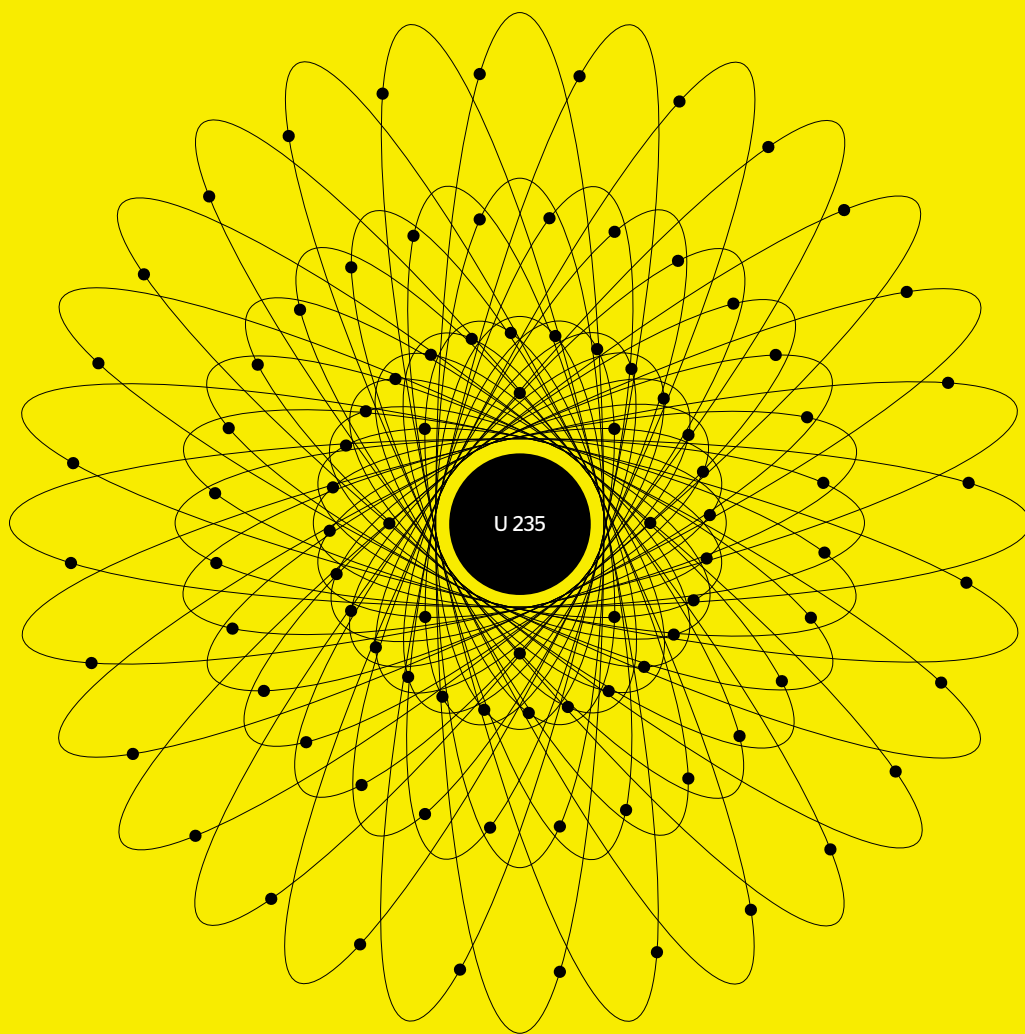
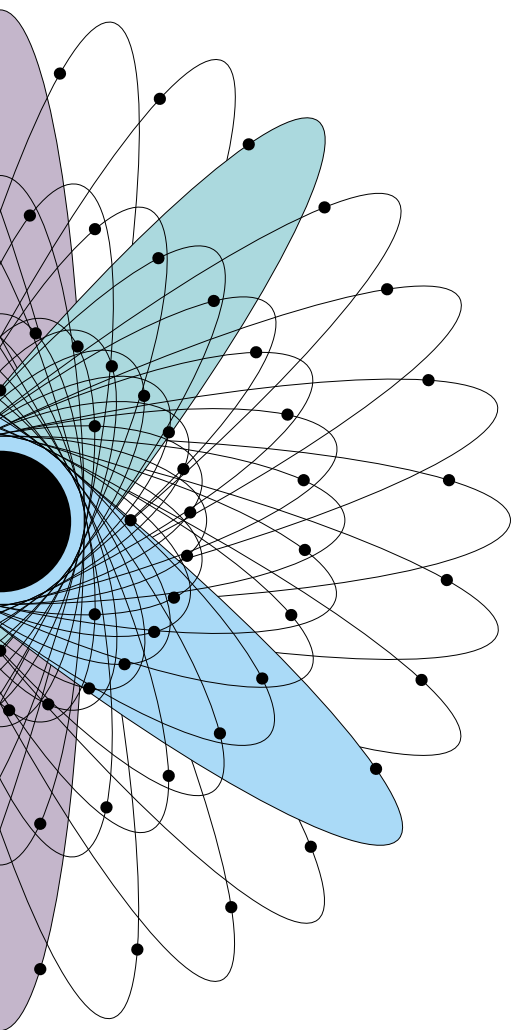






