

JADERNÁ ENERGIE - ECONOMIKA, INVESTIČNÍ NÁKLADY

PREDIKCE A REALITA V OBDOBÍ BOOMU VÝSTAVBY JADERNÝCH ELEKTRÁREN

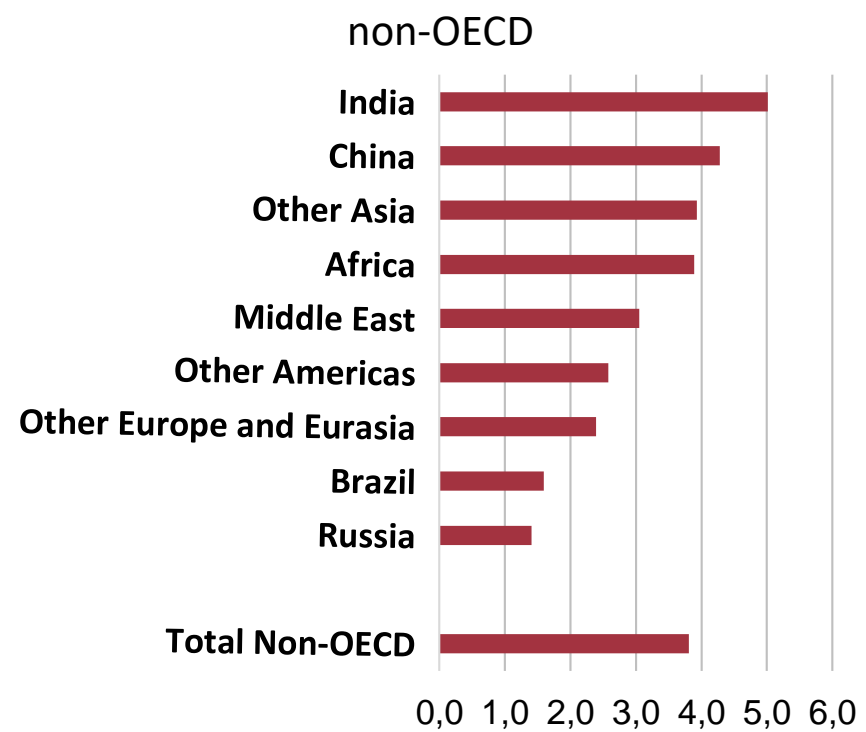
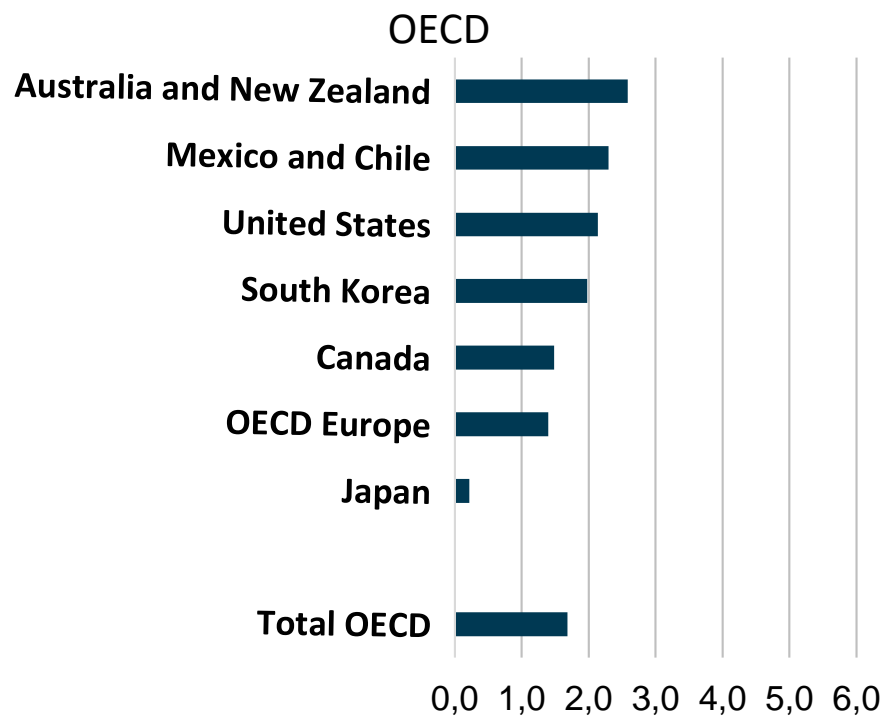
Ing. Josef Zbořil
EMERITNÍ ČLEN EHSV, BRUSEL

JADERNÁ ENERGIE - ECONOMIKA, NÁVRATNOST INVESTIC STAVEB VE SVĚTĚ

- ▶ Kontext globální ekonomiky, demografie
- ▶ Globální výhled spotřeby energie
- ▶ Historický vývoj jaderné energie - aspekty, investiční náklady, konkurenceschopnost
- ▶ Faktory omezeného rozvoje - bezpečnost dodávek
- ▶ Závěry

Ekonomický růst je velmi rozdílný v oblastech mimo OECD

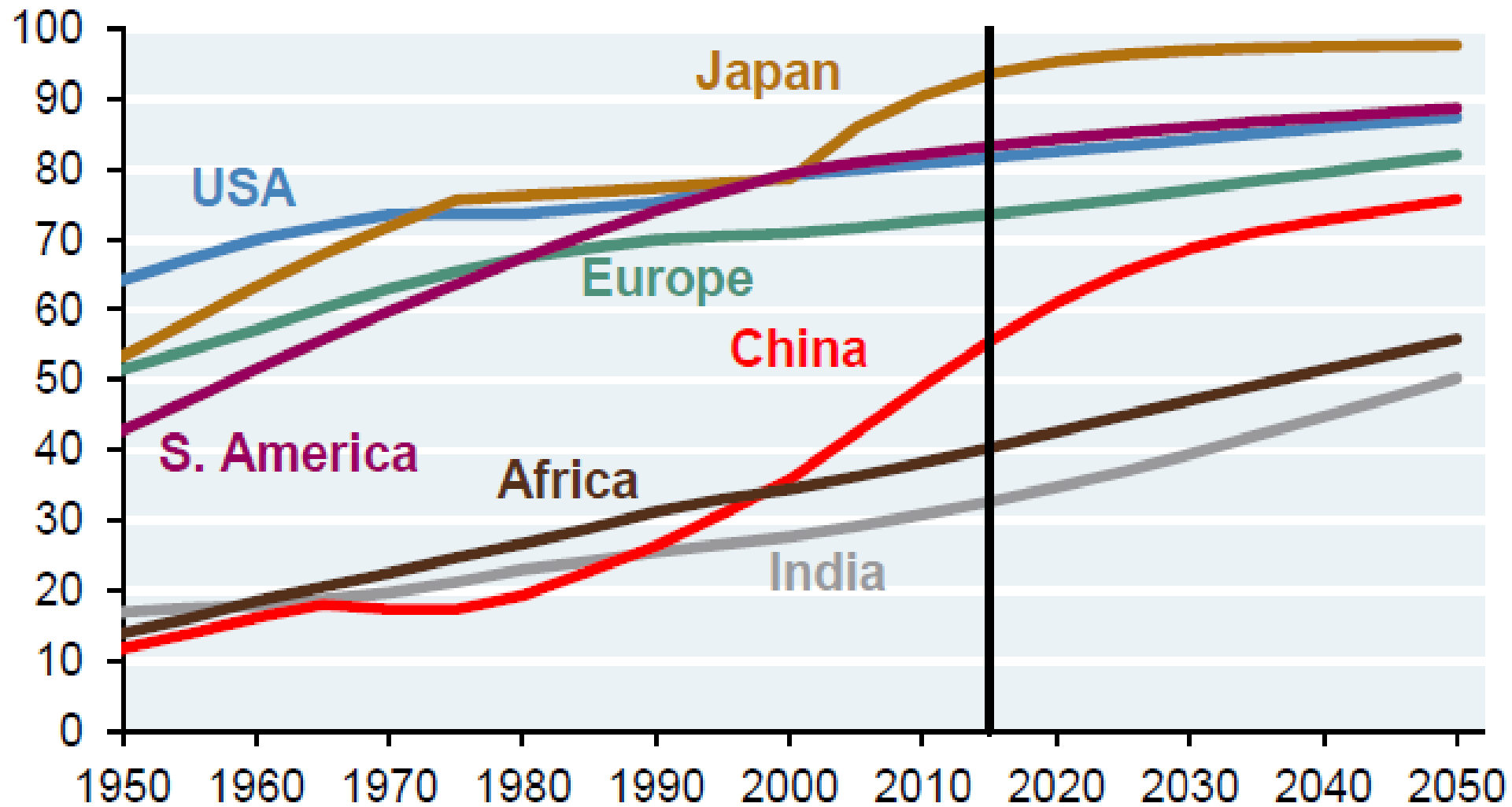
Average annual percent change in GDP, 2015-40
percent per year



