

Zpráva o stavu jaderného průmyslu ve světě 2021 – Stručné shrnutí

World Nuclear Industry Status Report 2021



HLAVNÍ POZNATKY

Instalovaný výkon jaderných elektráren roste, výroba klesá

- Čína předběhla Francii a je celosvětově na 2. místě v roční výrobě jaderné elektřiny.
- V polovině roku 2021 bylo ve 33 zemích v provozu 415 jaderných reaktorů, což je o sedm více než v polovině roku 2020, ale stále méně než v půli roku 2019 a o 23 méně než v roce 2002, kdy počet kulminoval na 438.
- Na celém světě bylo v roce 2020 spuštěno pět reaktorů, mimo jiné první bloky v Bělorusku a Spojených arabských emirátech. To je o osm méně, než bylo v plánu v roce 2019. Šest bloků bylo definitivně odstaveno.
- Celkový provozovaný jaderný výkon vzrostl oproti předešlému roku o 1,9 %, takže v polovině roku 2021 dosáhl 369 GW. To je nové maximum v půli roku, těsně nad dosavadním rekordem 367 GW v roce 2006.
- Výroba elektřiny z jádra v roce 2020 poklesla (poprvé od roku 2012) o více než 100 TWh, což je o více než číní jednotlivá národní výroba ve 28 ze 33 jaderných zemí.
- S výjimkou Číny výroba elektřiny z jádra poklesla na nejnižší úroveň od roku 1995. Podíl jádra na energetickém mixu Francie se propadl na nejnižší úroveň od roku 1985.
- Čína poprvé vyrobila více elektřiny z jádra než Francie a stala se tak druhým největším výrobcem z jádra na světě po Spojených státech.
- Střední věk reaktorového parku na celém světě se od roku 1984 setrvale zvyšuje a dnes činí zhruba 31 let, přičemž každý pátý reaktor je starší než 40 let.
- Podíl jaderné energetiky na světové hrubé výrobě elektřiny nadále pomalu, ale jistě klesá, a to z maxima 17,5 % v roce 1996 na 10,1 % v roce 2020.

Čína nadále vládne ve vnitrostátním rozvoji jádra ... Na nižší úrovni

- Výroba elektřiny z jádra v Číně se zvýšila o 4,4 %, což představuje nejpomalejší nárůst od roku 2009.
- V Číně se v polovině roku 2021 nachází třetina, tedy 18 z celkem 53 světových reaktorů ve výstavbě. Celkový počet reaktorů ve výstavbě na celém světě je nadále hluboko pod číslem 69 z roku 2013.
- Na celém světě byla v roce 2020 zahájena výstavba pěti reaktorů, z toho čtyř v Číně a jednoho v Turecku.
- Společnost China General Nuclear (CGN) pro příští roky opustila plány na vývoz jaderných technologií.
- Čína nesplnila cíle své pětiletky v oblasti jádra (instalovaný výkon 58 GW a dalších 30 GW ve výstavbě), přitom však jen za rok 2020 navýšila výkon větrných elektráren o více než 70 GW a fotovoltaických o téměř 50 GW.
- Do 17 z 53 projektů výstavby v 8 ze 17 zemí je zapojeno Rusko.

Černobyl 35 let po začátku katastrofy

- Většina z 6 800 nemocných rakovinou štítné žlázy z prvních 20 let přežila, ale za vysokou cenu.
- Kontaminace potravin trvá ve velkých částech Evropy, např. v Německu překračuje zákonné limity.
- Čtvrtý blok od listopadu 2016 zakrývá oblouková konstrukce zvaná Nový bezpečný kryt (NSC).
- Demontáž bloků 1-3, jež v roce 1986 nebyly poškozeny, potrvá minimálně do roku 2065.
- Počet návštěvníků v černobylské lokalitě (ukrajinská vláda usiluje o její zápis na seznam světového dědictví OSN) vzrostl z 1 000 v roce 2004 na 200 000 v roce 2019.

Zpráva o stavu Fukušimy po deseti letech

Lokalita. Vysoce kontroverzní plán vypustit více než 1 milion m³ kontaminované vody do oceánu je podmíněn přepracováním minimálně 70 % této vody a jejím naředěním v poměru 1 : 100. Tento úkon by trval minimálně tři desítky let.

Zdraví. K měsíci červenci 2021 byla u 218 osob (jež byly v době expozice dětmi) diagnostikována rakovina štítné žlázy. Počet případů je mnohonásobně vyšší než očekávaný.

- Výskyt rakoviny mezi místním obyvatelstvem se jednoznačně zvyšuje s hladinou kontaminace prostředí. Zveřejněny nebyly žádné lékařské studie o pracovnících.

- Celkový počet oficiálně uznaných „úmrtí v souvislosti s havárií“ po evakuaci z prefektur Fukušima, Iwate a Mijagi dosáhl 3 717, z toho téměř třetina v samotné Fukušimě. To je velmi mnoho vzhledem k tomu, že podíl úmrtí v důsledku zemětřesení a tsunami byl pouze 10 %.

Náklady. Japonská vláda v roce 2021 zveřejnila nový odhad nákladů souvisejících s havárií. Je třikrát vyšší než odhad z roku 2012 a dosahuje 223,1 miliard dolarů. Nezávislé posouzení odhadlo náklady v rozmezí 322–758 miliard dolarů především podle zvolené metody čištění vod a likvidace odpadů.

Soudy. Byla podána řada žalob a mnohé z kauz stále probíhají, například žaloba k vyjasnění občanskoprávní odpovědnosti vedení energetické firmy TEPCO za havárii ve Fukušimě.

- Žaloby se týkají všech provozovaných reaktorů a pokusů o jejich nové spuštění ze strany provozovatelů vyjma jednoho. K dubnu 2021 vydaly soudy celkem osm rozhodnutí o pozastavení provozu jaderných elektráren.

Zločinnost a využívání jaderné energie

- Zdá se, že jaderná energetika má problém s více formami trestné činnosti.
- Některé z problémů trvají již desítky let. Organizace zapojené do organizovaného zločinu v Japonsku již přes deset let dodávají dělníky do jaderných závodů.
- V posledních letech došlo ve významných jaderných zemích (např. v Belgii) k závažným sabotážím provedeným zevnitř.
- Na Indexu vnímání korupce organizace Transparency International za rok 2020 se polovina z 35 zemí provozujících nebo stavících jaderné elektrárny na svém území umístila pod hodnotou 50 ze sta.
- Sedm z desíti zemí nejhůře hodnocených Indexem úplatkářství, jenž posuzuje 28 zemí, na svém území provozuje nebo staví jaderné elektrárny.