Ředitel speciálních projektů Economia: Petr Orálek

Vedoucí magazínu: David Tramba

Redaktoři: Petr Lukáč, Václav Trejbal, Robert Zelenka

Komentátoři: Dana Drábová, Daniel Jiříčka, Aleš John, Karel Křížek,

František Pazdera, Tomáš Rychtařík, Milan Šimoník, Pavel Šolc,

Ladislav Štěpánek, Jiří Tyc, Jaroslav Vokurek.

Konzultace: Barbora Půlpánová

Grafické zpracování: Jan Vyhnánek, Zuzana Brečanová, Jan Stejskal

Atom Energy Outlook 2015

Po 60 letech s jádrem je třeba říci: mělo to smysl. A stále má

V roce 1955, tedy před 60 lety, se začala psát historie místního jaderného průmyslu a energetiky. Vybudovali jsme nejen vlastní řetězec dodavatelů strojů, technologií a služeb, ale také vlastní výzkum a vysoké školství se zaměřením na atomovou energii. Byly to hlavně české hlavy a ruce, kdo v minulých desetiletích stál za vznikem elektráren v Dukovanech a Temelíně. Dnes řešíme otázku, zda na našem území někdy vyrostou moderní reaktory třetí generace. Přinejmenším s ohledem na desítky dodavatelských firem i na akademické a výzkumné kapacity by byla škoda, kdyby se tak nestalo.

Obsah

Jaderný výzkum

Těžba uranu

Dukovany

Jaderný průmysl

Temelín

Jádro mimo energetiku

Modernizace elektráren

Češi a jádro

Češi proti proudu?

Pro a proti

4

8

12

16

20

26

30

34

38

42

Český jaderný výzkum: Od nuly ke světové špičce



**Po celém světě
lze nalézt 240
výzkumných
jaderných
reaktorů. Z toho
tři se nacházejí
na území České
republiky.**

Je léto roku 1898. Marie Curie-Sklodowská informuje pařížskou akademii věd, že se svým manželem izolovala z jáchymovského smolince silně radioaktivní látku, která obsahuje dosud neznámý kov – později pojmenovaný polonium. Nový prvek byl 400krát aktivnější než do té doby známý uran. Na sklonku roku přichází další objev – radium, jež je dokonce 900krát aktivnější. Výzkumy znamenaly zásadní přelom ve zkoumání přírodní radioaktivity a položily vedle objevu uranu a rentgenových paprsků základ celé jaderné fyziky.

Až do první světové války byl západočeský Jáchymov jediným místem na světě, kde se těžilo radium. Mimořádně, s Jáchymovem souvisí i objev uranu – po rozboru jáchymovského smolince jej v roce 1789 popsal jako dosud neznámý prvek německý chemik Martin Heinrich Klaproth.

České země tak byly od samého počátku výzkumů přímo v centru dění. Čeští výzkumníci se svým know-how dnes patří do světové špičky a podílejí se na nejperspektivnějších projektech současnosti.

Na počátku 19. století se však výzkum nového vědního oboru, který byl v té době spojován především s lékařstvím, soustředil do Vídně. Pražské vysoké školy si na první přednášky z oboru přírodní radioaktivity musely počkat až do roku 1908.

Obrat přišel po vzniku samostatného Československa. Už v roce 1922 se do Paříže přímo k Marii Curie-Sklodowské vydal studovat první Čech, tehdy čtyřiatřicetiletý František Běhounek. Když se vrátil do vlasti, zasloužil se o vznik Státního radiologického

ústavu, studoval jáchymovskou léčivou vodu a kosmické záření.