SOURCE: EIA-IEO2017

Living for the city: global urbanization trends

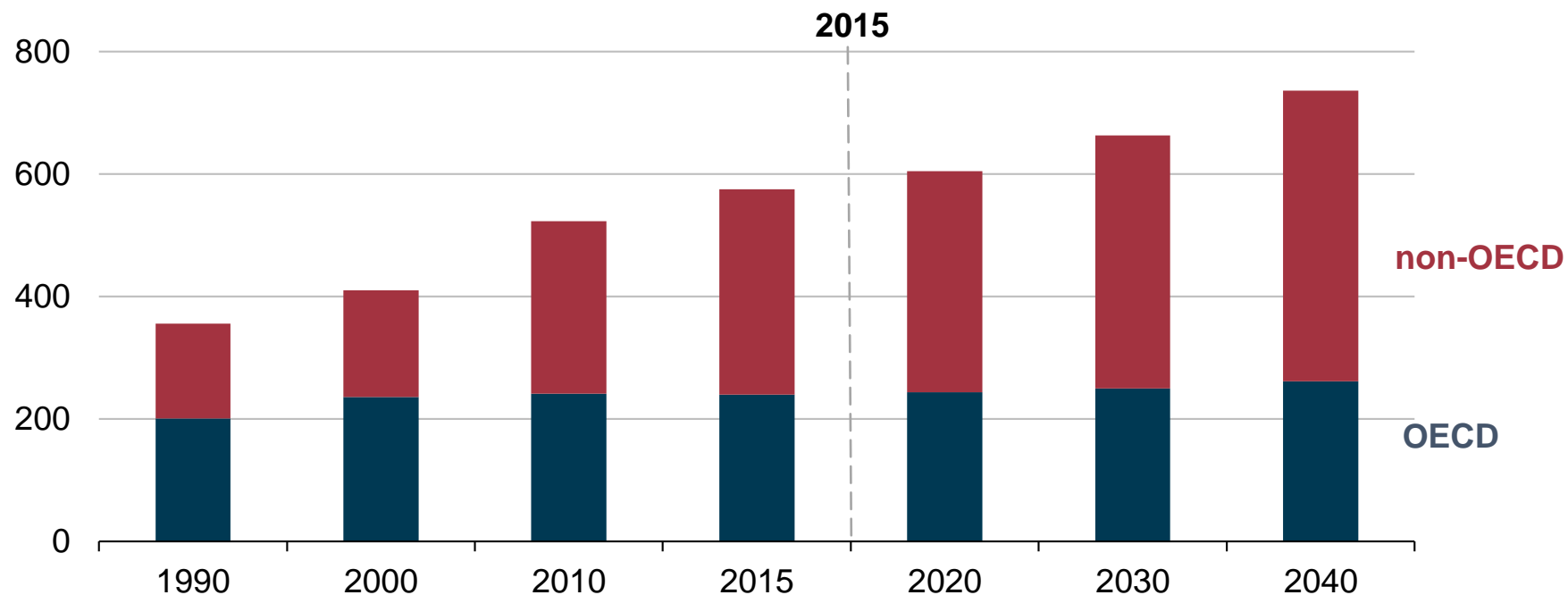
% of total population



Source: World Bank World Development Indicators. 2015, forecast to 2050.

Světová spotřeba poroste o 28% od roku 2015 do roku 2040

World energy consumption
quadrillion Btu



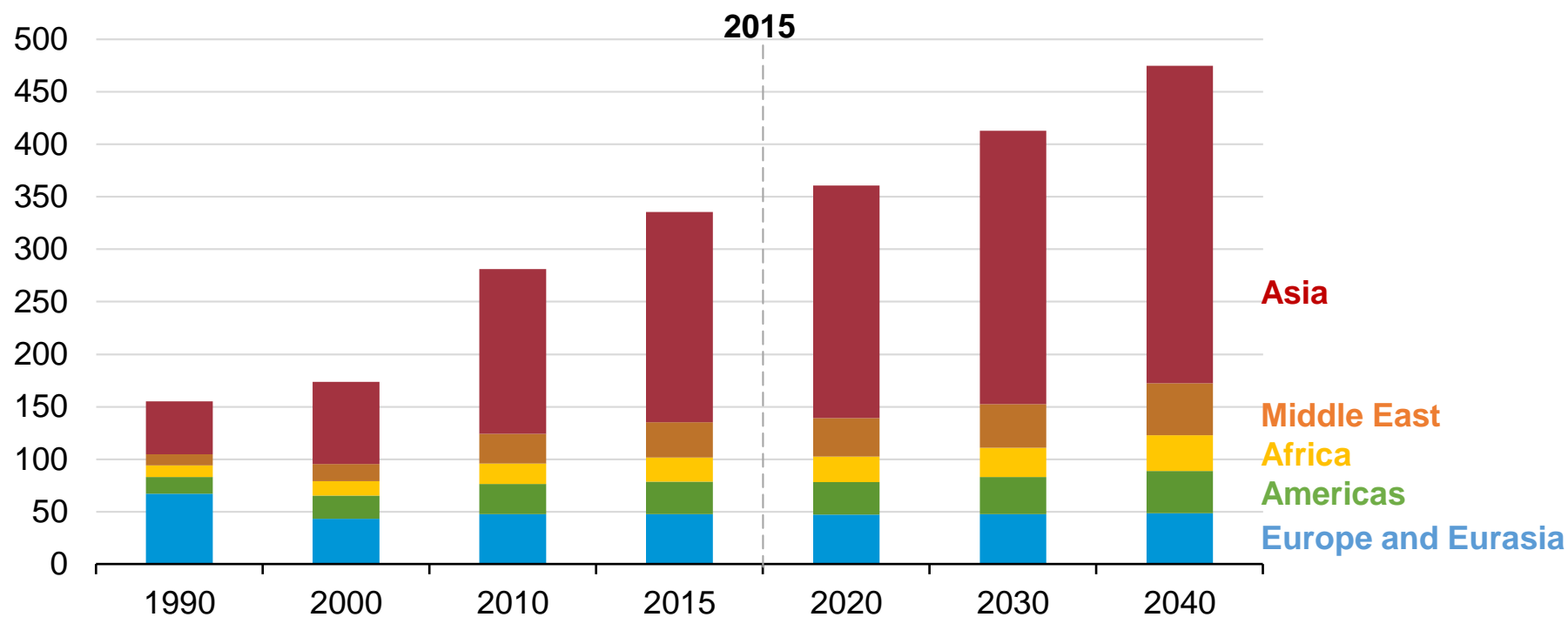
SOURCE: EIA-IEO2017

– přičemž většina růstu proběhne v zemích mimo OECD

- ▶ V referenčním případě se světová spotřeba energie zvýší z 575 quadrillionů British thermal units (Btu) v 2015 na 663 quadrillionů Btu do 2030 a pak na 736 quadrillionů Btu do roku 2040.
- ▶ Většina zvýšení poptávky se očekává ze zemí mimo OECD, kde dojde k silnému ekonomickému růstu, lepšímu přístupu k prodávané energii, a rychlý růst populace povede k rostoucí poptávce po energii.
- ▶ Spotřeba energie v zemích mimo OECD poroste o 41% od roku 2015 do roku 2040 v protikladu k růstu o 9% v zemích OECD.