Obnovitelné zdroje nadále vzkvétají

- Celkové investice do nových obnovitelných zdrojů elektřiny opět přesáhly 300 miliard dolarů, což je 17krát více, než činí ohlášené celosvětové investice do jaderné energie.
- Obnovitelné zdroje se ukázaly být vysoce odolnými vůči celosvětové pandemii a ve světové energetické síti v roce 2020 přibylo opět rekordních 256 GW jiných než vodních obnovitelných zdrojů. Z toho 111 GW je výkon větrných a 127 GW fotovoltaických elektráren. Jaderná energetika se v čistých číslech rozrostla o 0,4 GW (zahájení minus ukončení výroby).
- Odhadované levelizované náklady na velké fotovoltaické elektrárny od roku 2009 poklesly o 90 % a na větrné o 70 %, zatímco na jaderné elektrárny se o 33 % zvýšily.
- V Evropské unii obnovitelné zdroje v roce 2020 poprvé předstihly fosilní paliva a staly se tak prvořadým zdrojem elektrické energie. V tomto roce také poprvé jiné než vodní obnovitelné zdroje vyrobily více elektřiny než jaderné reaktory.

SHRNUTÍ

Zpráva o stavu jaderného průmyslu ve světě za rok 2021 (WNISR2021) přináší komplexní přehled údajů o jaderných elektrárnách včetně informací o věku, provozu, výrobě a výstavbě reaktorů. Protože rok 2021 je desátým výročím začátku fukušimské katastrofy v Japonsku, letošní zpráva se podrobněji zabývá stavem v lokalitě i mimo ni a rozebírá otázky kontaminované vody a nakládání s odpady, zdravotní důsledky, odhady nákladů a právní kauzy. Ve zvláštní kapitole posuzujeme trvající dopady černobylské havárie na Ukrajině po 35 letech.

Vzhledem k tomu, že svět nadále zápasí s pandemií, rekordními teplotami, lesními požáry, záplavami a dalšími extrémními projevy počasí, přináší WNISR2021 první posouzení odolnosti jaderné energetiky vůči změně klimatu, mimo jiné na případové studii z Francie.

WNISR již dlouhá léta informuje o nekalých praktikách, podvodech, falšování údajů, korupci a další trestné činnosti v jaderné energetice. WNISR2021 poprvé věnuje celou kapitolu otázkám zločinů spojených s využíváním jaderné energie, v níž dokumentuje řadu forem trestné činnosti spojené v mnoha zemích s jadernou energetikou.

WNISR též hodnotí stav programů nové výstavby v 33 jaderných zemích (k polovině roku 2021) i v zemích, jež s jadernou energetikou koketují. WNISR2021 obsahuje kapitoly zaměřené na desítku zemí, jež představují okolo dvou třetin celosvětového reaktorového parku a patří k nim čtyři z pěti největších výrobců elektřiny z jádra. Zpráva o stavu vyřazování z provozu za roku 2021 přináší přehled o aktuálním stavu jaderných reaktorů, jež jsou trvale uzavřeny. Kapitola Nasazení jaderných a obnovitelných zdrojů energie nabízí srovnání údajů o investicích, výkonu a výrobě elektřiny z jádra, větru a slunce i ostatních obnovitelných zdrojů po celém světě. A konečně příloha č. 1 obsahuje přehledy o jaderné energetice v zemích, o nichž nepojednáváme podrobně.

Kompletní zprávu v anglickém jazyce si stáhnete zde: www.worldnuclearreport.org

ZAHÁJENÍ A UKONČENÍ PROVOZU REAKTORŮ

Zahájení provozu. Ve WNISR2019 jsme psali o plánu spustit v roce 2020 13 nových reaktorů. Pouze tři z nich byly skutečně uvedeny do provozu, zatímco ostatních 10 se zpozdilo minimálně do roku 2021. Kromě toho byly uvedeny do provozu dva reaktory, jež na seznamu nebyly. V první polovině roku 2021 byly zprovozněny čtyři bloky.

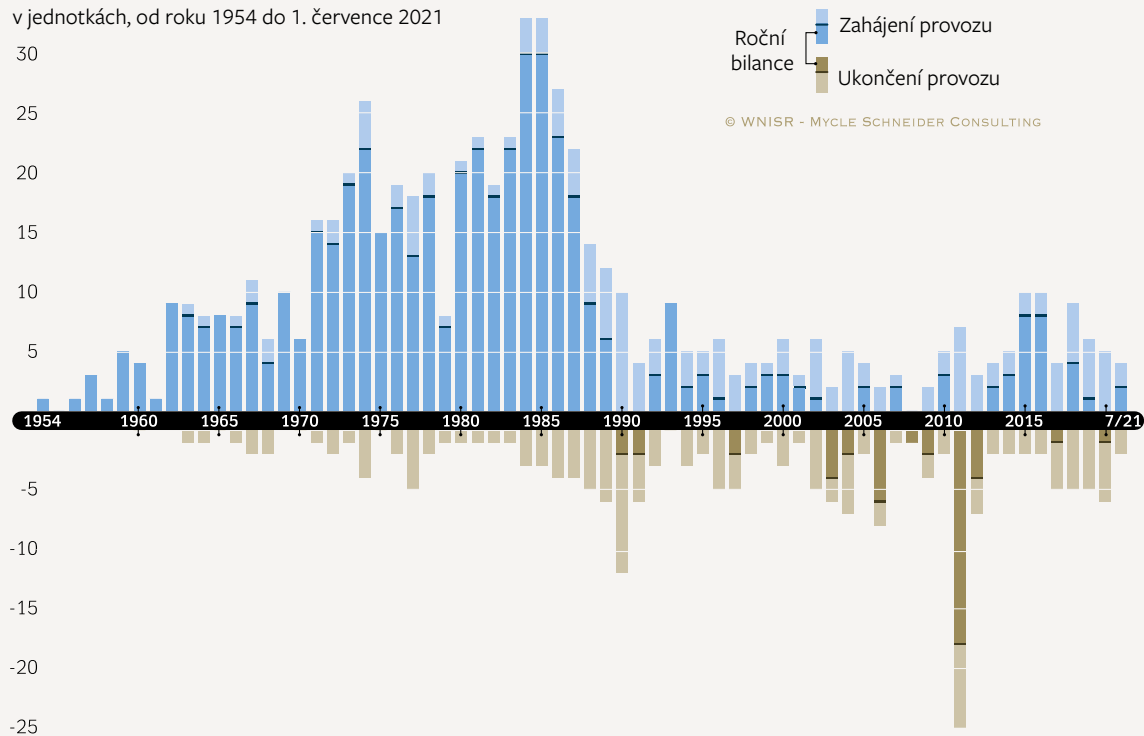
Některé z plánovaných uvedení do provozu narušila pandemie COVID-19.

