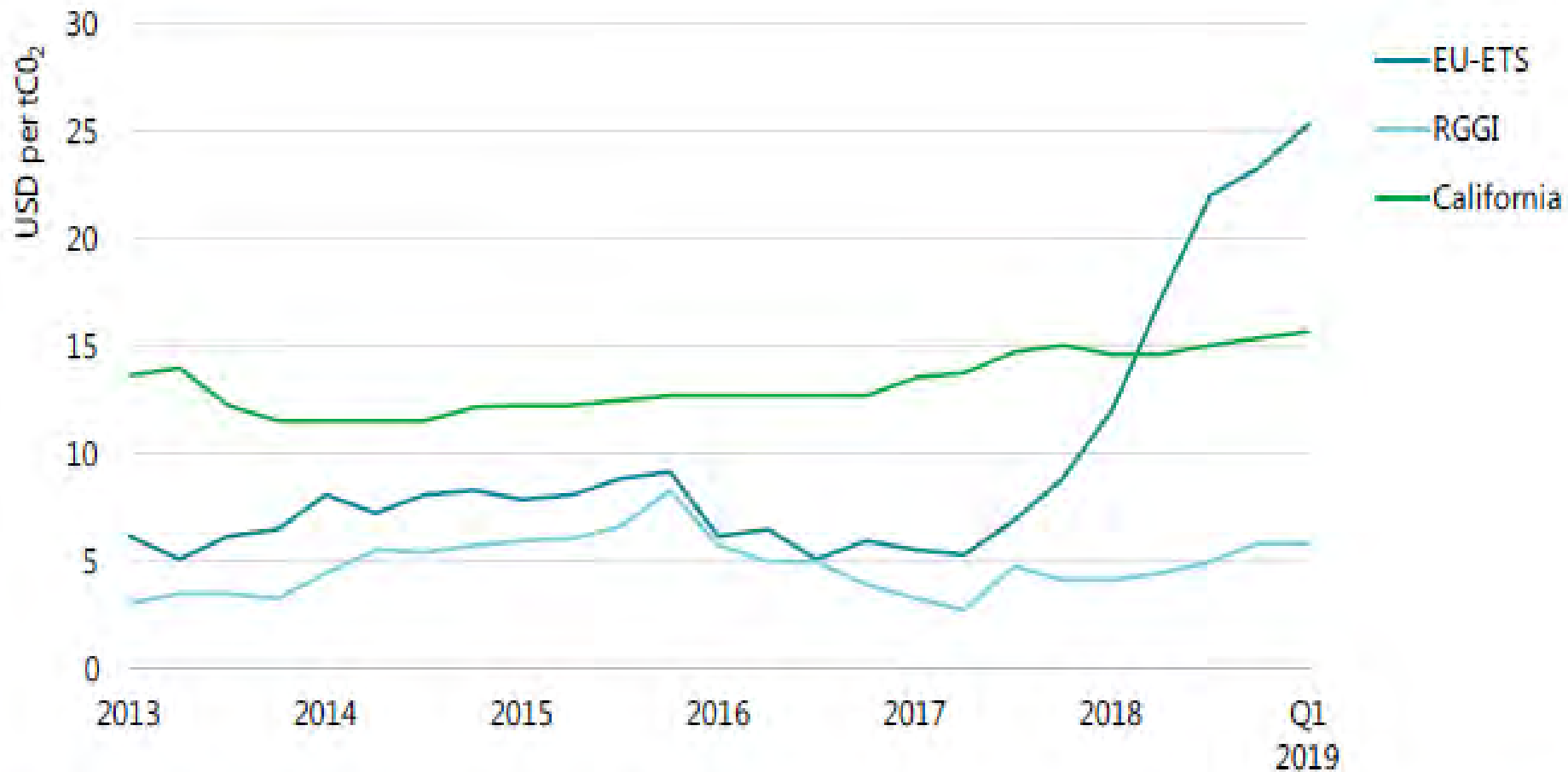
**Os baixos preços do gás natural
estão reduzindo os preços no
atacado de eletricidade na
América do Norte**

Preços médios de gás natural e carvão na Europa e nos EUA



**Os custos alocados às emissões
de CO² são baixos para
impulsionar a economia de
energia nuclear.**

Preços do CO2 em sistemas de comércio de emissões na Europa, nordeste dos Estados Unidos e Califórnia



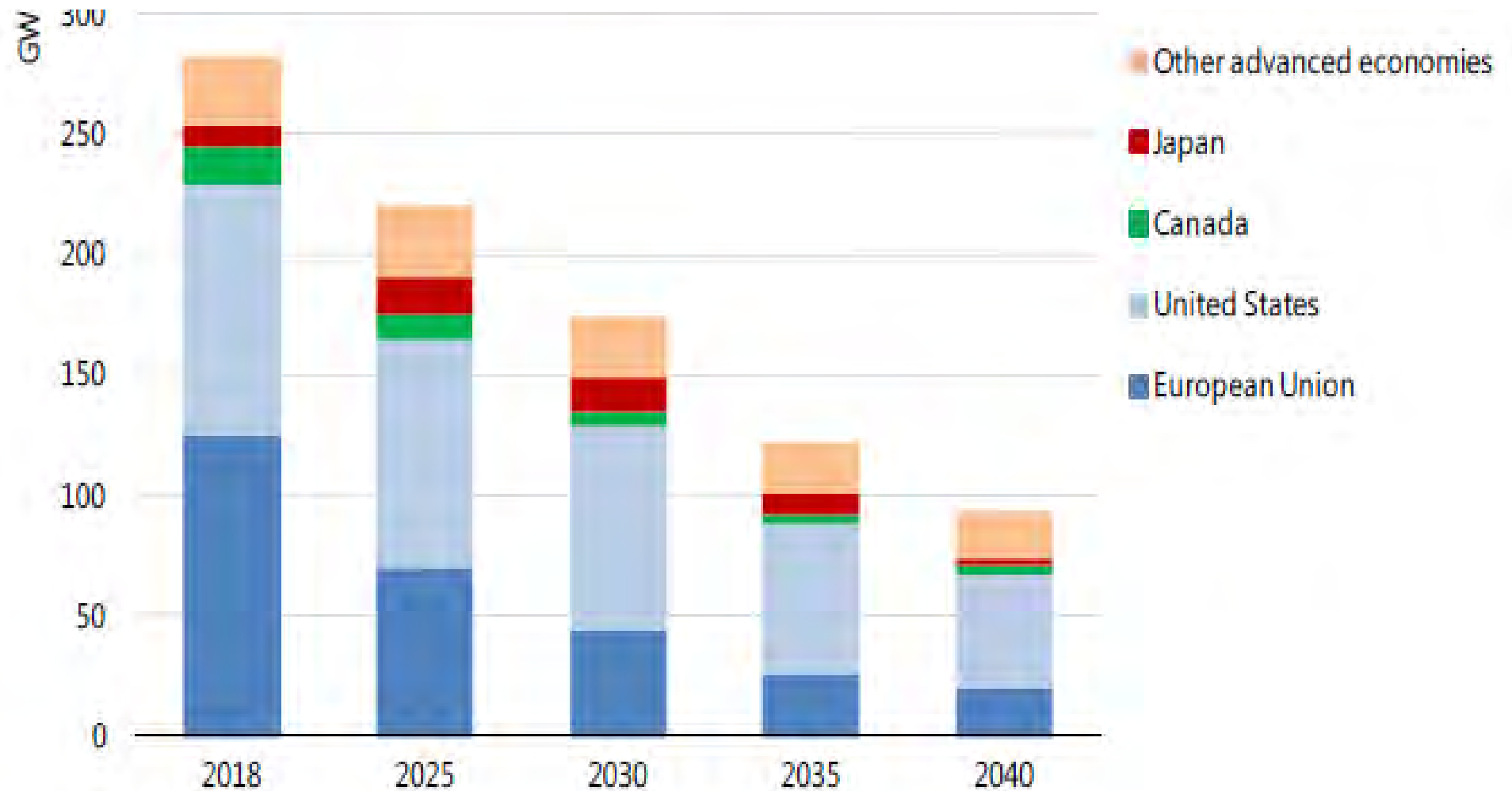
**Preços mais altos de
combustível e CO² estão
ajudando as usinas nucleares
existentes na Europa a competir.**