Asie zaznamenává největší nárůst spotřeby v oblastech mimo OECD

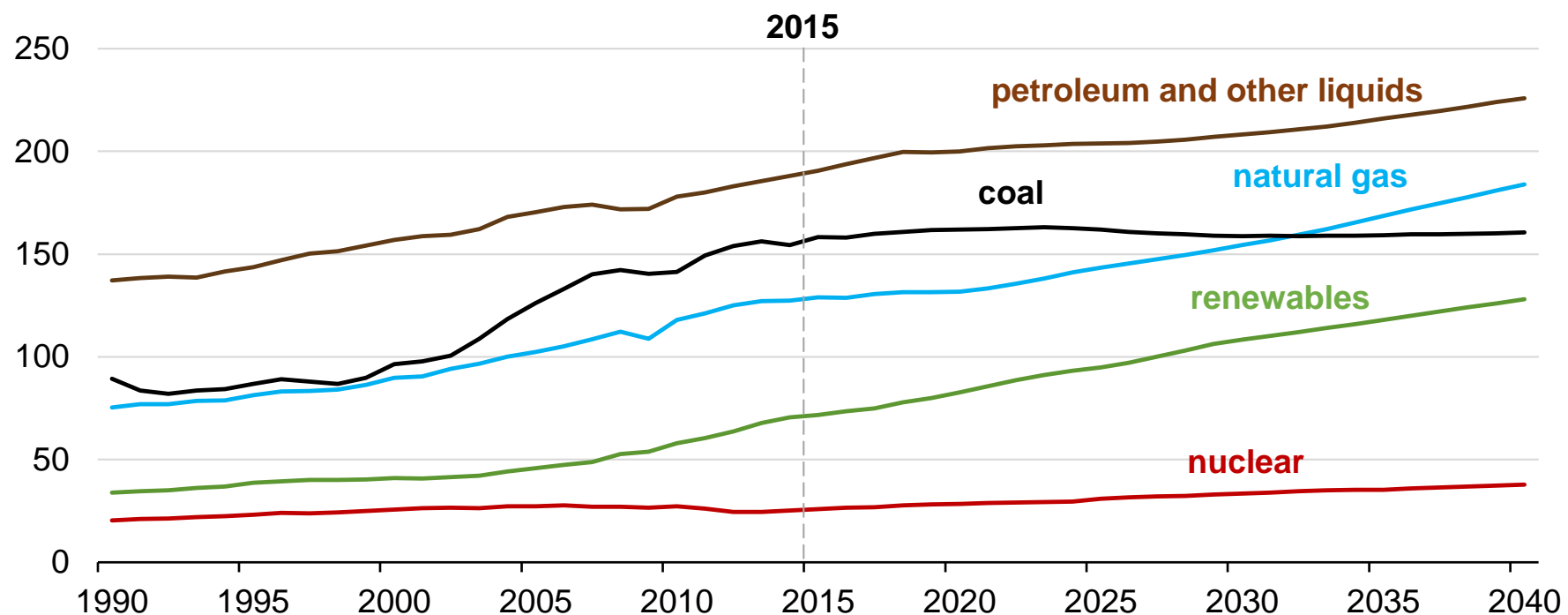
Non-OECD energy consumption by region
quadrillion Btu



SOURCE: EIA-IEO2017

Spotřeba energie podle projekcí roste u všech paliv mimo uhlí

World energy consumption by energy source
quadrillion Btu



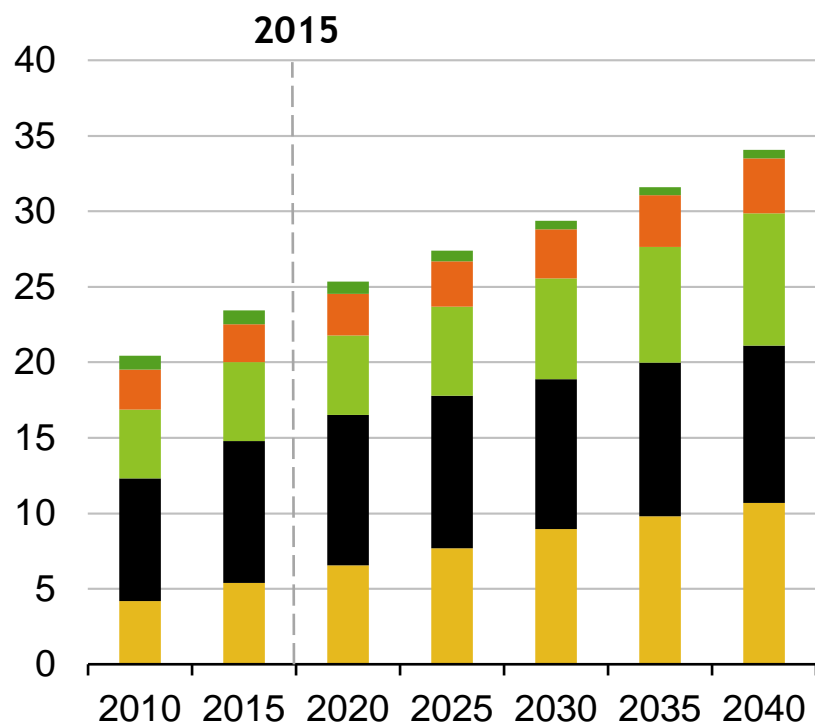
SOURCE: EIA-IEO2017

—příčemž RES představují nejrychleji rostoucí zdroj energie

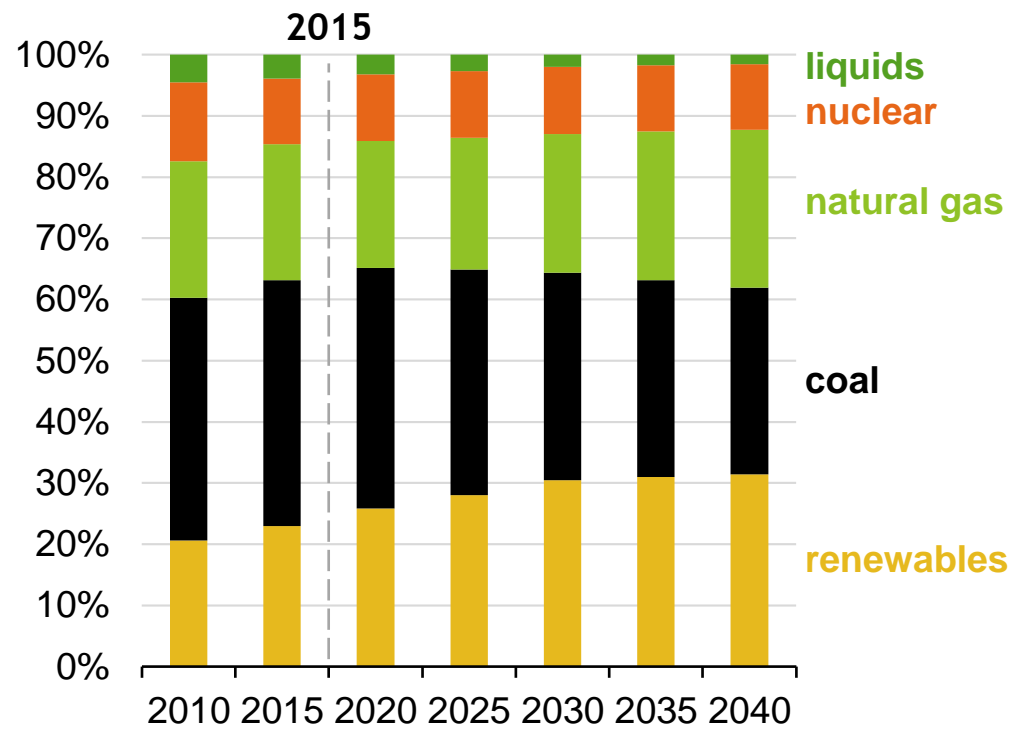
- ▶ Užití všech druhů paliv mimo uhlí roste. I když RES a jaderná energie jsou světově nejrychleji rostoucí formy energie, očekává se, že i fosilní paliva budou stále zaujímat značný podíl světové poptávky po energii.
- ▶ Ropné produkty a další kapalná paliva zůstávají s největším podílem jako zdroj, avšak dojde k jejich poklesu z 33% v roce 2015 na 31% roce 2040. Celosvětově vzroste spotřeba kapalných paliv v odvětvích průmyslu a dopravy a poklesne v elektro energetice.
- ▶ Zemní plyn je světově nejrychleji rostoucí fosilní palivo s růstem o 1,4% ročně a uhlí nevykazuje prakticky žádný nárůst (0,1% ročně).
- ▶ Ve srovnání se silným růstem užití uhlí počátkem tohoto tisíciletí se plánuje, že jeho užití se nezvýší – dojde k poklesu v oblastech OECD a v Číně, který bude vyrovnán růstem v Indii a ostatních zemích mimo OECD v Asii. Uhlí je při výrobě elektřiny stále více nahrazováno zemním plynem, RES a jadernou energií (v případě Číny). Slábne i průmyslová poptávka po uhlí.