Ukončení provozu.¹ V roce 2020 skončil provoz šesti bloků, z toho po dvou ve Francii a v USA a po jednom v Rusku a ve Švédsku. V první polovině roku 2021 byl zavřen jeden reaktor na Tchaj-wanu a jeden v USA.

¹ WNISR započítává jednotlivé ukončení provozu za rok, v němž naposledy probíhala výroba elektřiny, a v případě, že daný blok v hodnoceném roce elektřinu nevyrobil, počítáme jej jako uzavřený o rok dříve.

Obr. 1 • Zahájení a ukončení provozu jaderných reaktorů ve světě**Zahájení a ukončení provozu ve světě**

v jednotkách, od roku 1954 do 1. července 2021

**Poznámky:**

WNISR u reaktorů, jež přestaly vyrábět elektřinu, od roku 2019 pracuje s pojmem „ukončení provozu“ namísto „trvalé odstavení“, protože provoz reaktoru považujeme za ukončený k datu poslední výroby. Přestože tato definice není nová, nebyla uplatňována na všechny reaktory ani plně zohledněna v databázi WNISR. Platí to o známých či zdokumentovaných příkladech, jako je Superphénix ve Francii, jež po dva roky před oficiálním ukončením provozu elektřinu nevyráběl, nebo u italských reaktorů, jejichž provoz byl de facto ukončen před referendem v roce 1987.

Za poslední dvě desetiletí (2001–2020) byl ve světě zahájen provoz 95 reaktorů a ukončen provoz 98 reaktorů. Vzhledem k tomu, že v tomto období Čína spustila 47 reaktorů a neukončila provoz ani jednoho, patří na 98 ukončení provozu mimo Čínu jen 48 nově spuštěných reaktorů, což představuje dramatický pokles o 50 bloků.

ÚDAJE O PROVOZU A VÝSTAVBĚ

Provozované reaktory a výroba. K 1. červenci 2021 bylo ve 33 zemích v provozu 415 jaderných reaktorů (nezapočítáváme dlouhodobé odstávky – LTO), což je o sedm více než ve WNISR2020², ale stále o dva méně než v polovině roku 2019, o tři méně než v roce 1989 a o 23 méně než v rekordním roce 2002, kdy jich bylo 438. Své první reaktory spustily dvě země – Bělorusko a Spojené arabské emiráty.

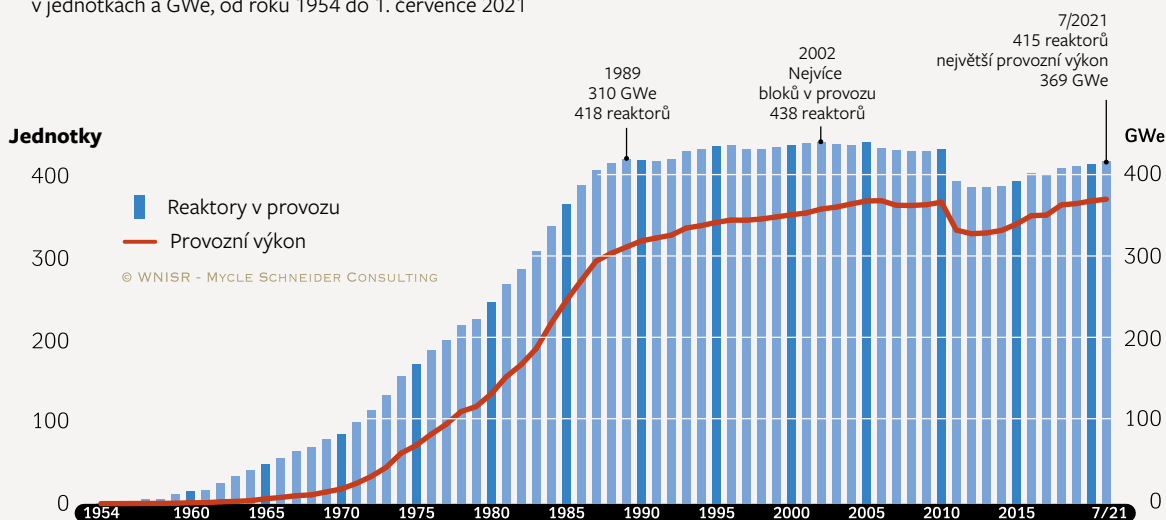
Celkem 26 bloků bylo v LTO (o pět méně než ve WNISR2020), z toho 24 v Japonsku a po jednom v Indii a v Jižní Koreji. Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) všechny tyto reaktory považuje za provozované.

2 Není-li uvedeno jinak, všechna čísla se vztahují k 1. červenci 2021.

Obr. 2 • Světový reaktorový park, 1954–2021

Jaderné reaktory a čistý provozovaný výkon ve světě

v jednotkách a GWe, od roku 1954 do 1. července 2021



Poznámka:

Změny v databázi ohledně dat ukončení provozu reaktorů nebo stavu LTO mírně mění tvar tohoto grafu oproti předchozím vydáním. Především předchozí „nejvyšší provozní výkon“ z roku 2006 (překonaný v červenci 2019) je nyní 367 GW.

Celkový provozovaný výkon oproti předešlému roku vzrostl o 1,9 %, takže v roce 2021 dosáhl rekordních 369 GW, což je těsně nad předchozím rekordem 367 GW z roku 2006.³

Výroba elektřiny z jádra v roce 2020 poprvé od roku 2012 poklesla (o 104 TWh neboli 3,9 %). Roční výroba elektřiny z jádra v roce 2020 poklesla na 2 553 čistých terawatt hodin (TWh neboli miliard kilowatt hodin), tedy o 3,9 % oproti předchozímu roku. Mimo Čínu výroba elektřiny z jádra poklesla o 5,1 % na nejnižší úroveň od roku 1995.

Čína poprvé vyrobila více elektřiny z jádra než Francie.

Pětice největších jaderných zemí – v pořadí podle výroby USA, Čína, Francie, Rusko a Jižní Korea – vyrobila 72 % veškeré elektřiny z jádra v roce 2020 (jen první tři představují 58 %).

Podíl na energetickém mixu. Podíl jaderné energetiky na světové hrubé výrobě elektřiny ztratil nárůst o 0,2 procentního bodu z roku 2019 a opět pomalu, ale jistě klesá, a to z maxima 17,5 % v roce 1996 na 10,1 % v roce 2020.