3.

**Impactos do menor
investimento nuclear**

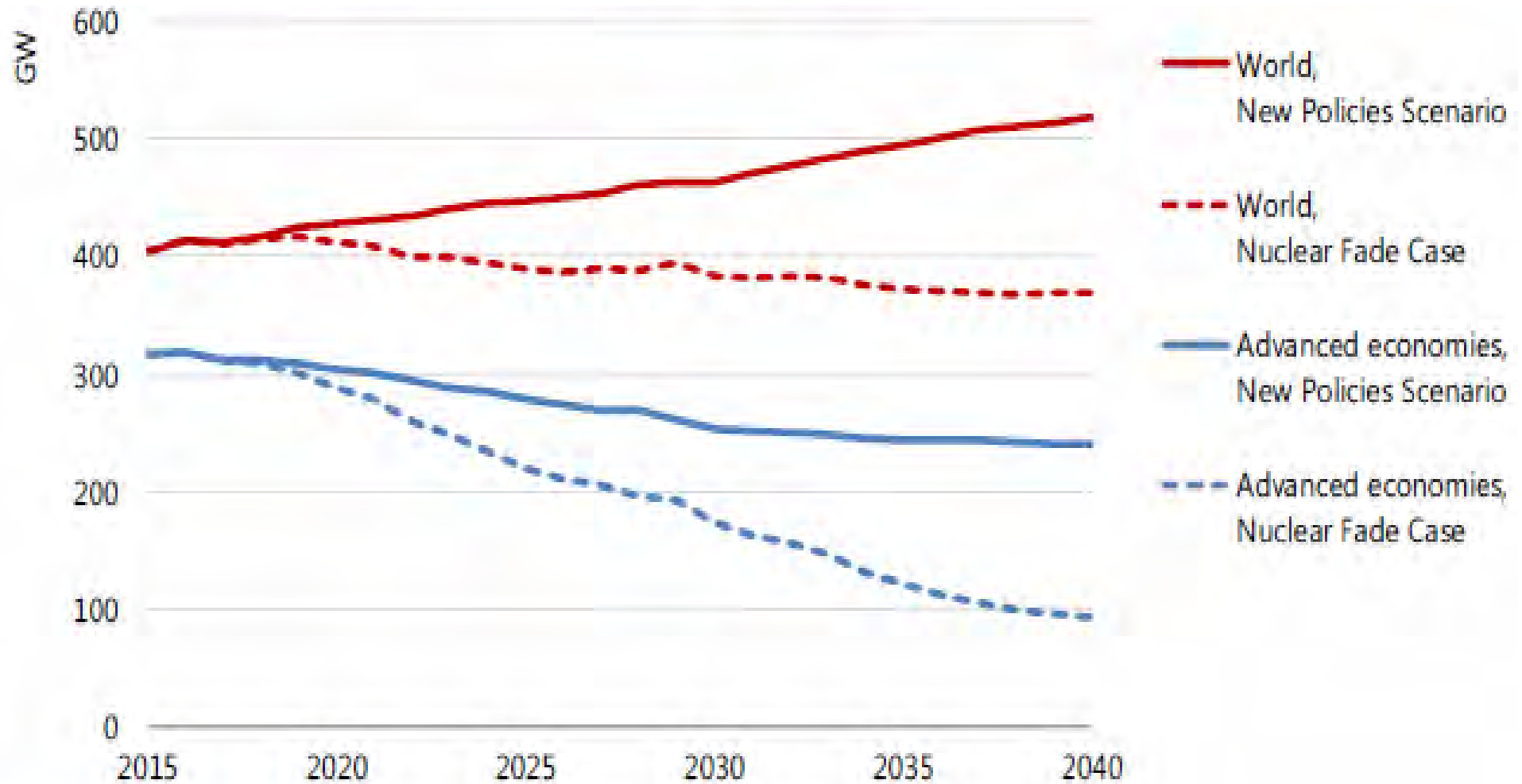
O caso do **desvanecimento** nuclear

Capacidad operativa de energía nuclear en economías avanzadas en el caso de desvanecimiento nuclear