Před válkou odjel do Anglie studovat radioaktivitu dvaatřicetiletý fyzik Václav Petržílka. V Cavendishově laboratoři v Cambridgi experimentoval s reakcemi protonů a lehkých jader. Jeho průkopnické práce jsou prvním přínosem české vědy v tomto oboru. Po návratu v roce 1938 musel svou práci načas přerušit, protože u nás nebyl potřebný urychlovač částic. Věnoval se proto studiu kosmického záření a se spolupracovníky postavil na Lomnickém štítu výškovou laboratoř.

Na své britské výzkumy navázal po druhé světové válce coby šéf Laboratoře pro nukleární fyziku České akademie věd a umění (LNF ČAVU). V té době byl veškerý jaderný výzkum jednotlivých zemí částečně nebo úplně utajovaný. Spolupráce neexistovala, a český výzkum si tak musel hledat vlastní cesty. Čeští výzkumníci pracovali především na výpočtech pomalého reaktoru s přírodním uranem.

Jediným Čechem, který se do té doby seznámil se samotnou konstrukcí jaderného zařízení, byl Čestmír Šimáně. Během stipendijního pobytu ve Francii měl možnost poznat těžkovodní uranový reaktor ZOE. Po návratu se stal prvním zaměstnancem LNF ČAVU.

Laboratoř v té době získala svůj první urychlovač. Byl objednan u švýcarské firmy Haefely, ale dlouho se pro něj nemohlo najít vhodné místo. Vláda nakonec rozhodla o uvolnění historické budovy hostivařského parního mlýna, kde byly ateliéry a kulisárna Československého filmu.

V polovině 50. let se situace uvolnila a tehdejší Sovětský svaz nabídl českým vědcům v lednu 1955 dodání jaderných technologií včetně reaktoru. V té době už v šesti zemích světa pracovalo 27 výzkumných reaktorů.

Již v červnu vyšlo vládní nařízení o vzniku Ústavu jaderné fyziky a zároveň se začalo se stavbou areálu v Řeži u Prahy, v úzkém údolí podél Vltavy. Areál byl projektován na 600 pracovníků, v Hostivaři jich však pracovalo pouhých 50. Ústav tedy zahájil rozsáhlý nábor studentů a absolventů vysokých škol, kteří se nově vědě učili za pochodu.

V září 1957 zahájil v Řeži provoz první reaktor. Palivem byl uran obohacený 10 procenty izotopu 235 a moderátorem i chladičem byla destilovaná voda. Pro její dopravu do Řeže byla použita nerezová cisterna na převoz mléka. Přestože ji pracovníci pečlivě vymyli, po zalití reaktoru se objevil mléčný zákal. A tak se rozšířila fáma, že první československý reaktor je chlazen mlékem.

Po spuštění reaktoru mohly odstartovat experimentální práce v mnoha oborech, od neutronové fyziky přes výzkum nových konstrukčních materiálů a neutronových aktivních analýz až po technologie nakládání s radioaktivním odpadem a vývoj a výrobu radiofarmak pro diagnostiku a lékařskou terapii.

Koncem 80. let bylo staré zařízení přestavěno na výkonnější reaktor LVR 15, který dále rozšířil možnosti výzkumu i vývoje. V roce 1983 byl uveden do provozu druhý experimentální reaktor LR-0, který vznikl přebudováním těžkovodního reaktoru nulového výkonu TR-0 ze 70. let.

Základnu výchovy odborníků pro český jaderný výzkum tvoří Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT. Jako jediné pracoviště v Evropě a pravděpodobně i na světě má pro své studenty k dispozici obě jaderná experimentální zařízení – štěpný reaktor Vřabec i fúzní reaktor (tokamak) Golem.

Od roku 2008 má Česká republika k dispozici ještě modernější tokamak Compass. Byl instalován v pražském Ústavu fyziky plazmatu Akademie věd a provádí se na něm nejpokročilejší experimenty v oblasti vysokoteplotního plazmatu a termojaderné fúze.

Na výzkumu jaderné fúze pracují vědci také v pražském centru PALS. Jde o laserový systém, který patří do první desítky laserových systémů na světě a využívá se k výzkumu laserového plazmatu. Potvrzením vysoké úrovně českého jaderného know-how je probíhající stavba nejmodernějšího laserového pracoviště světa ELI Beamlines v Břežanech u Prahy. Ambiciózní projekt za 6,8 miliardy korun má zahájit provoz na přelomu let 2017 a 2018.