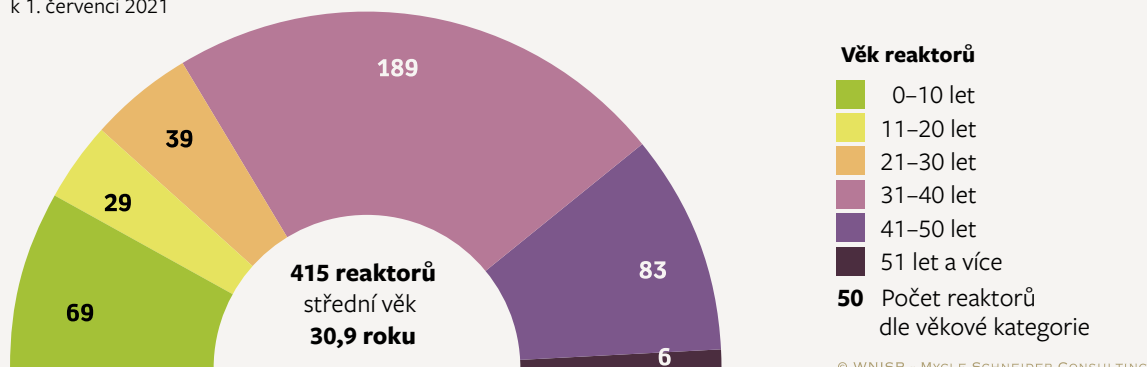
Podíl jaderné energetiky na celosvětové komerční primární spotřebě energie zůstává od roku 2014 stabilní okolo 4,3 %.

Věk reaktorů. Průměrný věk světového reaktorového parku kvůli neexistenci významných programů nové výstavby (s výjimkou Číny) nadále roste a v polovině roku 2021 dosáhl 30,9 roku. Střední věk světového reaktorového parku roste již od roku 1984.

³ Všechny údaje představují jmenovitý čistý výkon výroby elektrické energie. GW znamená gigawatt neboli tisíc megawattů.

Obr. 3 • Věková struktura reaktorů v provozu ve světě**Věk světového reaktorového parku**

k 1. červenci 2021



Celkem 278 reaktorů, tedy dvě třetiny všech fungujících bloků, jsou v provozu 31 a více let, z toho 89 – více než pětina – již běží 41 a více let. Šest bloků je v provozu 51 a více let.

Prognózy životnosti. Kdyby všechny v současnosti provozované reaktory zůstaly v síti do konce své licencované životnosti, včetně mnoha, které již mají povolené prodloužení životnosti (PLEX) a všech bloků ve výstavbě, které již měly být v provozu, muselo by do konce roku 2030 k udržení stávajícího stavu být uvedeno do provozu dalších 123 reaktorů nebo výkon 95 GW – tedy jeden reaktor nebo 0,8 GW měsíčně. To by obnášelo v současném desetiletí více než zdvojnásobit roční tempo výstavby z minulého desetiletí ze 6 reaktorů na 12. Nová výstavba přitom vykazuje klesající trend. Potřebný počet nových bloků by mohl být ještě vyšší, protože řada reaktorů se vyřazuje z provozu dlouho před koncem platnosti licence: střední věk při ukončení provozu 23 bloků v letech 2016–2020 činil 42,6 roku.

Výstavba. Jaderné elektrárny v současné době buduje 17 zemí. K 1. červenci 2021 bylo ve výstavbě 53 reaktorů (o jeden více než WNISR hlásila k polovině roku 2020, ale o 16 méně než v roce 2013), z nichž 18, o celkovém výkonu 17 GW, je v Číně.

Celkový výkon reaktorů ve výstavbě ve světě se zvýšil o 0,5 GW na 54 GW. Aktuální průměrná doba od zahájení prací na výstavbě těchto 53 bloků je 7 let oproti 7,3 roku loni a 6,2 roku v polovině roku 2017. Dokončení řady bloků přitom bude trvat ještě léta.

- U všech reaktorů ve výstavbě v minimálně 12 ze 17 zemích dochází ke zpožděním většinou v řádu let. Alespoň 31 projektů výstavby je ve skluzu.
- Z těchto 31 reaktorů, u nichž je jednoznačně prokázán skluz výstavby, minimálně 13 za poslední rok hlásí delší zpoždění a čtyři ohlásily nové zpoždění.
- V roce 2020 bylo plánované uvedení do provozu 13 reaktorů, ale připojeno k síti jich bylo jen pět.
- Dva z projektů se přitom budují již nejméně 36 let. První z nich jsou Mochovce 3 a 4 na Slovensku, u nichž se zahájení provozu opět odsunulo, aktuálně na roky 2021 a 2023. Druhým je Búšehr 2, jehož výstavba byla původně zahájena v roce 1976, tedy před 45 lety, a po čtyřicetiletém přerušení znovu započala v roce 2019. Jeho připojení k síti se v současnosti plánuje na rok 2024.

- Pět dalších reaktorů je uváděno jako „ve výstavbě“ již deset a více let: prototyp rychlého množivého reaktoru (PFBR) Kakrapar 4 v Indii, Olkiluoto 3 (OL3) ve Finsku, Šimane 3 v Japonsku a Flamanville 3 (FL3) ve Francii. Finský projekt se letos znovu opozdil, připojení francouzského a indického bloku k síti bude nejspíše opět odloženo a u japonského reaktoru není dosud stanovený ani předběžný termín spuštění.
- V deseti zemích bylo za poslední desetiletí dokončeno 63 reaktorů, z toho v Číně 37. Průměrná doba od zahájení výstavby do připojení k síti u nich činí 10 let.

ZAHÁJENÍ VÝSTAVBY A PROBLÉMY S NOVÝMI PROJEKTY

Zahájení výstavby. V roce 2020 bylo započato se stavbou pěti reaktorů (čtyř v Číně a jednoho v Turecku) a v první polovině roku 2021 bylo zahájeno šest projektů, z toho tři v Číně. V roce 2010 přitom začalo 15 projektů výstavby. Rekordní počet zahájených staveb bloků byl v roce 1976 (44 reaktorů).

Za desetileté období 2011–2020 byla ve světě zahájena výstavba 57 reaktorů, z toho tři projekty byly předčasně ukončeny. K polovině roku 2021 z nich pouze 15 bylo v provozu, zatímco 39 je stále ve výstavbě.

Zrušené stavby. Od roku 1970 do poloviny roku 2021 bylo celkem 93 staveb (osmina z celkového počtu 783 projektů) v 19 zemích předčasně zastavena či pozastavena v různých stupních rozestavěnosti.