Implicações do caso do desvanecimento nuclear no cenário de novas políticas

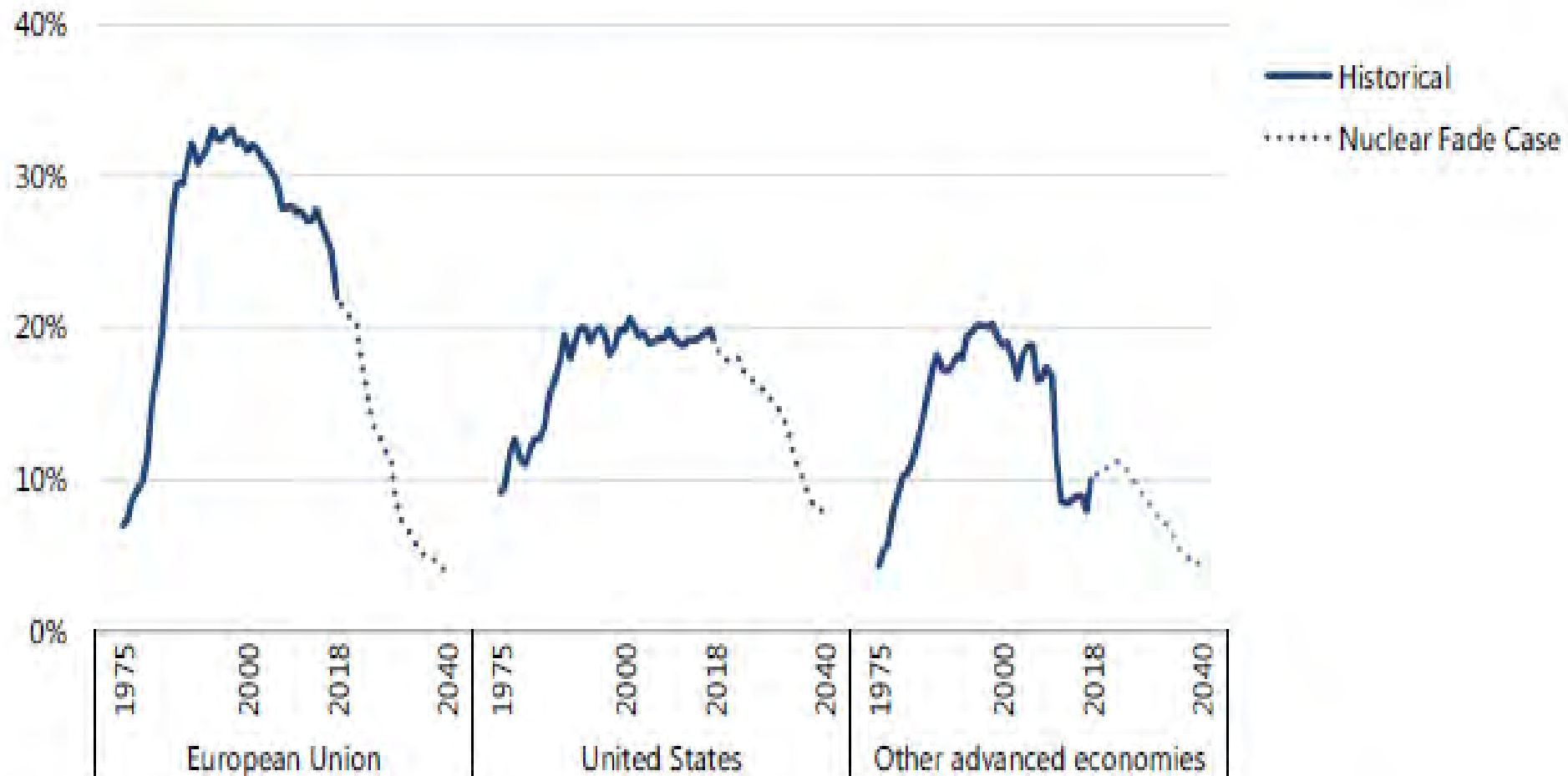
Capacidad de energía nuclear en el escenario de nuevas políticas y en caso de desvanecimiento nuclear



La fuerte caída de la energía nuclear en las economías

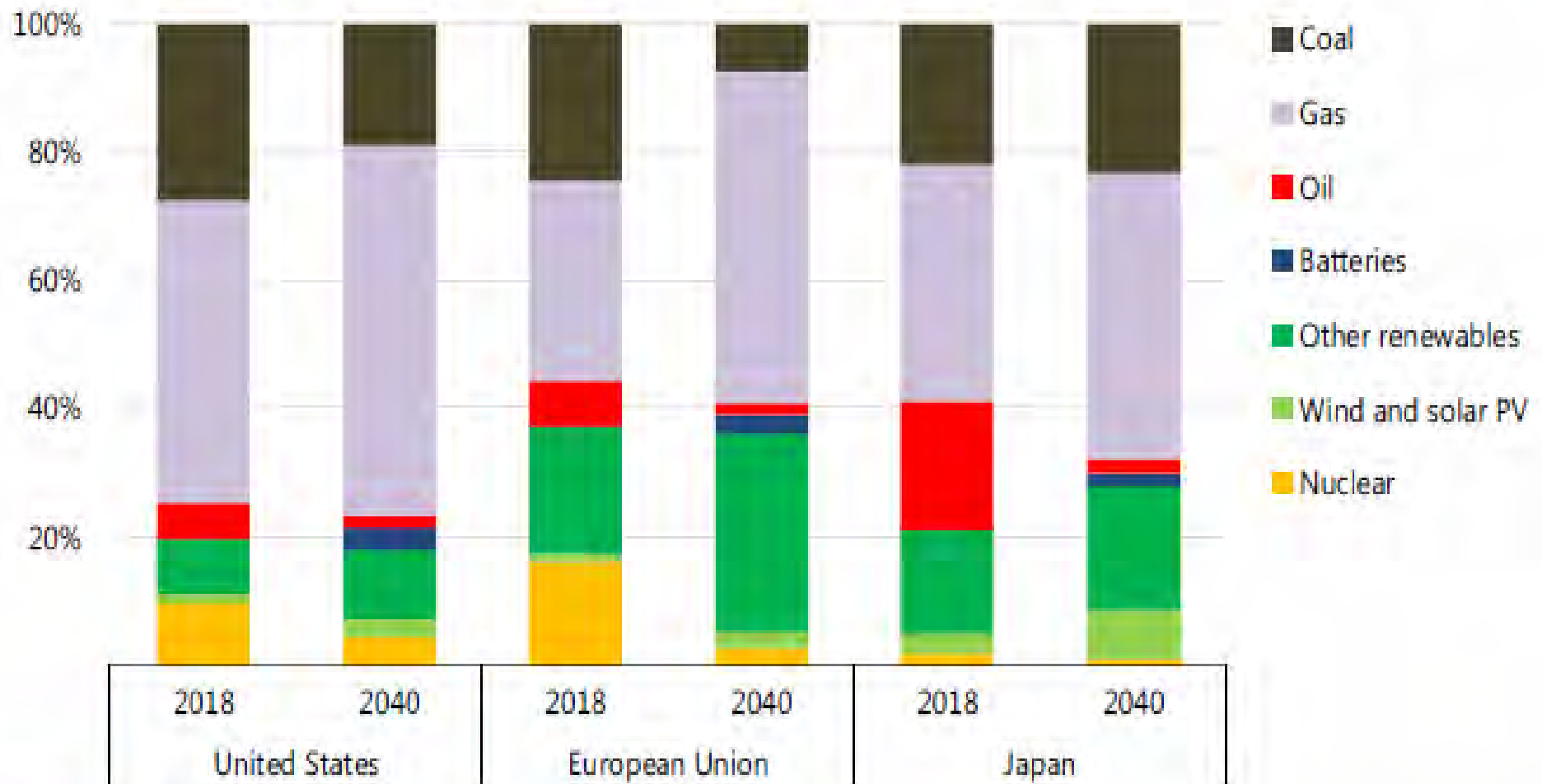
Sem extensões de vida, a energia nuclear pode rapidamente desmontar

Participação da energia nuclear no fornecimento de eletricidade no caso do desvanecimento nuclear