RES a zemní plyn pokrývají většinu růstu ve výrobě elektřiny —

World net electricity generation by fuel
trillion kilowatthours



Share of net electricity generation
percent



SOURCE: EIA-IEO2017

– a jejich kombinovaný podíl vzroste na 57% v roce 2040

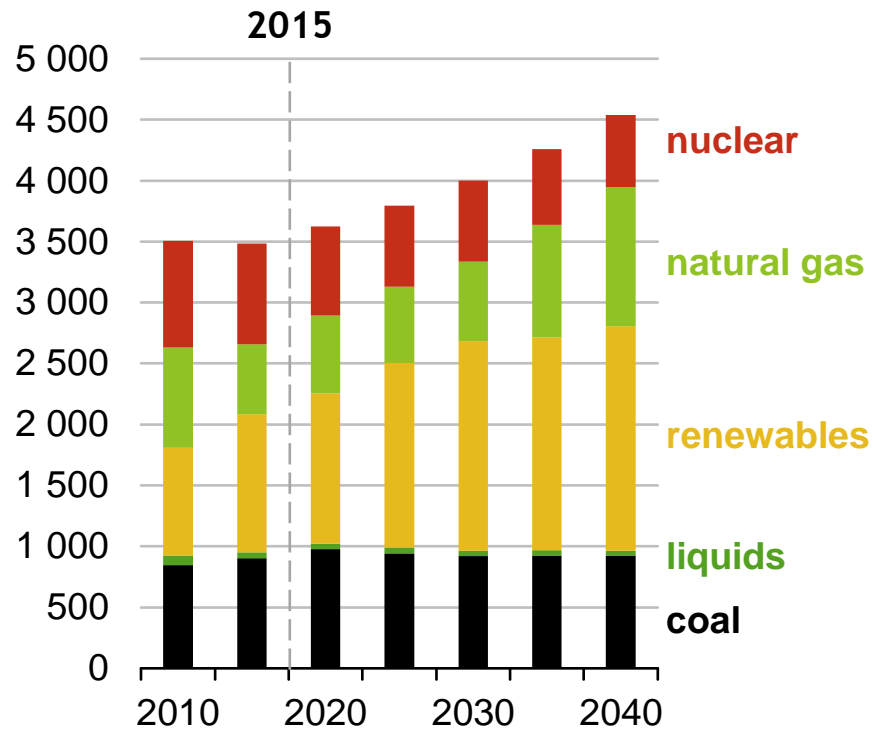
- ▶ RES (vč. Hydro) jsou v období 2015-40 nejrychleji rostoucí zdroje pro výrobu elektřiny, s průměrným růstem o 2.8% ročně, tak, jak technologická zlepšení a vládní podpora v mnoha zemích j jejich růstu významně přispívají.
- ▶ Výroba elektřiny ze zemního plynu poroste v průměru o 2,1% ročně (2015 - 2040) přičemž výroba z jádra poroste o 1,5% ročně.
- ▶ Podíl výroby z uhlí poklesne ze 40% v roce 2015 na 31% v roce 2040.
- ▶ V roce 2040, budou RES představovat stejný podíl ve světové výrobě elektřiny, jako uhlí - 31%.

– a reprezentují dvě třetiny příslušných nárůstů kapacit do roku 2040

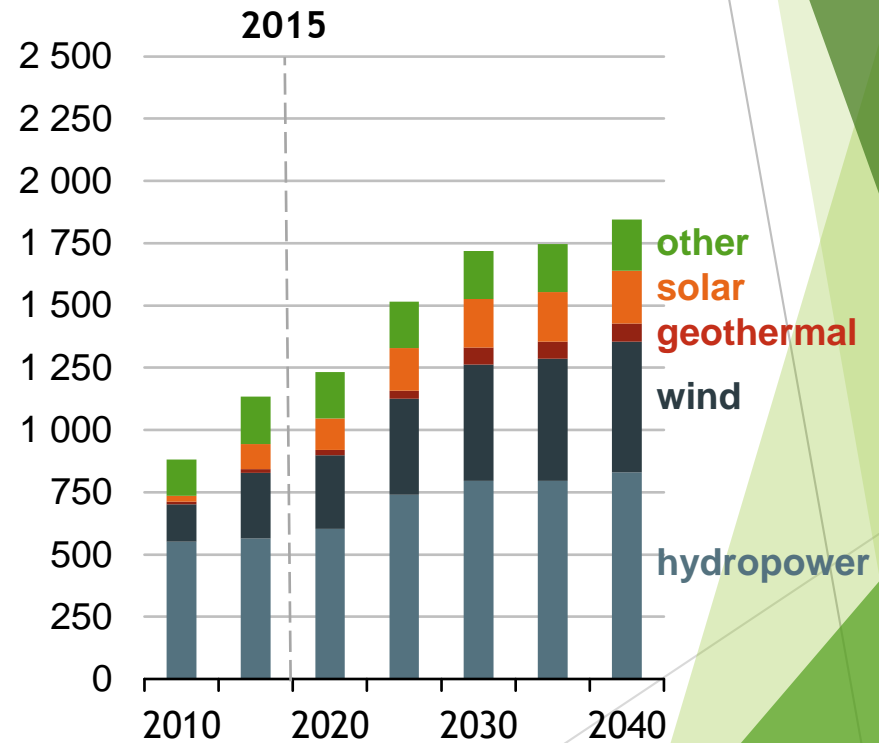
- ▶ Podíl vodní energie na RES poklesne ze 71% ve 2015 na 53% v 2040 tak, jak dostupnost vodních zdrojů v zemích OECD a ohledy na životní prostředí v mnoha zemích omezí počet nových středně velkých a velkých projektů hydroelektráren.
- ▶ Výroba elektřiny z RES mimo hydro poroste v průměru ročně o 4.9% od roku 2015 do roku 2040.
- ▶ Tyto RES nejvíce porostou ve větru (cílově 2,5 trilionu kWh) a ve sluneční energii (1,4 trilionu kWh) tak, jak tyto technologie budou postupem času konkurenceschopnější.