VÝZNAMNÉ ZEMĚ

Následující desítka významných zemí, jimž se tato zpráva věnuje podrobně, představuje téměř třetinu jaderných zemí, v nichž se nachází zhruba dvě třetiny celosvětového reaktorového parku. Klíčová fakta za rok 2020:

Bělorusko. Dne 3. listopadu 2020 byl do sítě připojen první zdejší reaktor Bělorus 1 v Ostrovci a Bělorusko se tím stalo 33. zemí, jež provozuje jaderné elektrárny. Pro sousední státy je přitom elektrárna velmi kontroverzní a Evropská komise zemi vyzvala k bezpečnostní modernizaci.

Čína. Výroba elektřiny z jádra v roce 2020 vzrostla o 4,4 %, což je nejnižší roční nárůst od roku 2009, ale Čína i tak předběhla Francii a stala se druhým největším výrobcem elektřiny z jádra na světě.

Finsko. Projekt EPR Olkiluoto 3 se opět opozdil, tentokrát „kvůli prodloužení generální opravy turbíny“. „Pravidelná výroba elektřiny“ podle oznámení ze srpna 2021 nezačne dříve než v červnu 2022, tedy 13 let po původním plánovaném termínu spuštění.⁴

⁴ TVO, „Pravidelná výroba elektřiny z EPR OL3 bude odložena kvůli prodloužení generální opravy turbíny“, 20. srpna 2021, viz <https://www.tvo.fi/en/index/news/pressreleasesstockexchangereleases/2021/theregularelectricityproductionofol3epwill-bepostponedduetoextensionofturbineoverhaul.html>, citováno 23. 8. 2021. Stejně jako před rokem i k tomuto nejnovějšímu oznámení došlo po uzavření hlavní části této zprávy.

Francie. Jaderné elektrárny vyrobily téměř o 12 % méně elektřiny než v roce 2019, což představuje 67 % celkové výroby Francie. Jde o nejnižší podíl od roku 1985. Odstávky s nulovým výkonem činily celkem 6 475 reaktorodnů, tedy v průměru téměř třetinu roku za každý reaktor. Projekt EPR Flamanville 3 se znovu opozdil a plánovaný termín spuštění je nyní polovina roku 2023. Konkurence národní energetické společnosti EDF mezitím ke konci roku 2020 přetáhla polovinu komerčních a 26 % občanských zákazníků.

Indie. Po 10 letech výstavby byl v lednu 2021 konečně uveden do provozu reaktor Kakrapar 3. Z jaderných elektráren pochází 3 % elektřiny v zemi. Jak fotovoltaika, tak i větrné turbíny samy vyrábějí více elektřiny než jádro. Obě technologie dohromady dodávají do sítě třikrát více elektrické energie než jaderné elektrárny.

Japonsko. Jaderné elektrárny dodávaly 5 % elektřiny v zemi oproti 7,5 % v roce 2019. Do poloviny roku 2021 bylo v různých měsících znovu spuštěno 10 reaktorů odstavených po havárii ve Fukušimě, ale většinou nevyráběly současně. Jeden se vrátil do stavu LTO. Po dobu šesti týdnů v listopadu a prosinci 2020 byl v provozu pouze jeden blok.

Jižní Korea. Výkon jaderné energetiky již druhým rokem po sobě vzrostl o téměř 10 %, a to po značném poklesu po roce 2015. Jaderný sektor dodával 29,6 % elektřiny v zemi. Jižní Korea podle devátého energetického plánu do roku 2034 omezí roli jádra na pouhých 10 % energetického mixu. Tato politika se však může změnit po příštích volbách.

Tchaj-wan. V červenci 2021 byl ukončen provoz dalšího reaktoru a tři zbývající mají být uzavřeny do roku 2025. Politika odklonu od jádra byla znovuzvolením prezidentky Cchaj Jing-wen v roce 2020 zachována. Podíl jádra na výrobě elektřiny již poklesl ze 41 % v roce 1988 na 13 % v roce 2020.

Spojené království. Výroba elektřiny z jádra poklesla o dalších 11 %, zatímco výroba z obnovitelných zdrojů se o 11 % zvýšila. Trvale uzavřeny byly dva dlouhodobě odstavené reaktory (zařazené v kategorii LTO). Do poloviny července 2022 jsou k ukončení provozu určeny další čtyři bloky. Stárnoucí reaktorový park (v průměru přes 37 let) se potýká s řadou technických problémů, především s neopravitelným poškozením chladicích grafitových tvárnic u pokročilých plynem chlazených reaktorů (AGR), jež vede k vleklým odstávkám. Předpokládané zahájení provozu 1. bloku elektrárny Hinkley Point C je odloženo na polovinu roku 2026 a došlo k dalšímu navýšení odhadovaných nákladů.

Spojené státy. Pokračuje stárnutí reaktorového parku. V polovině roku 2021 činil průměrný věk 40,7 roku, takže poprvé přesáhl hranici 40 let. Konkurovat na trhu je pro jaderné bloky stále obtížnější. Čtyřem nerentabilním jaderným elektrárnám byly přiznány státní dotace, aby nedošlo k jejich „předčasnému uzavření“. Po odhalení nebývalých korupčních pletich v Ohio bude pravděpodobně zrušena finanční pomoc čtyřem reaktorům. Mnoho dalších bloků zůstává ohroženo předčasnou uzavírkou z ekonomických důvodů. Bývalý ředitel jaderné energetické firmy SCANA se u soudu přiznal k podvodnému komplotu spočívajícímu v tutlání finančních problémů dnes již zastaveného projektu výstavby elektrárny V.C. Summer. Nejvyšší vedoucí

pracovník firmy Westinghouse, který měl projekt na starosti, byl obviněn z těžkého zločinu lhaní službě FBI ohledně své role v celém skandálu.

ZPRÁVA O STAVU VYŘAZOVÁNÍ Z PROVOZU

S tím, jak stále více jaderných zařízení bud' dosahuje konce předem stanovené provozní životnosti, nebo ukončuje provoz kvůli horšícím se ekonomickým podmínkám, stává se zásadní výzvou jejich vyřazování z provozu. Upozorňujeme, že součástí této analýzy vyřazování z provozu není nakládání s odpady.

- Do poloviny roku 2021 byl ukončen provoz 196 reaktorů (z toho sedmi před více než rokem), z nichž 176 čeká na likvidaci nebo je v různém stádiu vyřazování, včetně 74, které jsou opatřeny dlouhodobým krytem.
- Plně technicky vyřazeno z provozu bylo dosud pouze 20 bloků (tato situace se od předešlého roku nezměnila), z toho 14 v USA, pět v Německu a jeden v Japonsku. Pouze 10 z těchto lokalit je přitom dnes ve stavu zelené louky s neomezenými možnostmi využití.
- Proces likvidace trvá v průměru zhruba 20 let, přičemž rozmezí je velké od 6 do 42 let (oba extrémy platí pro velmi malé reaktory o výkonu 22 MW, respektive 17 MW).
- Z analýzy 11 nejvýznamnějších jaderných zemí vyplývá, že pokrok při vyřazování z provozu je stále pomalý: z celkem 169 uzavřených bloků jich je 57 v „zahřívací fázi“ a jen 10 v „horké fázi“.
- Žádná z prvních jaderných zemí (Británie, Francie, Rusko a Kanada) dosud plně nevyřadila z provozu ani jeden reaktor.