**Se a energia nuclear diminuir, a
adequação do sistema será
baseada no gás**

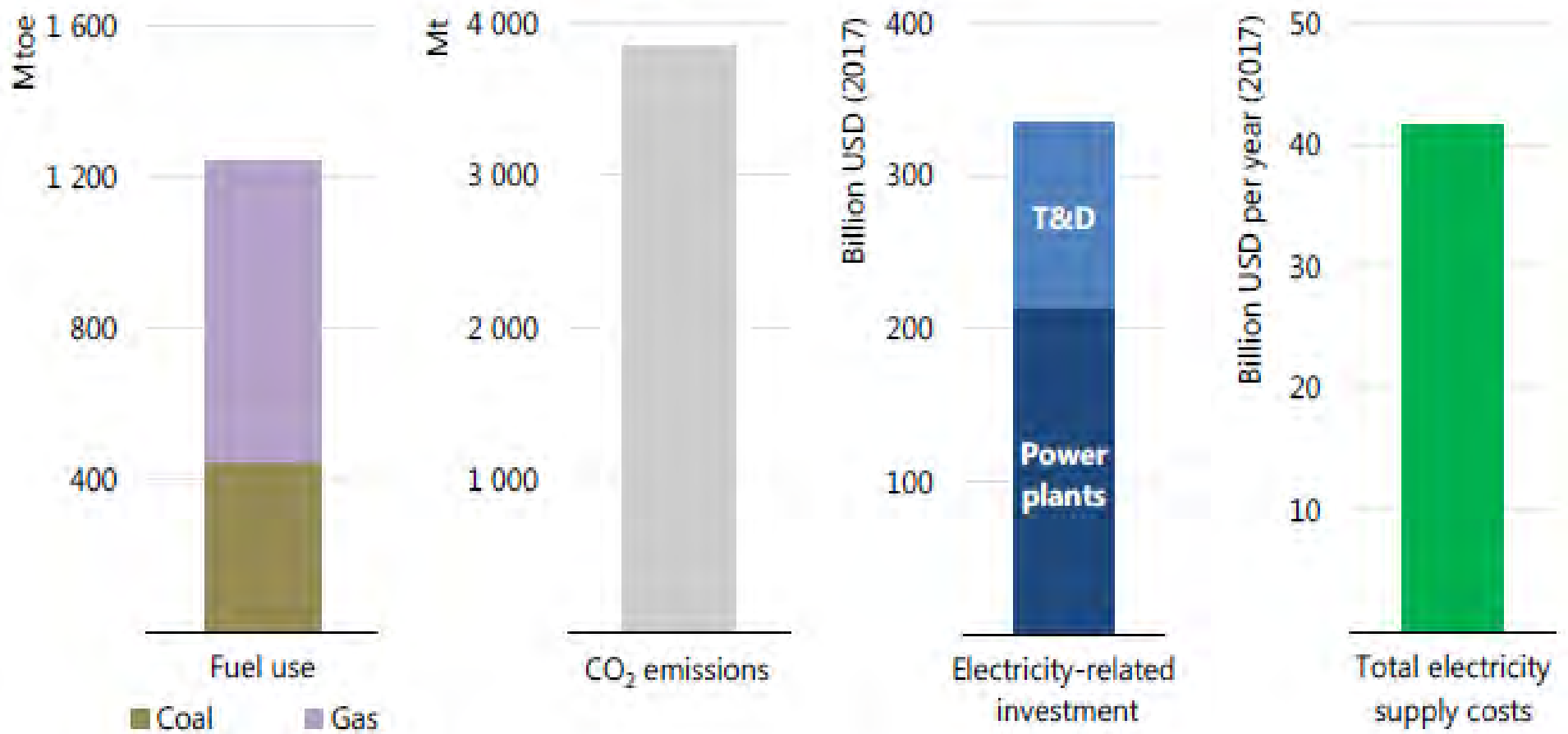
Contribuição para a adequação do sistema no caso de desvanecimento nuclear



**Menor produção nuclear
resultará em custos mais altos
para os consumidores**

Alteração dos principais indicadores em caso de desvanecimento nuclear, 2019-40

New Policies Scenario, 2019-40

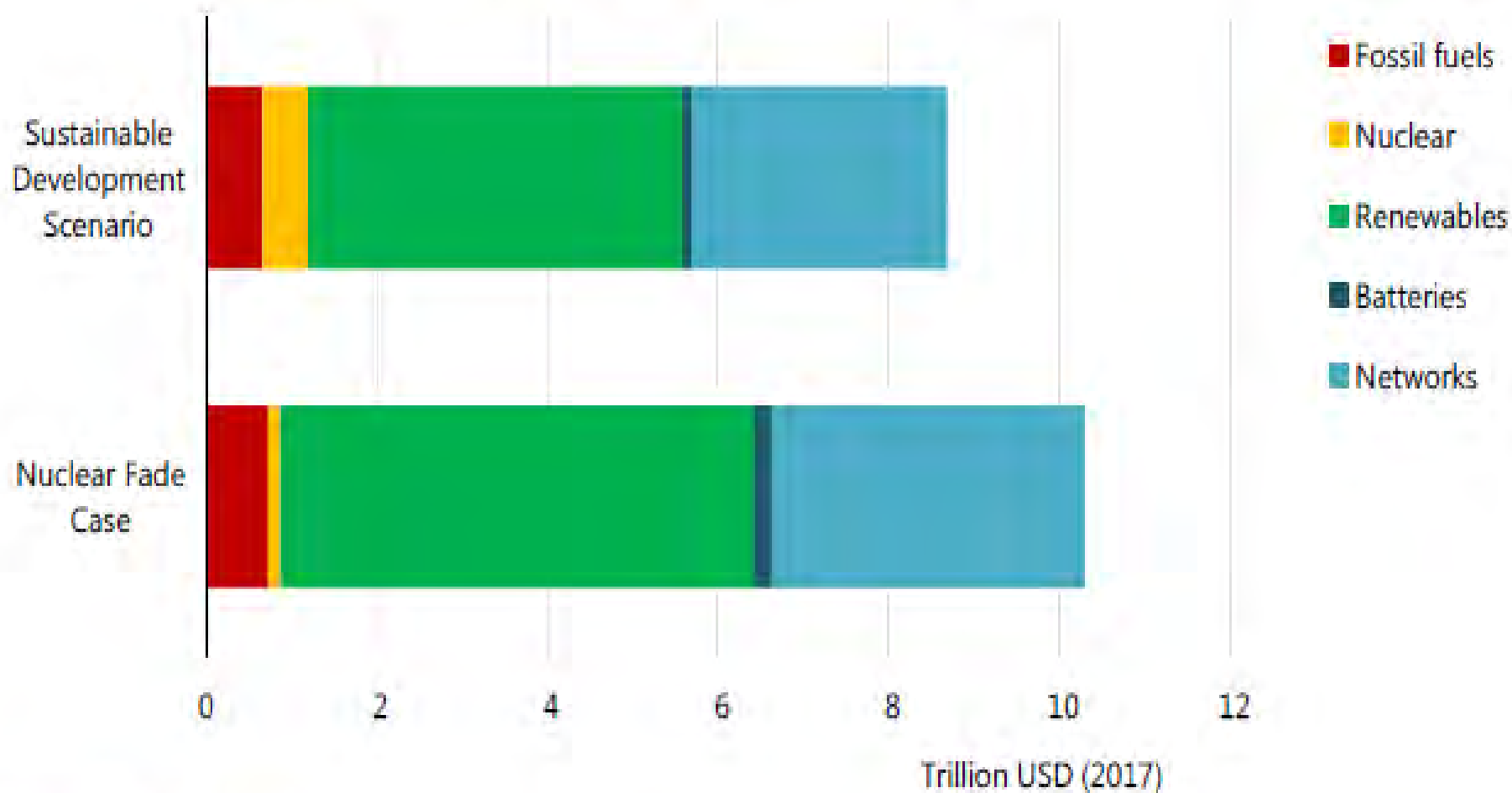


**Implicações do caso do
desvanecimento nuclear para o
desenvolvimento sustentável.**

**O desenvolvimento sustentável
requer mais energia de baixo
carbono!**

**Atingir a sustentabilidade com
menor produção de energia
nuclear aumenta as
necessidades de investimento e
o custo da transição energética.**