Země OECD v Evropě sníží výrobu elektřiny z jádra –

Electricity generation in OECD Europe
billion kilowatthours



Renewable generation in OECD Europe
billion kilowatthours



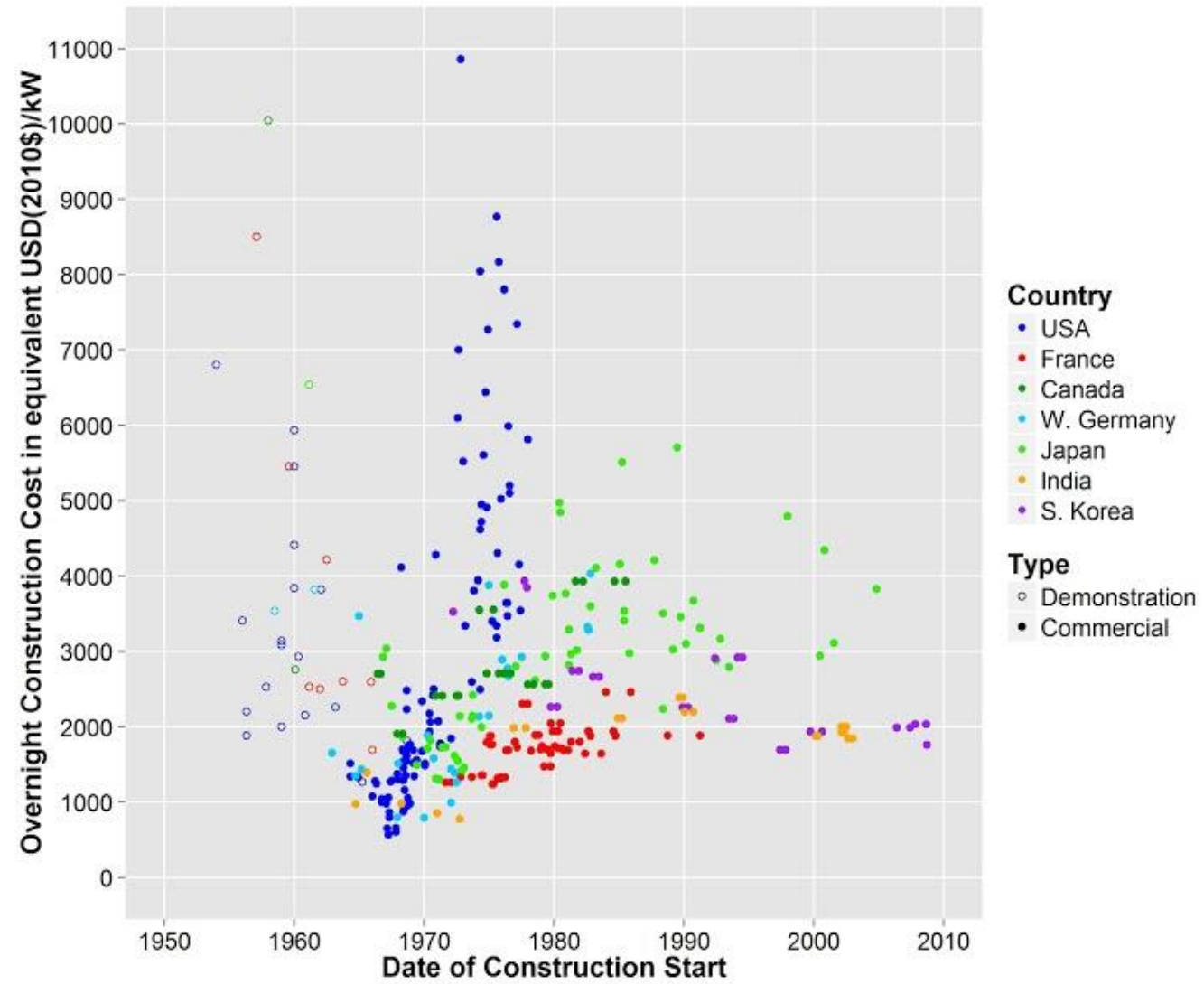
SOURCE: EIA-IEO2017

– a doplní kapacity zemním plynem a RES

- ▶ Čistá výroba elektřiny v OECD Evropa se bude zvyšovat pomalu, v průměru o 1,1% ročně (2015 - 2040) ve srovnání s celosvětovým ročním průměrným růstem o 1,5%.
- ▶ Energetický mix se v Evropě do roku 2040 podstatně změní s nárůstem podílů RES a zemního plynu, podílem uhlí beze změny a poklesem výroby z jádra a kapalných paliv.
- ▶ Očekává se, že podíl výroby z jádra poklesne z 25% v roce 2015 na méně, než 15% v důsledku politik některých států omezit tuto výrobu anebo zdroje odstavit. Týká se to především Francie, Německa a Švédska.
- ▶ Využití zemního plynu pro výrobu elektřiny v OECD Evropa se do roku 2030 nezvětší především v důsledku velkého projektovaného nárůstu výroby na RES. Po roce 2030 se očekává, že v OECD Evropa začne výroba elektřiny z plynu růst a bude dále vytěšňovat jádro, uhlí a RES. Po roce 2020 bude v Evropě chybět 100 GW stabilních tepelných kapacit výroby elektřiny.

HISTORICKÁ DATA - INVESTIČNÍ NÁKLADY, EKONOMIKA

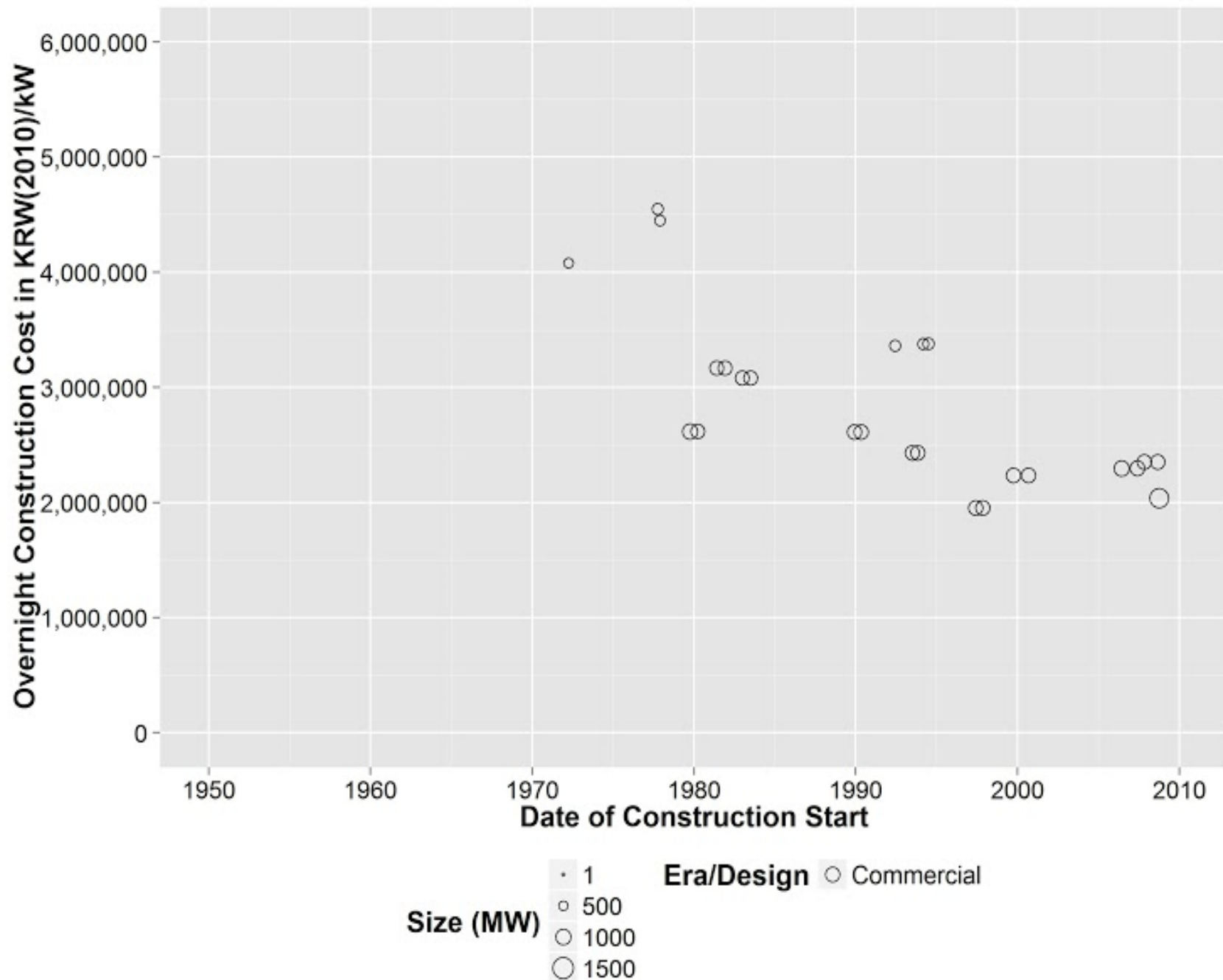
- ▶ Jsou uvedena historická specifická data pro jednotlivé reaktory (overnight construction cost - OCC), zahrnující úplnou nákladovou historii 349 reaktorů v USA, Francii, Kanadě, SRN, Japonsku, Indii a Jižní Koreji, představující 58% všech globálně postavených reaktorů.
- ▶ Trendy v nákladech jsou výrazně proměnlivé co do velikosti a struktury podle období, země a zkušeností.
- ▶ V kontrastu s rychlým nárůstem cen charakterizujícím výstavbu jaderných zdrojů v USA v období po Three Mile Island, bylo prokázáno mnohem menší zvýšení nákladů v řadě zemí a dokonce snížení nákladů v některých z nich ve specifických obdobích.
- ▶ Tato zjištění napovídají, že s jadernou technologií není spojeno žádné inherentní zvyšování cen.