NASAZENÍ JADERNÝCH A OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

Nasazené obnovitelné zdroje i výroba energie z nich odolala dopadům celosvětové pandemie COVID-19 mnohem lépe než jaderná energetika. Jaderná energetika v roce 2020 narostla o 0,4 GW (+spuštění -ukončení provozu), zatímco výkon obnovitelných zdrojů vzrostl o rekordních 256 GW (o 30 %). Výroba elektřiny z jádra poklesla o 4 %, zatímco z jiných než vodních obnovitelných zdrojů vzrostla o 13 %.

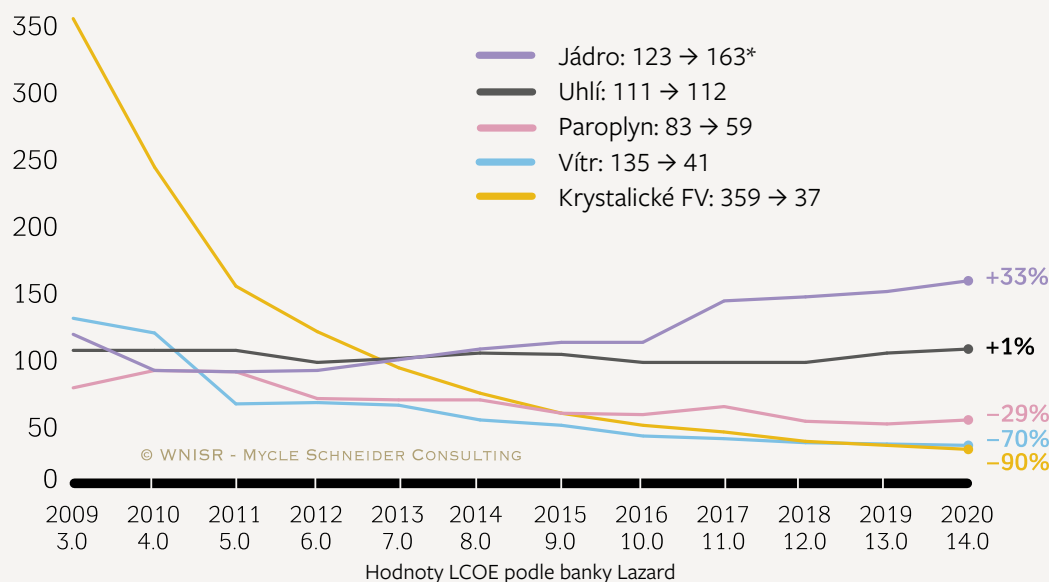
Náklady. Z analýzy dlouhodobých měrných nákladů (LCOE) vyplývá, že velkokapacitní fotovoltaické elektrárny v letech 2009–2020 zlevnily o 90 % a větrné o 70 %, zatímco náklady na nové jaderné zdroje se zvýšily o 33 %. Rozdíl se v letech 2019–2020 dále zvětšoval.

Investice. Celkové investice do výrobního výkonu jiných než vodních obnovitelných zdrojů v roce 2020 podruhé za sebou a počtvrté po letech 2015 a 2017 překonaly 300 miliard dolarů. To je téměř 17krát více než ohlášená celosvětová investiční rozhodnutí k výstavbě jaderné energetiky (ta činila okolo 18 miliard dolarů za 5 GW). Investice do jaderné energetiky představují osminu investic do energetiky větrné (142 miliard dolarů) a solární (149 miliard dolarů).

Instalovaný výkon. Expanze větrné energetiky se v roce 2020 téměř zdvojnásobila na 111 GW a fotovoltaická vzrostla o 127 GW (o 22,5 %). Tempa růstu obou oborů byla rekordní a z velké míry

Obr. 4 • Klesající náklady obnovitelných zdrojů oproti tradičním zdrojům elektrické energie**Vybrané historické střední náklady na jednotlivé technologie**

Hodnoty LCOE v USD/MWh *



* Zohledňuje celkový pokles středních hodnot LCOE oproti verzi LCOE 3.0 banky Lazard z roku 2009.

Poznámky:

LCOE = levelized cost of energy – dlouhodobé měrné náklady

* Tento graf zohledňuje průměr nedotovaného rozsahu LCOE za danou verzi studie LCOE. Týká se především obnovitelných zdrojů v Severní Americe, ale zohledňuje i širší, globální pokles nákladů.

přispěla k novému světovému rekordu v podobě 256 GW výkonu jiných než vodních obnovitelných zdrojů. Porovnejte tato čísla s celkovým čistým nárůstem výkonu jaderné energetiky o 0,4 GW.

Výroba elektřiny. Výroba elektřiny ze solárních zařízení v roce 2020 narostla o 21 % a z větrných o 12 %, zatímco výroba z jádra o 4 % klesla. Výroba elektřiny z jiných než vodních obnovitelných zdrojů převýšila výrobu z jádra o 16,5 %.

Nízkouhlíková energetika. Oproti roku 1997, kdy došlo k podpisu Kjótského protokolu, se v roce 2020 v celém světě vyrábělo o 1 580 TWh více elektřiny z větru a o 855 TWh více ze slunce, zatímco z jádra to bylo o 289 TWh více (čistý nárůst). V březnu 2011 činila výroba z jiných než vodních obnovitelných zdrojů o 2 386 TWh více než v roce 2010 a vodních o 861 TWh více, zatímco jaderná energetika vyráběla o 68 TWh méně.

Podíl na energetickém mixu. Podíl výroby elektřiny z nových obnovitelných zdrojů (vyjma vodních) po dosud nejsilnějším meziročním nárůstu dosáhl 10,7 %, čímž se ještě zvětšil rozestup oproti klesajícímu podílu jaderné energetiky (ten činil 10,1 %).

V **Číně** jen výroba elektřiny z větru ve výši 466 TWh opět dalece převýšila 366 TWh z jádra, přičemž fotovoltaika už je na 261 TWh. Solární a větrná energetika dohromady vyrábějí dvakrát více elektřiny než všechny čínské jaderné elektrárny.

V **Indii** výroba elektřiny jak z větru, tak i ze slunce jednotlivě převýšila jadernou o 50 % a dohromady z nich pocházel více než trojnásobek elektřiny oproti jaderným elektrárnám.