ÚJV Řež v číslech

(finanční výsledky z roku 2014, nekonsolidované)

Výše aktiv

2,48 miliardy korun

682 zaměstnanců

(+524 v dceřiných firmách)

Tržby

1,22 miliardy korun

akcionáři:

ČEZ (52,5 %),
Slovenské elektrárny (27,8 %),
Škoda JS (17,4 %)
a obec Husinec (2,4 %)

Čistý zisk

42 milionů korun

Výdaje na výzkum a vývoj

248 milionů korun

ÚJV Řež má 5 divizí...

● Divize Jaderná bezpečnost a spolehlivost

zajišťuje podporu provozu jaderných elektráren a podílí se na přípravách stavby nového jaderného zdroje v ČR

● Divize Integrita a technický inženýring

zabývá se hodnocením pevnosti a životnosti zařízení jaderných elektráren

● Divize Chemie palivového cyklu a nakládání s odpady

poskytuje širokou škálu služeb v oblasti nakládání s radioaktivními odpady, transportu jaderného paliva, projektů hlubinného úložiště a radiochemických měření

● Divize Energoprojekt Praha

realizuje komplexní projektové činnosti v energetických odvětvích včetně jaderného

● Divize Radiofarmaka

vyvíjí a vyrábí léčivé přípravky, například radiofarmaka určená pro diagnostiku

... a 4 dceřiné společnosti

● Centrum výzkumu Řež

provádí výzkumné a vývojové činnosti především v jaderné energetice, materiálovém výzkumu a využití vodíku

● EGP Invest

zajišťuje projektové práce a služby v oboru investiční výstavby, rekonstrukcí a modernizací elektráren, své služby nabízí i v oblasti průmyslových, vodohospodářských a občanských staveb

● Ústav aplikované mechaniky Brno

orientuje se na řešení praktických problémů vzniklých během provozu energetických a petrochemických zařízení

● Výzkumný a zkušební ústav Plzeň

nabízí služby v oblasti akreditovaných zkoušek, výzkumu a vývoje zařízení pro energetiku

Ústav v Řeži má za sebou politické čistky i povodeň



František Pazdera

Autor byl v letech 1993 až 2008 předsedou představenstva a generálním ředitelem ÚJV Řež, nyní je poradcem ministerstva průmyslu a obchodu.

Kde se vzal Ústav jaderného výzkumu v údolí Vltavy severně od Prahy? K čemu sloužil a jaké jsou jeho perspektivy?

Stejně jako v ostatních oblastech lidské činnosti je při pohledu do historie a budoucnosti třeba chápat vše v kontextu dané doby. Zvládnutí štěpení uranu, které je milionkrát koncentrovanějším zdrojem energie než spalování fosilních paliv, bylo zásadním průlomem pro rozvoj společnosti. V poválečném Československu nebyly v této oblasti dostatečné zkušenosti, ale už 14. června 1946 byla ustavena komise s cílem připravit zřízení Ústavu pro atomovou fyziku v rámci České akademie věd a umění.

K založení Ústavu jaderné fyziky došlo vládním nařízením ze dne 10. června 1955. Za pomoci Sovětského svazu i díky široké mezinárodní spolupráci se podařilo velmi rychle vybudovat špičkové výzkumné a vývojové multidisciplinární cílově orientované pracoviště a úspěšně naplňovat zadané cíle.

V oblasti jaderné energetiky se Československo zaměřilo na vývoj a výstavbu prototypové jaderné elektrárny o elektrickém výkonu 150 megawattů, moderované těžkou vodou a chlazené oxidem uhličitým s palivem na bázi přírodního uranu. Ústav jaderného výzkumu (ÚJV) v Řeži u Prahy se podílel na jejím vývoji. Část aktivit ústavu se také zaměřovala na využití jaderných technologií ve zdravotnictví, průmyslu, zemědělství, ale také třeba při restaurování kulturních památek. Po 15 letech existence měl ústav již 2000 pracovníků a vypracoval se na špičkové mezinárodní pracoviště.

Koncem 60. let se v Československu rozhodovalo o dalším směřování výstavby jaderných elektráren. Volba nakonec v roce 1970 padla na technologii tlakovodních reaktorů v sovětském provedení VVER. Ústav se tedy počátkem 80. let přeorientoval na podporu výstavby a provozu reaktorů VVER.