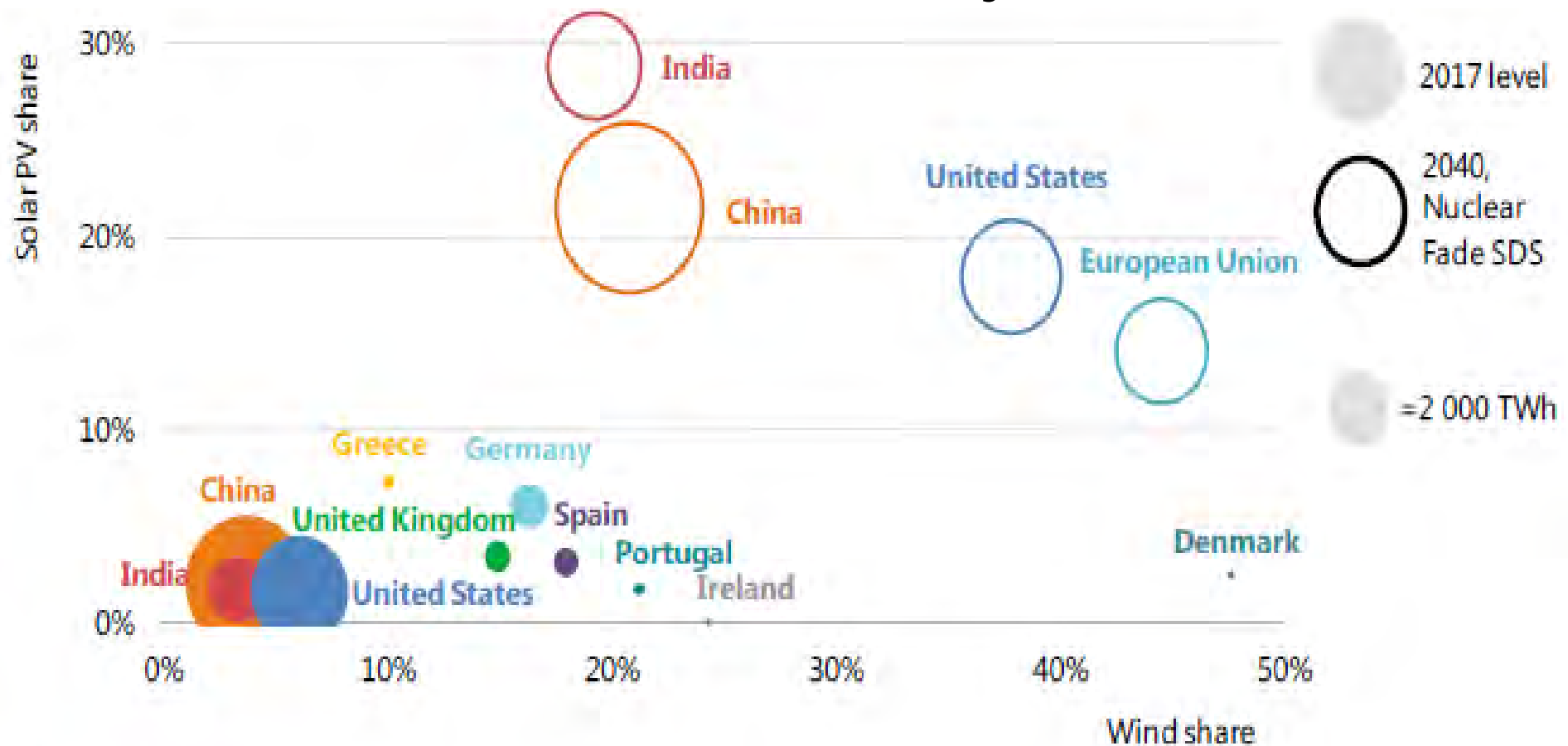
Investimento cumulativo do setor elétrico em economias avançadas no cenário de desenvolvimento sustentável e no caso do desvanecimento nuclear, 2019-40



4.

**Sustentabilidade com menos
energia nuclear**

Participação da energia eólica e solar em sistemas elétricos selecionados hoje e em 2040



Problemas:

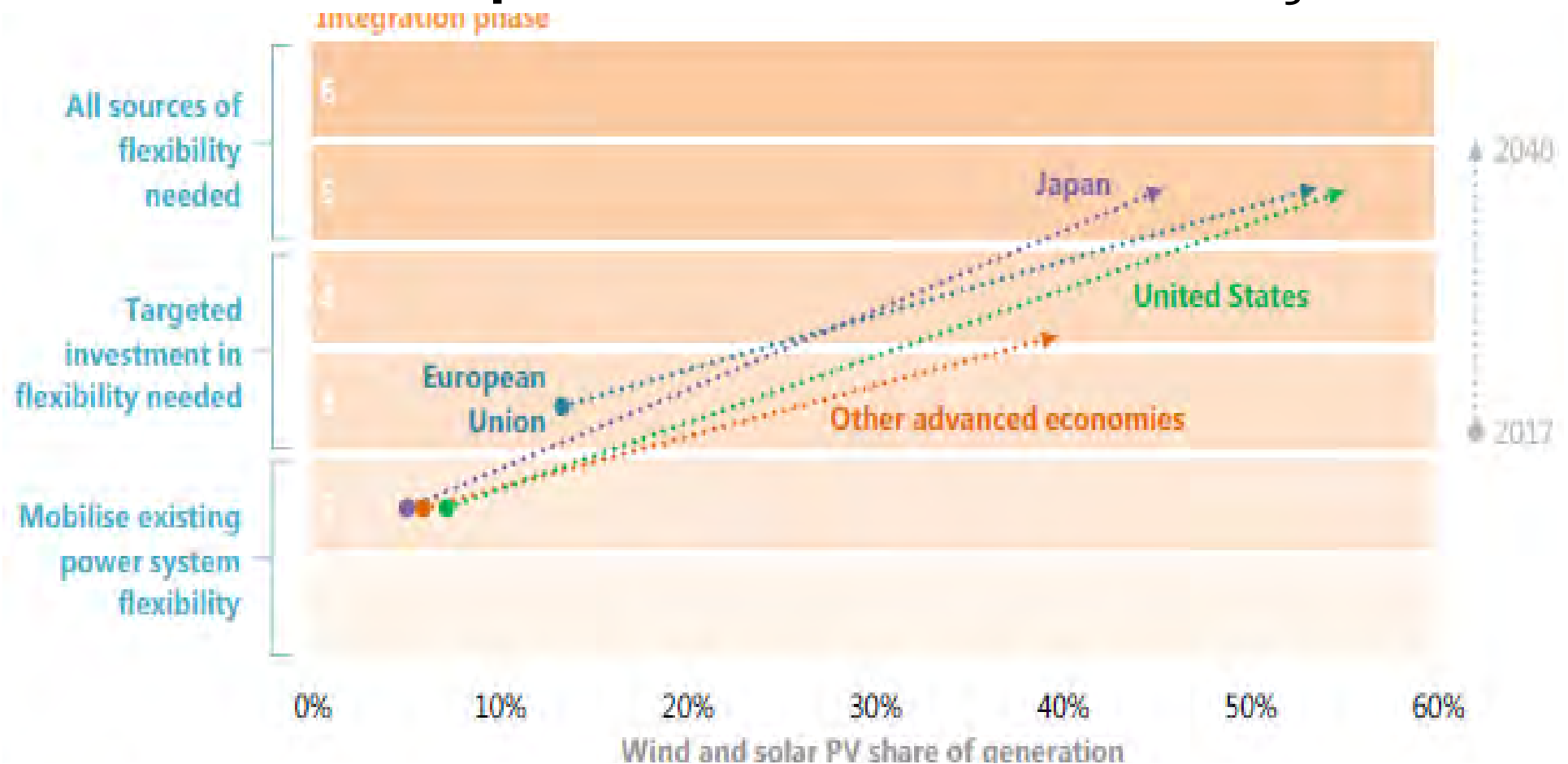
Uso da terra e autorizações

- **Ganhar a aceitação pública de mais projetos de energia renovável será difícil.**
- **Colocar parques eólicos em alto mar é uma solução, mas existem barreiras de custos e infraestrutura.**
- **A expansão maciça da energia solar exigiria mais capacidade de transmissão.**
- **As dificuldades para permitir novas linhas de transmissão limitam as energias renováveis.**

**O sério problema de integrar
sistemas de energia renovável:**

O sistema perde flexibilidade!

Fases de integração em caso de desvanecimento nuclear em países com economia avançada



Fontes de flexibilidade

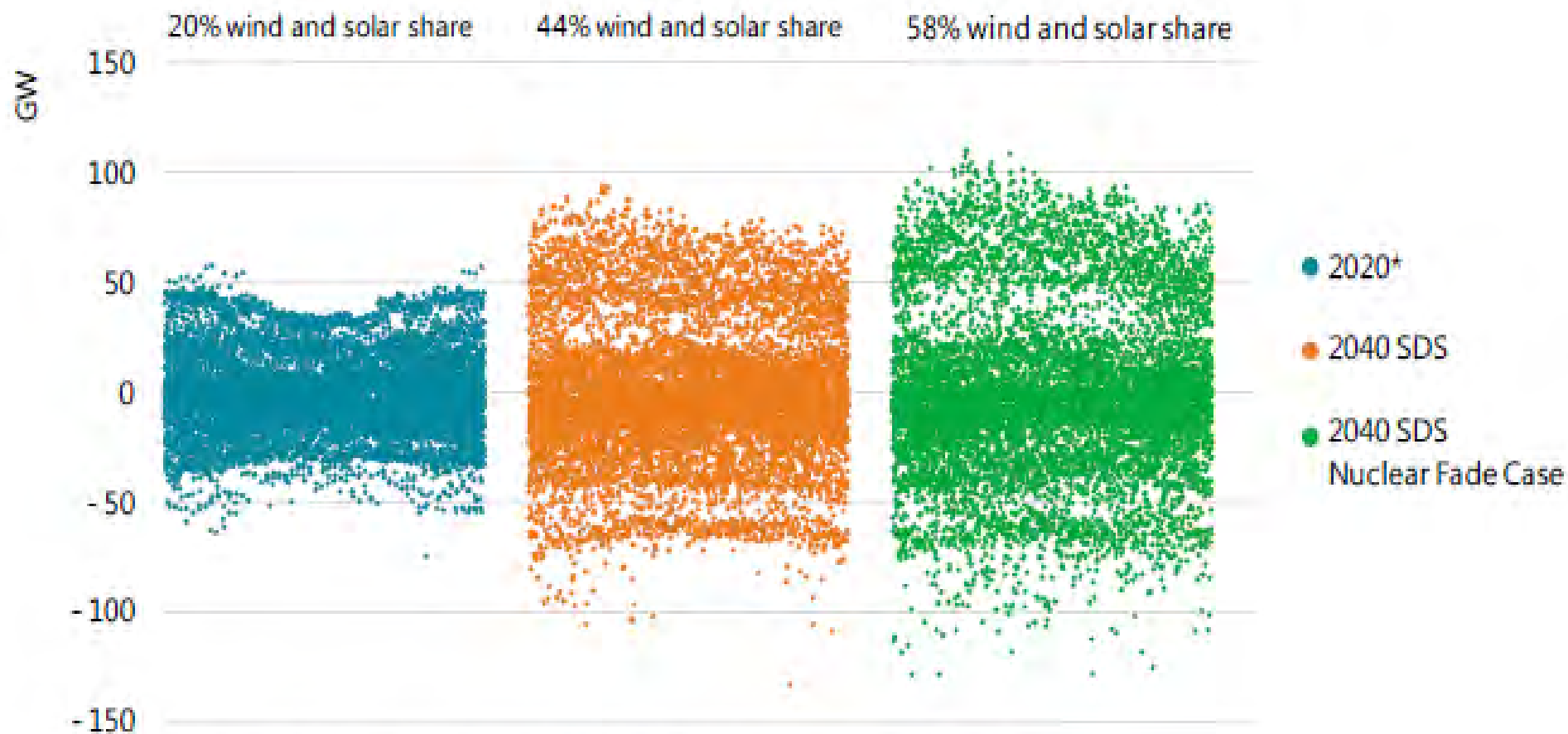
Participação combinada da energia eólica e solar na geração total em 2040 no caso de desvanecimento nuclear (do cenário de desenvolvimento sustentável) e em 2017 em alguns países / regiões



Há um limite para a quantidade de flexibilidade que as interconexões do sistema podem fornecer.

Os desafios na integração de energias eólica e solar serão grandes, mesmo com o investimento nuclear contínuo!

Rampas hora a hora necessárias para integrar totalmente a energia eólica e solar na União Europeia



5.