V **Evropské unii** obnovitelné zdroje včetně vodních v roce 2020 poprvé překonaly fosilní paliva a staly se tak prvořadým zdrojem elektrické energie. Do mixu přispívají 38 %, zatímco fosilní paliva 27 % a jádro 25 %. Rok 2020 je též prvním rokem, kdy jiné než vodní obnovitelné zdroje vyrobily více elektřiny než jaderné reaktory.

Ve **Spojených státech** výroba elektřiny z jádra poklesla o 3,6 % na nejnižší úroveň od roku 2012, a to následkem pandemie COVID-19 a konkurence ostatních zdrojů. USA naproti tomu v roce 2020 vyrobily rekordní množství elektřiny z obnovitelných zdrojů, jež představovala 12 % celkové výroby oproti 20 % z jádra. Výkon větrných elektráren se v roce 2020 zvýšil o 14 % a výroba ze slunce vzrostla o 22 %.

ODOLNOST JADERNÉ ENERGETIKY VŮČI ZMĚNĚ KLIMATU

Studie z poslední doby předkládají důkazy o tom, že výrobu energie a energetické služby stále více narušuje změna klimatu, a to zvyšováním proměnlivosti, intenzity a nepředvídatelnosti počasí. Odolnost energetiky lze zhruba definovat jako schopnost vyrovnat se s různými typy potenciálně rušivých jevů či událostí, zotavit se z nich a minimalizovat jejich dopady. Zvláštní kapitola zaměřená na otázku odolnosti jaderné energetiky vůči změně klimatu přináší přehled problémů jednotlivých technologií výroby elektřiny a rozvodných soustav na případové studii z Francie.

- Zranitelné vůči proměnám teploty okolí a teploty vody jsou nejčastěji všechny typy tepelných elektráren. Jaderné elektrárny jsou zvláště ohroženy suchem.
- Obnovitelným zdrojem energie nejzranitelnějším vůči změně klimatu jsou vodní elektrárny, což se dá předpokládat vzhledem k jejich vysoké závislosti na dostupnosti vody. Výkon větrných elektráren silně závisí na hustotě větru v dané lokalitě. Výkon fotovoltaické energetiky závisí na oblačnosti a teplotě okolí. S rostoucí teplotou okolí klesá účinnost solárních panelů.
- Vysoká teplota okolí vede k vyšším ztrátám při přenosu a distribuci. Z výzkumu vyplývá, že při zvýšení teploty vzduchu o každých 5 °C se kapacita plně zatíženého přenosového vedení sníží v průměru o 7,5 %. Závažné dopady na rozvodnou síť mají i lesní požáry.

Přehled konkrétních výzev pro jaderná zařízení. Existují dvě hlavní linie působení:

- **Narušení provozu** kvůli omezeným možnostem chlazení způsobené suchem a vlnami veder vede k výpadkům v důsledku omezeného odvádění tepelné energie vznikající uvnitř reaktoru; výsledkem je buď snížení výkonu nebo úplný výpadek s nulovým výkonem.

- V Evropě jsou hlavním faktorem klimatického narušování extrémní teploty. Za poslední dvě desetiletí často způsobovaly odstávky či omezení výkonu jaderných reaktorů vlny veder; největší proběhly v letech 2003, 2006, 2015 a 2018.
- **Silné bouře**, kam patří výpadky způsobené prudkými bouřemi typu hurikánů či tajfunů, často doprovázenými záplavami, blesky apod., jež mohou mít vliv především na vlastní napájecí soustavu elektrárny.
 - Zvláště náchylné k poruchám v důsledku činnosti cyklónů jsou jaderné elektrárny v Severní Americe a východní Asii.

Nepřímé jevy způsobené klimatem a jaderná zařízení mimo reaktory:

- K **nepřímým jevům způsobeným klimatem** s dopadem na provoz jaderných elektráren patří množení medúz, jež mohou zablokovat vstupy do kanálů chladicí vody, lesní požáry, jež mohou vést k evakuaci elektrárny, záplavy, jež mohou odříznout napájení a přístup po silnici, a stoupající hladina moře, jež může vést k intenzivnějším bouřím.
- WNISR se nevěnuje zařízením v rámci palivového cyklu, jako je těžba uranu, výroba jaderného paliva, přepracování vyhořelého paliva, či zařízení pro nakládání s odpady a jejich likvidaci. Upozorňujeme však, že u všech z nich hrozí riziko nežádoucích jevů způsobených změnou klimatu.

Případová studie Francie – Historické a nedávné události

- První narušení provozu jaderných elektráren v souvislosti s počasím byly hlášeny již v roce 1976. V srpnu 2003 bylo v důsledku vysoké teploty nedostupných 10–15 GW, tedy 16–24 % celkového instalovaného jaderného výkonu.
- K incidentům z nedávné doby patří nedostupnost tří ze čtyř reaktorů elektrárny Blayais v oblasti Bordeaux v březnu 2021 kvůli nahromadění cizí hmoty, jež vyřadila přečerpávací stanice (zanesení) a měsíční odstávka dvou bloků o výkonu 1450 MW v elektrárně Chooz na hranicích s Belgií způsobená nízkou hladinou řeky Mázy od srpna do září 2020.

Případová studie Francie – Dopad na výrobu elektřiny z jádra v letech 2015–2020

Dopad počasí na výrobu jaderné energie v letech 2015–2020 analyzuje studie francouzského provozovatele přenosové soustavy RTE. Z výsledků vyplývá:

- Počasí v letech 2015–2020 způsobilo cca 4 000 hodin odstávek s nulovým výkonem (ztráta výroby ve výši 166 reaktorodů) a dalších 4 000 hodin se sníženým výkonem.
- K nedostupnosti způsobené klimatickými jevy docházelo každoročně: nejméně v roce 2016, kdy došlo jen 18x ke snížení výkonu, a nejhorším rokem byl 2018 s 23 plnými výpadky a 103 poklesy výkonu.
- Za těchto šest let bylo minimálně jednou zasaženo 26 reaktorů (včetně obou v JE Fessenheim) a 12 jich bylo v určitou dobu odstaveno (včetně jednoho v JE Fessenheim).
- Celková ztráta výroby je 8,5 TWh, tedy průměrně 1,4 TWh za rok. To představuje pouze cca 0,4 % roční výroby z jádra ve Francii.
- Ztráty výroby však podle všeho vykazují rostoucí trend. K největším ztrátám ve výši 3 TWh došlo v roce 2020.