Ropná krize počátkem 70. let urychlila výstavbu jaderných elektráren ve světě. Dostatek uranu a obavy Spojených států amerických ze šíření jaderných zbraní však vedly k utlumení vývoje sodíkem chlazených rychlých reaktorů.

Ústav během 60 let své historie zvládl naplňovat své poslání a úspěšně překonal řadu složitých situací – třeba označení za protistátní centrum po roce 1968, transformaci na akciovou společnost v roce 1992 a nakonec i povodeň v létě 2002.

ÚJV se plně zapojil do spolupráce v oblasti jaderné energetiky v rámci Evropské unie i mimo ni. Využívání jaderné energetiky není možné bez potřebné infrastruktury garantované státem a ústav je její neopomenutelnou součástí. Státy, ve kterých došlo ke snížení jejího významu, ji opět budují – příkladem může být Velká Británie. V dlouhodobé perspektivě je role ÚJV pro Českou republiku nezastupitelná.

Prožil jsem v ÚJV Řež dvě desetiletí jako výzkumný pracovník a následně 15 let ve funkci generálního ředitele.

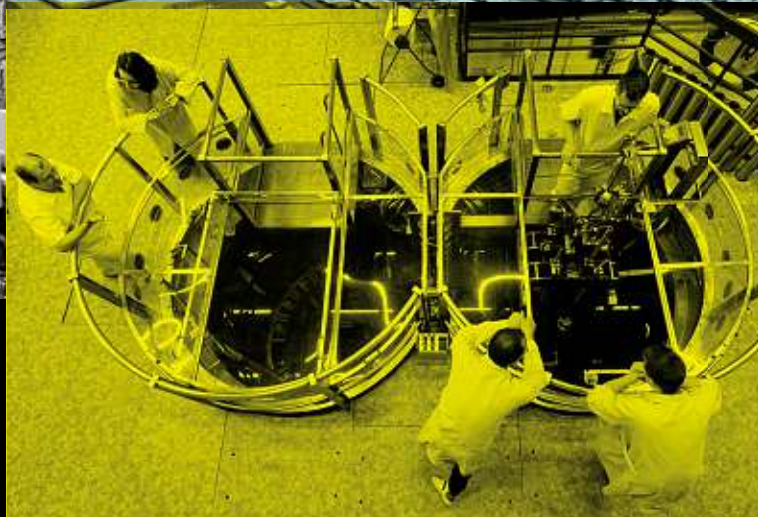
Teprve dnes, po sedmi letech práce mimo ústav, jsem schopen plně docenit jeho význam pro českou energetiku (nejen jadernou) i pro celou řadu dalších oborů, třeba pro zdravotnictví.



Fakulta jaderná
a fyzikálně
inženýrská
má několik
výzkumných
center.

Mimo jiné
provozuje
školní jaderný
reaktor Vrabec
a fúzní tokamak
Golem.

HLADINA VLTAVY
POVODĚN
13. 8. 2002 ve 13:35



1,26 MLD. KČ

činily jen v roce 2014 celkové výdaje Skupiny ČEZ na
výzkum a vývoj, který probíhá zejména ve výzkumných
ústavech společnosti ČEZ v Řeži u Prahy.

Česko, uranová velmoc s následky

Česko je možné právem pokládat za uranovou mocnost světového formátu. Nejde jen o to, že na našem území leží jeden z posledních činných uranových dolů v Evropě. Dějiny využívání nejtěžšího přírodního kovu, který lidstvo dokázalo zpracovat ke svému užitku i zkáze, zásadním způsobem ovlivnila jeho těžba z našich ložisek.

Dobývání uranové rudy začíná v Jáchymově v 19. století, ale byl to jen vedlejší produkt při těžbě stříbra. Tehdy se kov využíval jako barvivo ve sklářském a keramickém průmyslu. Začátkem 20. století bylo z narudlého jáchymovského smolince (jak mu horníci říkali kvůli tomu, že značil neúspěch při hledání stříbra) získáváno vůbec první radium pro léčbu zářením.

Několik let zde držel Jáchymov světový monopol a ceny za gram radia se šplhaly neuvěřitelně vysoko – v roce 1911 stál jeden gram radia půl milionu německých marek.