<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516300106>

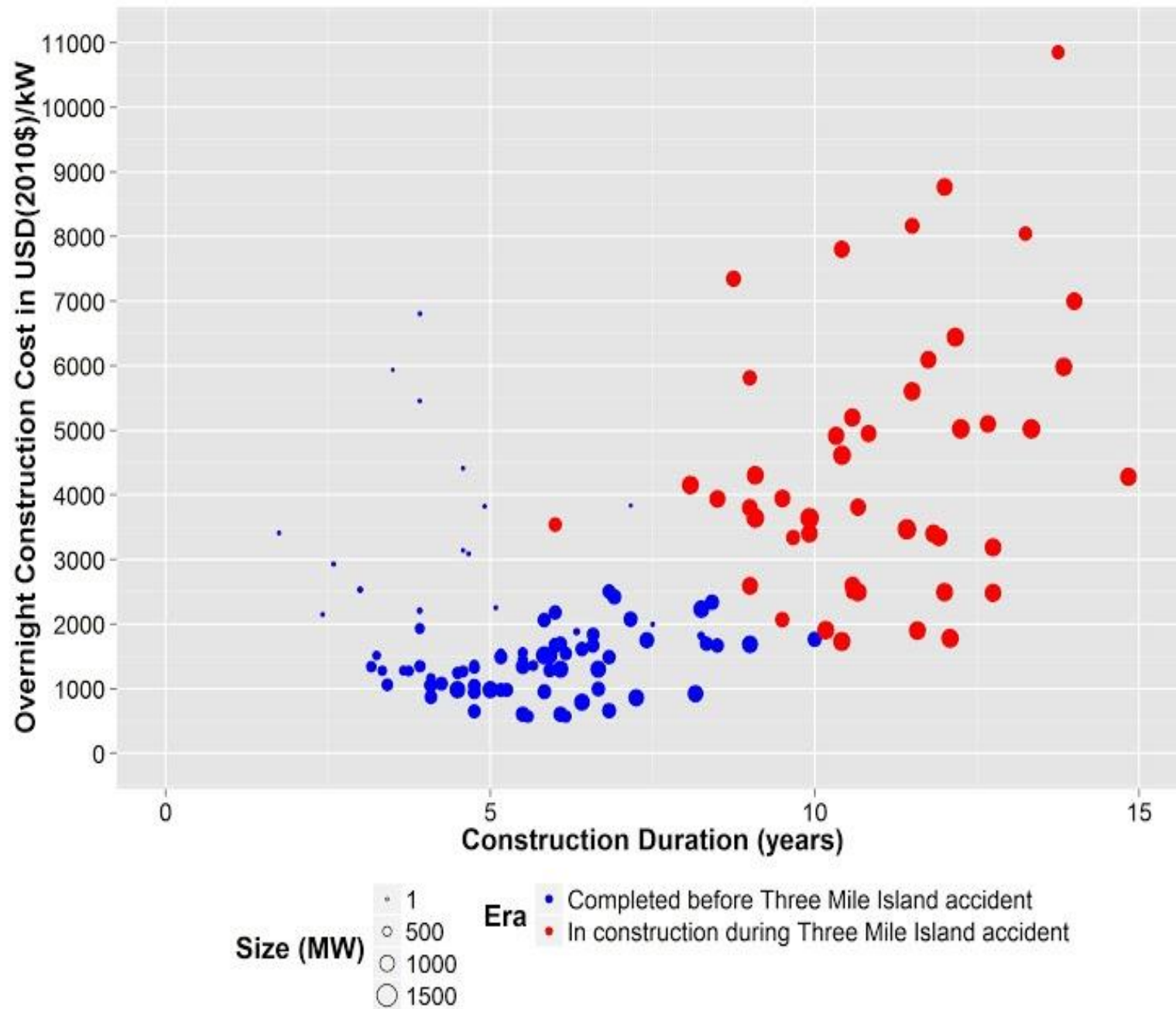
HISTORICKÁ DATA - INVESTIČNÍ NÁKLADY, EKONOMIKA

- ▶ Při srovnávání těchto trendů v sedmi zemích bylo nalezeno, že případ USA je specifický.
- ▶ Rovněž bylo zjištěno, že stávající literatura o USA a Francii má tendenci ignorovat nejstarší demonstrační a komerční reaktory.
- ▶ Podíváme-li se na celou sadu 349 reaktorů, lze nalézt že v zemích, začínajících později, došlo k menší eskalaci nákladů než v USA a že se náklady v posledních desetiletích stabilizovaly.



HISTORICKÁ DATA - INVESTIČNÍ NÁKLADY, EKONOMIKA - Jižní Korea

- ▶ Jižní Korea vykazuje jedinečný trend ve srovnání s dalšími šesti zeměmi v datové sadě, kdy dochází postupem času k trvalému snižování nákladů.
- ▶ To, co Jižní Koreu činí jedinečnou je, že zahájili svůj jaderný program dovozem velkých reaktorů z ciziny a tak přeskočili demonstrační fázi vývoje a ponechali vývoj vlastního reaktoru na pozdější dobu.
- ▶ Důležité je také to, že všechny Korejské jaderné elektrárny jsou vlastněny a provozovány jedinou energetickou společností, Korea Hydro & Nuclear Power, která také projektuje a staví reaktory.
- ▶ Je také nutno konstatovat, že po určitém nedávném přerušení byl korejský jaderný program obnoven s širokým souhlasem obyvatelstva.



HISTORICKÁ DATA - INVESTIČNÍ NÁKLADY, EKONOMIKA

- ▶ Při pohledu na historii nákladů na jádro v USA je snadné za rychlou eskalaci nákladů koncem sedmdesátých let obvinít Three Mile Island.
- ▶ Při pohledu na předešlý diagram, jak náklady, tak doba výstavby explodovaly u instalací, které v té době byly ve výstavbě (výstavba žádné instalace nebyla zahájena po nehodě až do roku 2009)
- ▶ Ale také je pozoruhodná velká variabilita nákladů a doby trvání stavby. Například předposlední reaktor, dokončený v USA, St. Lucie-2 na Floridě, byl dokončen za 6 let s náklady \$3,100 (2010USD), relativně konkurenceschopně s velkými elektrárnami.
- ▶ Po takovém období regulatorní exploze, jak jinak se mohly náklady vyvíjet?

HISTORICKÁ DATA - INVESTIČNÍ NÁKLADY, EKONOMIKA

- ▶ Majitelé si dnes uvědomili, že návratnost investice může být zlepšena zvýšením výkonu jejich licencovaných elektráren tam, kde je rezervní kapacita, modernizací zařízení a dosažením vyšší efektivity v parním cyklu.
- ▶ Z ekonomického hlediska vlastníkům dává smysl provozovat jaderné zdroje co nejdéle, poněvadž investiční náklady byly již splaceny a elektrárny jsou ziskové.
- ▶ Provozní nákladové marže modernizovaných kapacit a prodloužení životnosti jsou asi třetinové oproti novému zdroji (World Energy Council, 2007).
- ▶ Díky globálnímu snižování nákladů na výstavbu, financování a provoz zdrojů, nakládání s vyhořelým palivem atd., the World Nuclear Association (2006a) předpokládá, že jaderná energetika zůstane konkurenceschopná.

HISTORICKÁ DATA - INVESTIČNÍ NÁKLADY, EKONOMIKA

- ▶ Pro nové projekty se zvažuje, že:
 - ▶ Standardizovaná konstrukce, kratší časy výstavby a efektivnější technologie výrazně sníží náklady na stavbu zdroje per kW,
 - ▶ Finanční náklady nových jednotek se budou snižovat s rozvojem nových technologií,
 - ▶ Zefektivnění procesu licencování sníží regulační náklady a nejistoty stanovením předvídatelných technických parametrů a časových rámců od certifikace projektu až po uvedení do provozu,
 - ▶ Nakonec se vytvoří i regionální řešení pro bezpečnou dopravu a ukládání radioaktivního odpadu.

2016 Cost Summary (\$/MWh)

Category	Number of Plants / Sites	Fuel	Capital	Operating	Total Operating (Fuel + Operating)	Total Generating (Fuel + Capital + Operating)
All U.S.	60*	6.76	6.74	20.43	27.19	33.93
Plant Size						
<i>Single-Unit</i>	25	6.77	8.67	25.95	32.72	41.39
<i>Multi-Unit</i>	35	6.75	6.15	18.73	25.48	31.63
Operator						
<i>Single</i>	12	7.18	8.19	21.20	28.38	36.57
<i>Fleet</i>	48	6.63	6.32	20.21	26.84	33.16

*Costs exclude shutdown plants.