**Políticas para promover ou
investimento nuclear**

Quadro Regulatório

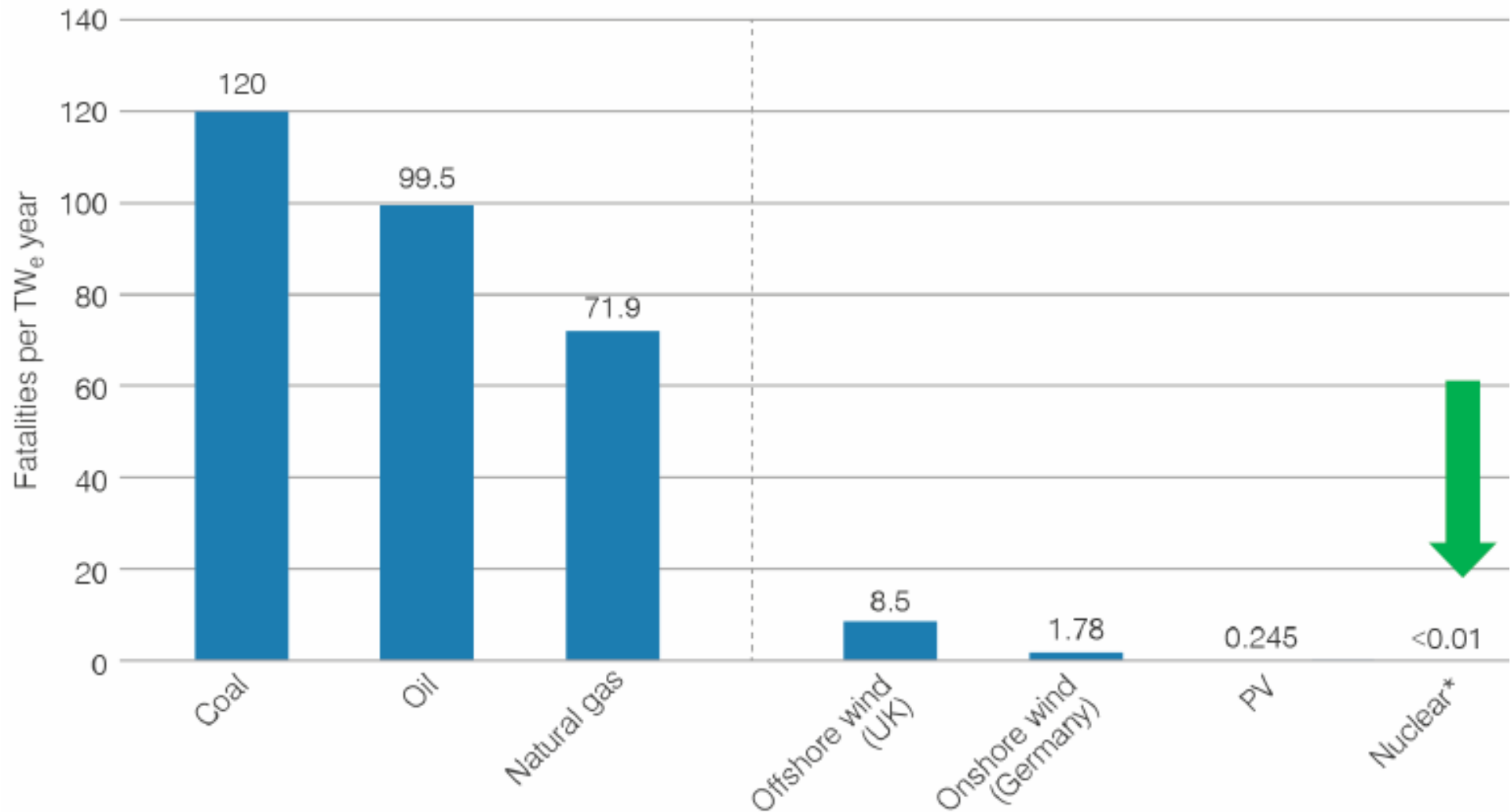
Criar processos regulatórios harmonizados

Fornecer um regime de licenciamento nuclear mais consistente, eficiente e previsível internacionalmente, para facilitar o crescimento significativo da capacidade nuclear e o licenciamento oportuno de projetos inovadores.

Criar um paradigma de segurança eficaz

Precisamos focar no bem-estar público genuíno, onde os benefícios de saúde, ambientais e de segurança da energia nuclear são mais valorizados, especialmente quando comparados a outras fontes de energia.

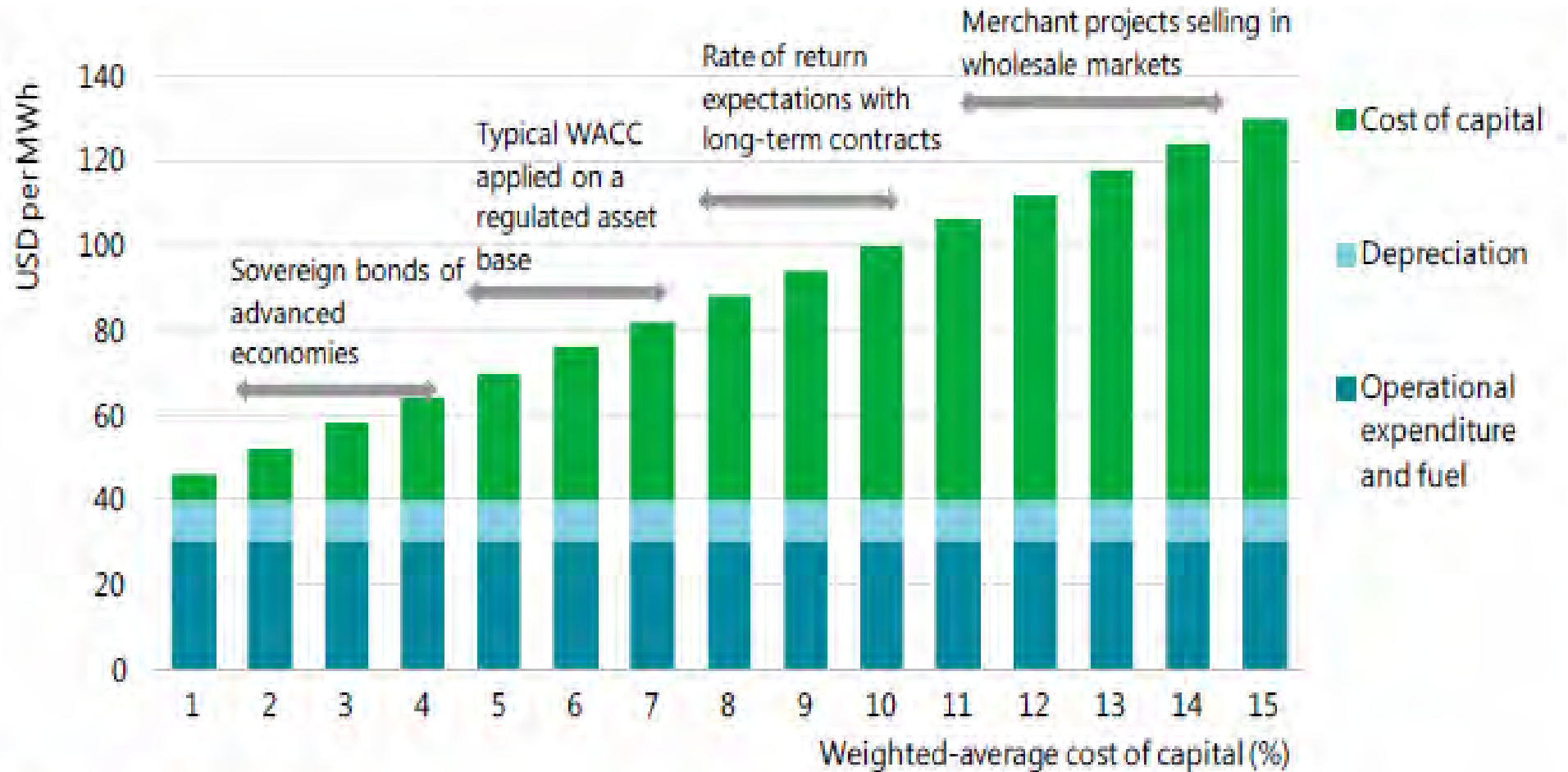
Segurança da geração de eletricidade: Mortes por acidentes de energia