Rozmach těžby přišel po druhé světové válce, když se z uranového koncentráту stala klíčová ingredience k výrobě atomové bomby, ale i k mírovému využití jaderné energie v elektroenergetice. Většina uranu vytěženého v Československu mířila do Sovětského svazu, který rudu potřeboval pro budování svého jaderného arzenálu i k provozu prvních výzkumných a prvních energetických reaktorů. Z téměř 110 tisíc tun vytěžené rudy za éry socialismu doma zůstalo asi jen pět procent.

Vedle obnovení produkce v Jáchymově bylo postupně zahájeno dobývání v Horním Slavkově, Příbrami, Stráži pod Ralskem a řadě dalších lokalit. Jejich počet

se nakonec vyšplhal na 66. Jednou z nich byla i Rožná na Žďársku, kde se těžba rozjela v roce 1957 a jako v jediném dosud funkčním dole u nás i ve střední Evropě pokračuje dodnes.

Podmínky v dolech prošly během uplynulých dekád velkou proměnou. Náročnou práci v těžkých podmínkách po dlouhé období vykonávali političtí vězni. Vedle klasické hlubinné těžby byla pak v oblasti Stráže pod Ralskem v 60. letech minulého století zahájena těžba podzemním loužením. Při ní jsou do podzemí pumpovány chemikálie (hlavně kyselina sírová), jež uran rozpouštějí. Vzniklý roztok je potom čerpán na povrch, kde se z něj uran oddělí. Kvůli velikému politickému tlaku na maximální množství vytěženého uranu byla tehdy upozaděna ochrana životního prostředí a státní podnik Diamo dodnes likviduje následky.

Od konce 90. let zůstal v provozu jen důl v Rožné, ale i ten pravděpodobně čeká do několika let postupný útlum. I když jde o druhé největší ložisko u nás (po Příbrami), vyčerpává se. Zatímco v roce 2009 dosáhla těžba 242 tun, loni to bylo jen 193 tun a pro letošní rok se plánuje vytěžení 170 tun uranu. K tomu, aby se vyplatilo těžit i hlouběji než ve stávajících 1150 metrech pod zemí, musely by vzrůst ceny uranu na světových trzích. Ty se v posledních osmi letech svezly ze 7000 korun za kilogram na zhruba 1500 korun. Svou roli zde sehrálo otevírání nových dolů v Kazachstánu a v afrických zemích.

Státní podnik Diamo nicméně nechce kapitolu tuzemské těžby zcela uzavřít a plánuje otevření dalšího ložiska u Brzkova na Jihlavsku. Přípravné práce posvě-



Důl v Rožné na Vysočině zahájil provoz již v roce 1957, a patří tak mezi nejdéle provozované důlní lokality na světě.

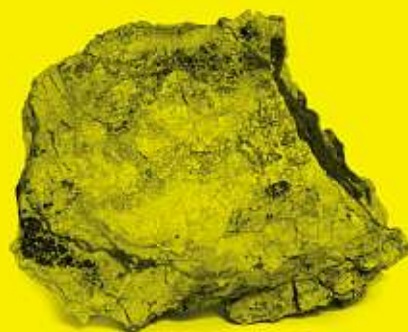
tila loni v prosinci vláda. Podle nedávno dokončené studie proveditelnosti by těžba uranu mohla u Brzkova začít někdy kolem roku 2023 a pokračovat zhruba 16 let. V ložisku se podle dosavadních odhadů nachází kolem tří tisíc tun uranu. Konečné rozhodnutí o zahájení těžby ale s největší pravděpodobností připadne až některému z příštích vládních kabinetů.

V brzkovském dole by mohlo být zaměstnáno 410 lidí. Horníci z Rožné, v níž by měl být uran dotěžen zřejmě v roce 2017, tam však přejít nestihnou. V dolech totiž mohou kvůli zdravotnímu rizikům pracovat jen deset let. I tak ale Rožná zcela neosiřší. Pokud se rozjede produkce v Brzkově, bude se uranová ruda převážet ke zpracování do 50 kilometrů vzdálené chemické úpravně v Rožné. Tu nyní kromě těžarů využívají i mezinárodní instituce a uvažuje se o její modernizaci.

Ve světě se ročně těží bezmála 60 tisíc tun uranu, největšími velmocemi v těžbě rudy jsou Kazachstán, Kanada, Austrálie, Niger a Namibie. Podle aktuálních studií vystačí světové zásoby uranu, nezmění-li se počet jaderných bloků a nenasadí-li se nové technologie, na nejméně sto let. Ovšem po roce 2030 se očekává nástup nové generace reaktorů, které umožní znovu využít již použité palivové články. Díky tomu by jádro mohlo sloužit energetickým potřebám lidstva ještě tisíce let.