Source: Electric Utility Cost Group (EUCG)

ZÁVĚRY

- ▶ Spolehlivá a udržitelná dodávka energie je základním předpokladem jakéhokoliv hospodářského a sociálního růstu.
- ▶ Energetická politika je ve výlučné odpovědnosti vlády a v tomto smyslu jakákoliv energetická politika EU má být pouze rámcem, poněvadž orgány EU neberou žádnou odpovědnost.
- ▶ Nedávný ekonomický pokles (v EU až příliš dlouhý) byl výsledkem restriktivního a podnikatelsky nevlídného prostředí v EU. Hrozící nedostatek stabilních zdrojů po roce 2020 podnikatele do EU nepřivede.
- ▶ Dobrý příklad, jak řídit energetickou politiku je UK a Finsko, s jejich posledními jadernými projekty!
- ▶ Dokonce i pověstný reaktor Olkiluoto bude úspěšný, pokud se týká bezpečnosti dodávek a konec konců i cen elektrické energie!
- ▶ Skutečně je znepokojující vidět výhled ekonomického růstu (OECD - Evropa). Zjevně nás v ČR nemůže uspokojit.
- ▶ Jaderný komplex nám může i do dalších let poskytnout energetickou soběstačnost, ale může i významně přispět rozvoji kvalifikovaného výzkumu a udržitelného rozvoje v jeho původním významu.



Download data sets (CSV):

Download

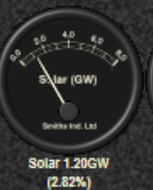
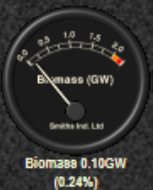
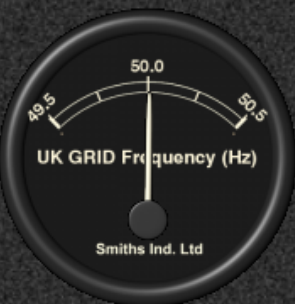
Links

Info

G.B. National Grid Status

Data courtesy of *Elexon portal* and *Sheffield University*

New! Gridwatch France



Pumped 0.32GW (0.75%)

Hydro 0.72GW (1.69%)

Biomass 0.10GW (0.24%)

Solar 1.20GW (2.82%)

CCGT 0.00GW (0.00%)

French ICT -2.04GW (-4.80%)

Dutch ICT 0.78GW (1.84%)

Irish ICT -0.25GW (-0.59%)

E-W ICT -0.28GW (-0.66%)

Demand 42.48GW

Frequency 50.005Hz

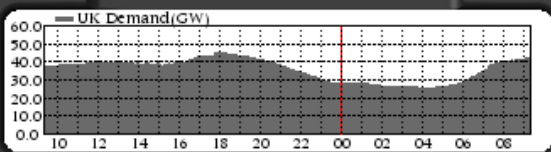
Coal 4.69GW (11.04%)

Nuclear 8.26GW (19.44%)

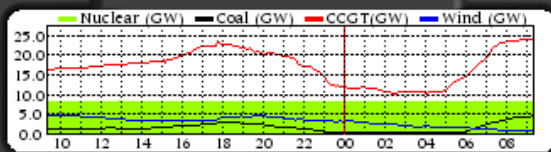
CCGT 24.20GW (56.96%)

Wind 0.84GW (1.98%)

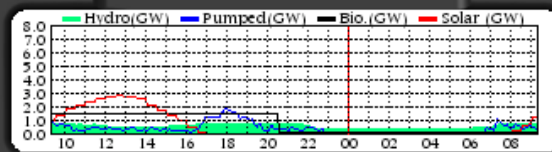
Daily Demand (GW)



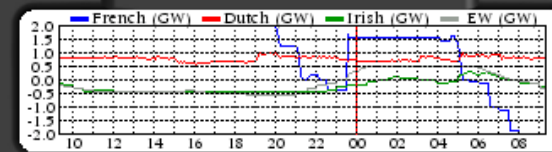
Daily Nuclear/Coal/CCGT/Wind (GW)



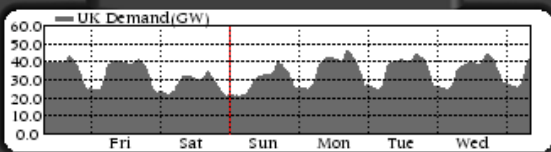
Daily Hydro/Pumped/Bio. (GW)



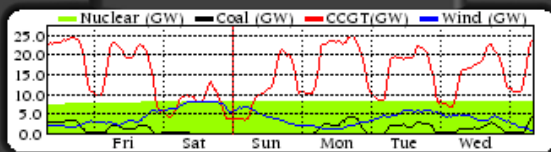
Daily French/Irish/Dutch/EW ICT (GW)



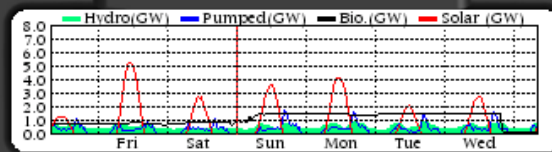
Weekly Demand (GW)



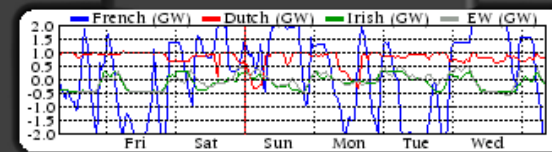
Weekly Nuclear/Coal/CCGT/Wind (GW)



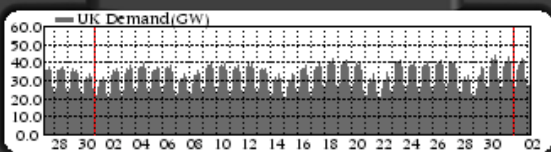
Weekly Hydro/Pumped/Bio. (GW)



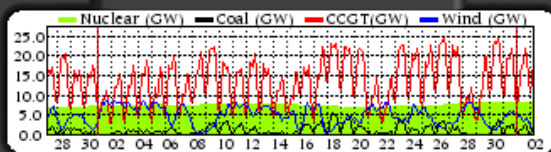
Weekly French/Irish/Dutch/EW ICT (GW)



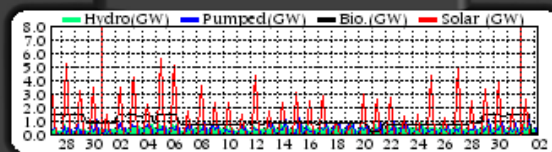
Monthly Demand (GW)



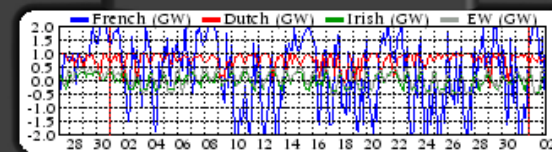
Monthly Nuclear/Coal/CCGT/Wind (GW)



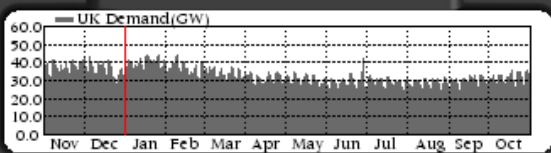
Monthly Hydro/Pumped/Bio. (GW)



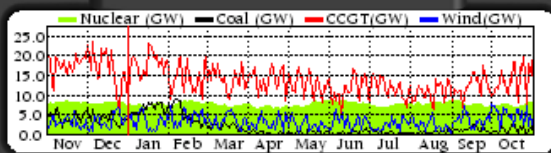
Monthly French/Irish/Dutch/EW ICT (GW)



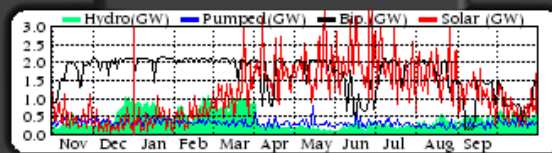
Yearly Demand (GW)



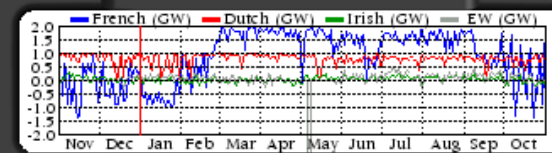
Yearly Nuclear/Coal/CCGT/Wind (GW)



Yearly Hydro/Pumped/Bio. (GW)



Yearly French/Irish/Dutch/EW ICT (GW)



Data last recorded on Thursday the 2nd. of November, 2017 at 09:20 GMT



[Download data sets \(CSV\)](#)

[Download](#)

[Links](#)

[Info](#)

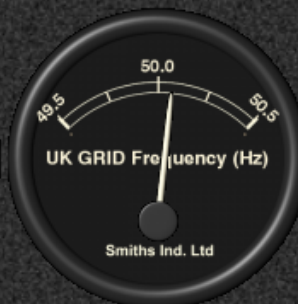
G.B. National Grid Status

Data courtesy of [Elexon portal](#) and [Sheffield University](#)