**Extensão do tempo de vida
útil dos reatores existentes.**

Apoio a novas construções nucleares

Custo do LCOE ilustrativo de um novo projeto de usina nuclear de acordo com o custo de capital



6. Sumário

Primeiro:

**A energia nuclear deve desempenhar um
papel importante nas transições para a
energia limpa**

**Hoje, a energia nuclear contribui
significativamente para a geração de
eletricidade, pois forneceu 10% do
suprimento mundial de eletricidade em
2018**

**Será necessária energia nuclear para
transições para energia limpa em todo o
mundo.**

**As usinas nucleares contribuem
para a segurança do fornecimento
de eletricidade.**

Segundo:

As extensões de vida das usinas nucleares são cruciais para a transição energética!

**As decisões políticas e regulatórias
permanecem críticas para o destino dos
reatores envelhecidos.**

Terceiro:

Obstáculos ao investimento em novos projetos nucleares devem ser superados

**O resultado dos planos para construir
novas usinas nucleares afetará
significativamente as chances de
alcançar transições de energia limpa**

A maior barreira para novos projetos nucleares é a mobilização de investimentos

Quarto:

Sem investimento nuclear, alcançar um sistema de energia sustentável será praticamente impossível

Um colapso no investimento em usinas nucleares existentes e novas terá implicações muito negativas:

- para as emissões de CO₂,**
- para os custos e**
- para a segurança energética.**

**Conseguir a transição para energia
limpa com menos energia nuclear não é
viável.**

Se a energia nuclear continua diminuindo, os sistemas elétricos se tornarão menos flexíveis.

Quinto:

**Compensar menos energia nuclear
com mais energia renovável custará
muito mais.**

A eliminação da energia nuclear da equação resultará em um aumento nos preços da eletricidade para os consumidores.

Sexta:

É necessário um forte apoio político para garantir o investimento em usinas nucleares existentes e novas.

Os países que mantiveram a opção de usar a energia nuclear precisam reformar suas políticas para garantir igual concorrência entre opção nuclear e vento e solar.

Dados os altos custos financeiros, é necessária uma intervenção política intrusiva para garantir o investimento em novas usinas nucleares

A atividade contínua no desenvolvimento da tecnologia nuclear e na operação das usinas é necessária para manter a competência e a experiência

7.

Epílogo

Recomendações

Primeira

Mantenha a opção nuclear aberta:

autorizar extensões da vida das usinas nucleares

existentes enquanto elas estiverem seguras

Segunda:

Valorize a liberação de carga!

Projete o mercado de eletricidade de forma a avaliar adequadamente os serviços do sistema necessários para manter a segurança elétrica, incluindo disponibilidade de capacidade e serviços de controle de frequência.

Garanta que os prestadores desses serviços (como usinas nucleares), sejam compensados de maneira competitiva e não discriminatória!

Terceira:

Avalie os benefícios que não são de mercado

Estabeleça uma concorrência justa pela energia nuclear com outras fontes de energia de baixo carbono, em reconhecimento aos seus benefícios ambientais e de segurança energética, e remunere em conformidade.

Quarta:

Otimize os padrões internacionais de segurança:
garantindo a operação segura e contínua de usinas
nucleares, mas evitando burocratização
desnecessária

Quinta:

**Criar uma estrutura de
financiamento nuclear atraente:**

**Estabelecer estruturas de gerenciamento e
financiamento de risco que possam ajudar a
mobilizar capital para usinas novas e existentes a
um custo aceitável, levando em consideração o
perfil de risco e os horizontes de longo prazo dos
projetos nucleares.**

Sexta

Apoiar novos empreendimentos

Garantir que os processos de licenciamento não resultem em atrasos no projeto e aumentos de custos que não são justificados por requisitos de segurança, além de apoiar a padronização e permitir o aprendizado prático de todo o setor.

Sétima

Manter capital humano!

**Proteger e desenvolver recursos de gerenciamento
de projetos em engenharia nuclear.**

Algumas reflexões pessoais

Dados esses resultados surpreendentes,

por que os governos invocam o princípio

da precaução contra a energia nuclear?

Uma explicação possível é que eventos como um desastre nuclear, afetam o risco percebido, que geralmente se baseia mais em emoções e instintos do que em razão e racionalidade (Ropeik 2011).

Por exemplo, após o acidente de Fukushima, os preços da habitação foram afetados em locais tão distantes quanto os EUA, apesar de nenhuma mudança no risco subjacente (Tanaka e Zabel 2018).

As mortes por preços mais altos da energia passam despercebidas!

- **Não podemos atribuir nenhuma morte específica aos preços mais altos da energia, mas apenas estimar os impactos no nível da população.**
- **Embora o público e os formuladores de políticas tenham maior medo das mortes conjecturadas de acidentes nucleares..**

O princípio da precaução enfatiza eventos importantes - o pior cenário - e, ao fazê-lo, ignora a alternativa, incentivando, assim, uma formulação de políticas ineficiente!

Em resumo

- Os reatores nucleares são a espinha dorsal de baixo carbono do sistema elétrico, operando em segundo plano, dia após dia.
- Frequentemente, fora da vista e da mente, eles são os gigantes silenciosos e seguros em que confiamos diariamente.
- Os reatores nucleares son mas que necesarios ...
...imprescindibles para o futuro da humanidade!

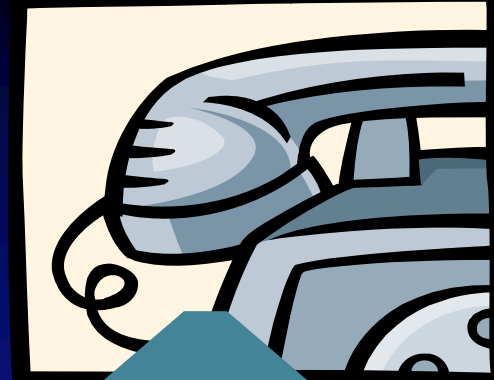
Nuclear Dawn



"Atitudes em relação à energia nuclear estão a mudar em resposta às alterações climáticas e os temores sobre a segurança do aprovisionamento de combustíveis fósseis" [The Economist](#)



Av. del Libertador 8250
Buenos Aires
Argentina



+541163231758

*Muito obrigado
pela sua paciência !*

abel_j_gonzalez@yahoo.com