Přes tyto vyhlídky počítá stát s tím, že použité palivo z našich bloků bude třeba někde natrvalo uskladnit. Nejvhodnějším místem pro tyto účely jsou geologické formace hluboko pod zemí. Aktuálně probíhá průzkum sedmi potenciálních míst vytipovaných Správou úložišť radioaktivních odpadů. Jde o lokality Čertovka na pomezí Ústeckého a Plzeňského kraje, u Březového potoka poblíž Horažďovic v Plzeňském kraji, v Magdaleně na Tábořsku, Čihadlu na Jindřichohradecku, Kraví hoře na Žďársku, Hrádku na Jihlavsku a v Horce pod Velkým Meziříčím.

Trvalé úložiště by v Česku mělo fungovat od roku 2065. Jeho stavba však potrvá asi 15 let, proto je třeba o konkrétním místě rozhodnout dříve. Náklady, které by podle stávajících odhadů měly dosáhnout zhruba 50 miliard korun, budou kryty z tzv. jaderného účtu, do něhož drtivou většinu prostředků odvádí ČEZ. Na účtu se již nahromadilo přes 20 miliard korun.



Velmocí jaderné energetiky

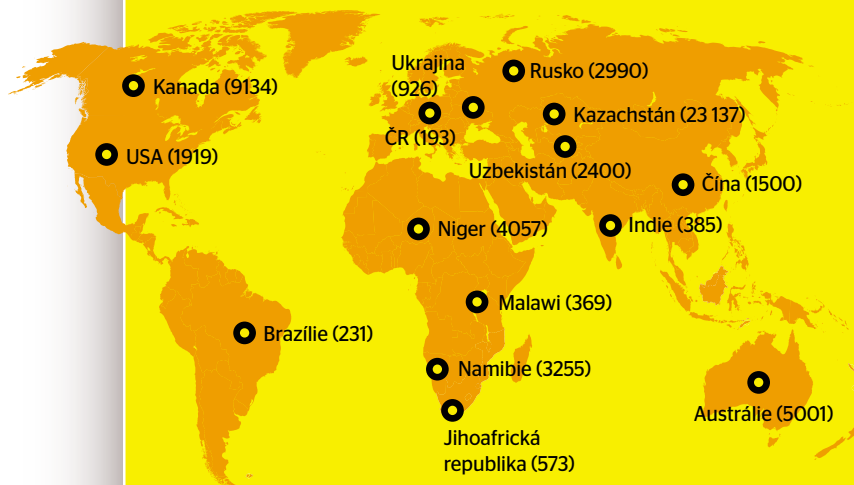
	REAKTORY V PROVOZU		REAKTORY VE VÝSTAVBĚ	
	počet	výkon (MW)	počet	výkon (MW)
USA	99	98 756	5	6018
Francie	58	63 130	1	1720
Japonsko *	43	40 480	3	3036
Rusko	34	25 264	9	7968
Čína	26	23 144	23	25 163
Jižní Korea	24	21 657	4	5600
Kanada	19	13 553	0	0
Ukrajina	15	13 168	0	0
Německo	9	12 003	0	0
Velká Británie	16	10 038	0	0
Švédsko	10	9487	0	0
Španělsko	7	7002	0	0
Belgie	7	5943	0	0
Indie	21	5302	6	4300
Taiwan	6	4927	2	2600
Česká republika	6	4173	0	0

* všechny reaktory jsou v současnosti odstavené z provozu

zdroj: World Nuclear Association (WNA)

Kde se těží uran

údaje z roku 2014, v tunách





**Tomáš
Rychtařík**

Pracuje v podniku
DIAMO od roku
1987, od roku
2000 působil
ve funkci ředitele
odštěpného
závodu ve Stráži
pod Ralskem.
Ředitelem
státního podniku
Diamo se stal
v březnu 2014.

Se zahlazováním následků těžby uranu si umíme poradit

Těžba uranu bezesporu významně ovlivňuje životní prostředí. Proto je třeba hledat způsoby, jak dopady co nejvíce zmírnit a po vyčerpání zásob místo co nejšetněji sanovat. Česká republika má v této oblasti dlouhodobé zkušenosti, proto byly informace získané například v oblasti Stráže pod Ralskem použity k sestavení zásad Mezinárodní atomové agentury (IAEA) – takzvaných technik „best practice“ – pro použití podzemního loužení uranu ve světě.