- Přestože se absolutní ztráty výroby jeví zanedbatelné, jsou jen obtížně předvídatelné a často se soustředí do relativně krátkého období roku. Například vlna veder v roce 2019 ovlivnila devět reaktorů a způsobila ztrátu 10 % instalovaného jaderného výkonu, jež zase vedla k prudkému nárůstu spotových cen na trhu s elektřinou.
- Nedostupnost způsobená klimatickými jevy se v tomto období soustředila do měsíců července a listopadu, přičemž polovina ztrát výroby nastala v září. JE Chooz byla v září 2020 zcela vyřazena po dobu 28 dnů. Září je měsícem s nejmenším průtokem v řekách Rhône a Máze a stále častěji v něm probíhají pozdní vlny veder.
- Devět ze 14 jaderných elektráren ve vnitrozemí v daném období postihla nedostupnost v důsledku klimatických jevů. U tří elektráren došlo k poklesu výroby o více než 1 TWh: Chooz (4,4 TWh), Saint Alban (2 TWh) a Bugey (1,1 TWh).
- Narušení výroby lze rozdělit do tří obecných kategorií: letní typ (způsobený teplotou), podzimní typ (způsobený malým průtokem vody) a zimní typ (způsobený záplavami či bouřemi).
- **Letní narušení** jsou obvykle krátká, ale mohou zasáhnout více elektráren současně a téměř s jistotou k nim bude docházet stále častěji.
- **Podzimní narušení** často trvají déle, ale zůstávají více lokalizovaná. Nastávají v době malého průtoku, kdy řeky nedokážou účinně naředit horkou vodou vypouštěnou z elektráren, takže je obtížnější plnit teplotní limity.
- **Zimní narušení** způsobují méně časté jevy, jež však mohou nést vyšší riziko (např. záplavy v lokalitě JE Blayais v prosinci 1999).
- U stávajících elektráren jsou omezené možnosti adaptace. Zároveň, ačkoli většina adaptačních strategií vychází z klimatických prognóz, EDF pracuje s extrapolacemi. Maximální teploty se počítají extrapolací historických pozorování po dobu 10 let. To s sebou z podstaty nese riziko podhodnocení proměnlivosti teploty v budoucnosti.
- Bezpečnostním důsledkům interakcí jaderných elektráren s klimatickými jevy stále příliš nerozumíme, zejména tam, kde jadernou energetiku zavádíme v prostředí s potenciálně zvlášť nepříznivým klimatem, například na Blízkém východě či v Bangladéši. Nečekané extrémní projevy počasí též mohou mít zvlášť ničivé dopady, pokud nastanou ve stejnou dobu, jako probíhající jaderná havárie.

Zpráva o stavu jaderného průmyslu ve světě 2021

Komplet v anglickém jazyce: www.worldnuclearreport.org

Předmluvu napsal:

Naoto Kan

Bývalý předseda vlády Japonska, poslanec japonské Sněmovny reprezentantů

Hlavní autoři:

Mycale Schneider

Nezávislý konzultant, Paříž, Francie
Koordinátor projektu a vedoucí autor

Antony Froggatt

Nezávislý konzultant, zástupce ředitele a vyšší výzkumný pracovník, Environment and Society Programme, Chatham House, Londýn, Velká Británie
Vedoucí autor

Spolupracovali:

Julie Hazemann

Ředitelka organizace EnerWebWatch, Paříž, Francie
Rešerše dokumentů, modelování a vizualizace dat

Hisako Sakiyama

Předseda představenstva Fondu 3/11 pro děti s rakovinou štítné žlázy, bývalý člen Nezávislé vyšetřovací komise Národního shromáždění Japonska k jaderné havárii ve Fukušimě, Japonsko
Přispívající autor

Ali Ahmad

Výzkumný pracovník, Project on Managing the Atom a International Security Program (ISP), Kennedyho správní fakulta Harvardovy univerzity, USA
Přispívající autor

Tatsujiro Suzuki

Zástupce ředitele Výzkumného centra pro zrušení jaderných zbraní, Univerzita Nagasaki (RECNA), bývalý místopředseda Japonské komise pro jadernou energii, Japonsko
Přispívající autor

Mariana Budjeryn

Výzkumná spolupracovnice, Project on Managing the Atom, Kennedyho správní fakulta Harvardovy univerzity, USA
Přispívající autor

Yuichi Kaido

Právník, Japonsko
Přispívající autor

Ben Wealer

Výzkumný spolupracovník, Pracovní skupina pro ekonomickou a infrastrukturní politiku, Technická univerzita Berlín, Německo
Přispívající autor

Thibault Laconde

Technický poradce a zakládající předseda organizace Callendar, Francie
Přispívající autor

Agnès Stienne

Výtvarnice, grafička, kartografka, Le Mans, Francie
Grafický návrh a úprava

Mathilde Le Moal

Kriminolog, výzkumný spolupracovník v Realist Revolt, Francie
Přispívající autor

Nina Schneider

Podnikatelka na volné noze
Korektury a produkce

M. V. Ramana

Vedoucí Katedry odzbrojení, globální a lidské bezpečnosti Fakulty veřejné politiky a globálních věcí, Univerzita Britské Kolumbie, Vancouver, Kanada
Přispívající autor

Friedhelm Meinass

Výtvarník, malíř, Rodgau, Německo
Návrh obálky, malby a úprava

Zpráva o stavu jaderného průmyslu ve světě 2021 – Stručné shrnutí

Tuto publikaci společně vydávají pražská kancelář Heinrich-Böll-Stiftung, Calla – Sdružení pro záchranu prostředí a Hnutí DUHA



Hlavní autoři:

Mycele Schneider

45, Allée des Deux Cèdres
91210 Draveil (Paris) France
T: +33-1-69 83 23 79
E: mycele@WorldNuclearReport.org

Antony Froggatt

53a Neville Road
London N16 8SW United Kingdom
T: +44-79 68 80 52 99
E: antony@froggatt.net

Originál: www.worldnuclearreport.org

Překlad: Petr Kurfürst

Editace: Karel Polanecký, Edvard Sequens

Grafická úprava: Lenka Pužmanová

Kontakty na vydavatele:

Heinrich-Böll-Stiftung Praha,
Jugoslávská 567/16, 120 00 Praha 2, cz.boell.org

Calla – Sdružení pro záchranu prostředí,
Fráni Šrámka 35, 370 01 České Budějovice, calla@calla.cz, www.calla.cz

Hnutí DUHA
Údolní 33, 602 00 Brno, pratele@hnutiduha.cz, www.hnutiduha.cz

Dílo je zveřejněno pod licencí Creative Commons CC BY-NC-SA. Je povoleno šířit dílo, pokud je uveden autor díla, a to pouze k nekomerčním účelům a při zachování stávající licence.