[New! Gridwatch France](#)



Demand 32.27GW



Frequency 50.069Hz



Coal 0.98GW
(3.04%)



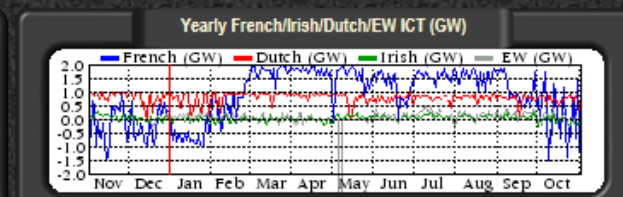
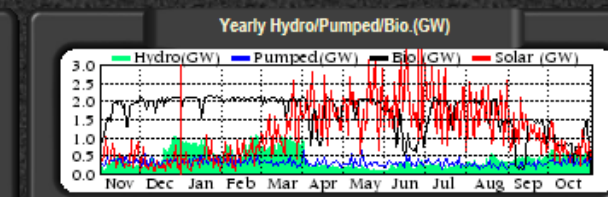
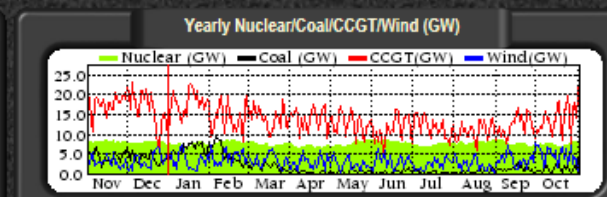
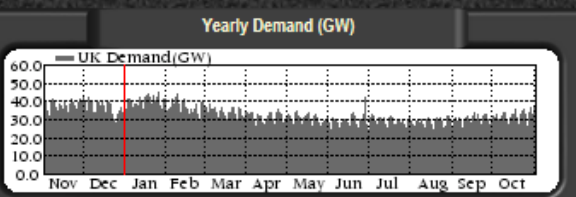
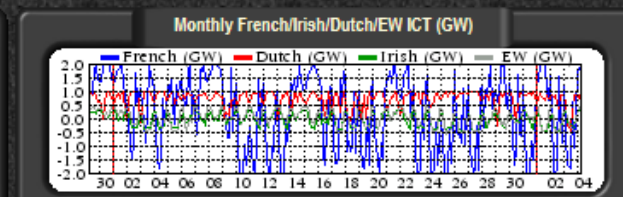
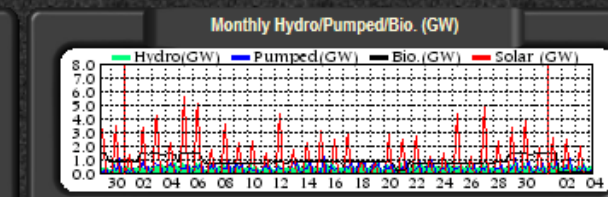
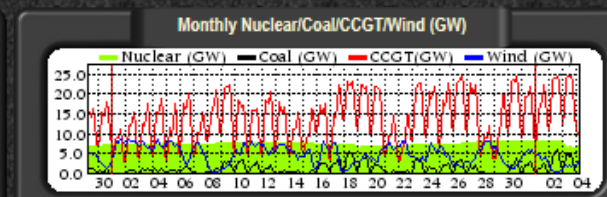
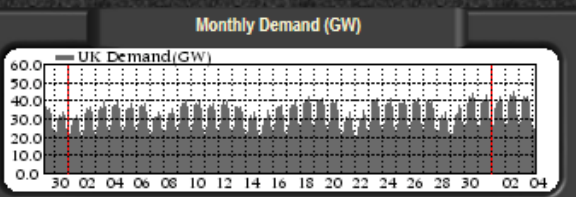
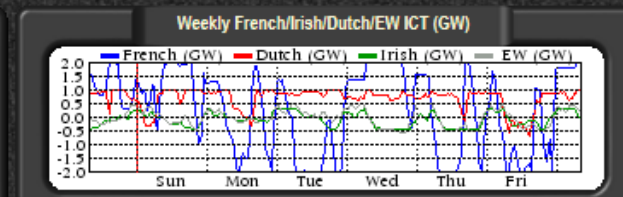
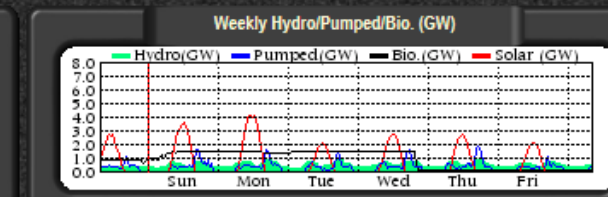
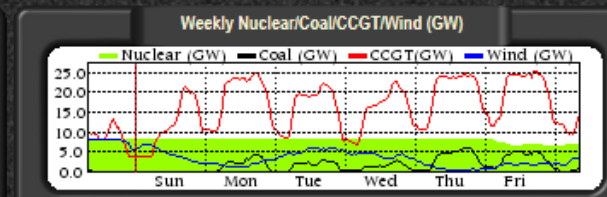
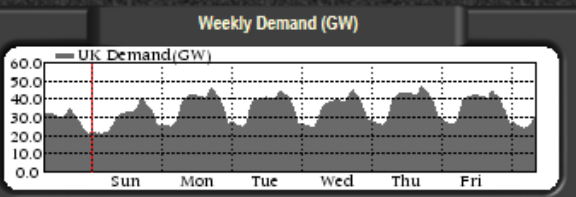
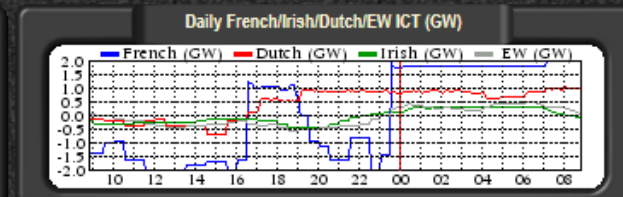
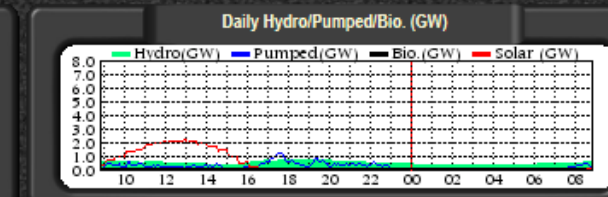
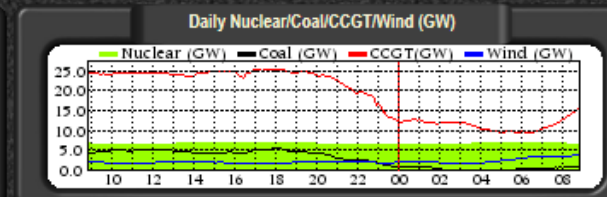
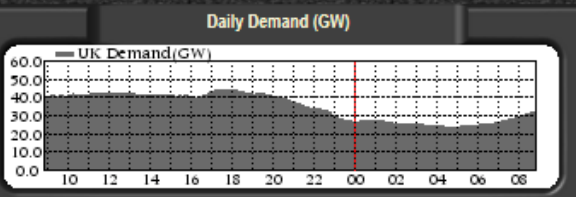
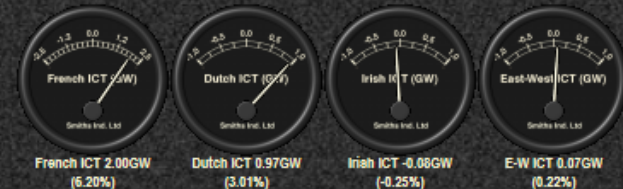
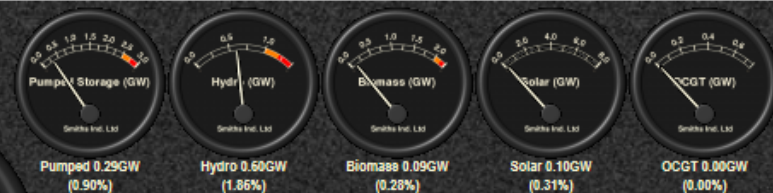
Nuclear 6.54GW
(20.27%)



CCGT 15.46GW
(47.91%)



Wind 3.81GW
(11.81%)



Data last recorded on Saturday the 4th. of November, 2017 at 08:50 GMT