Právě touto metodou je dnes zajišťováno více než 47 procent světové produkce uranu. Při použití moderních postupů totiž může představovat méně rizikovou alternativu k ostatním dobývacím metodám – klasické hlubinné nebo povrchové těžbě. Zkušenosti, které byly v průběhu těžby uranu a především v průběhu sanačních prací získány, mohou být využity při budoucích úvahách o možném dotěžení zásob uranu v této oblasti. Je však nutné je podrobit nezaujatému a odbornému posouzení, nikoliv použít k zjednodušujícímu striktnímu zákazu podzemního loužení uranu.

Podzemní loužení bylo v oblasti Stráže pod Ralskem experimentálně ověřováno v letech 1966 až 1971. O rok později byla metoda schválena k průmyslovému využití a došlo k jejímu prudkému rozvoji. Nutno dodat, že za to mohl politický a hospodářský tlak na maximální možnou produkci uranu. Při pod-

zemním loužení uranu se využívalo vtlačení roztoku kyseliny sírové prostřednictvím vrtů přímo do horninového prostředí, kde roztok kyseliny procházející horninou loužil uran. Obohacený roztok byl následně čerpán zpět na povrch, kde z něho byl uran oddělen v povrchových technologiích.

Těžba u Stráže pod Ralskem byla ukončena v roce 1996, sanaci horninového prostředí zahájil státní podnik Diamo bezprostředně poté. Nejdříve byly provedeny výzkumné a ověřovací práce zaměřené na hledání nejvhodnějšího způsobu, posléze byly postupně zprovoznovány jednotlivé sanační technologie. Jako první byla zprovozněna odpařovací stanice, která znemožnila jakékoliv další samovolné šíření kontaminovaných vod. Následně přibyla neutralizační a dekontaminační stanice NDS 6.

Pro účely sanace v oblasti Stráže pod Ralskem byly vyvinuty i nové technologie. Jejich příprava byla zahájena již v roce 2003 a samotné výstavbě předcházelo dlouhé období příprav a experimentů. Nové neutralizačně dekontaminační stanice umožňují vyvádět až 160 tisíc tun kontaminantů z podzemí ročně. První byla uvedena do provozu v roce 2009 a druhá o tři roky později. Sanační práce pokračují i nadále. Úplné odstranění následků těžby uranu v oblasti Stráže pod Ralskem se předpokládá po roce 2040.

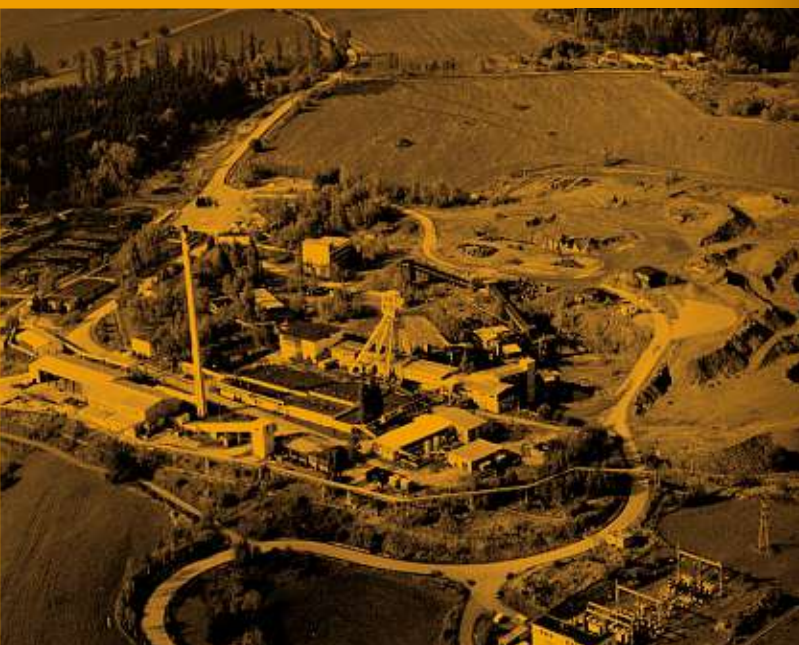
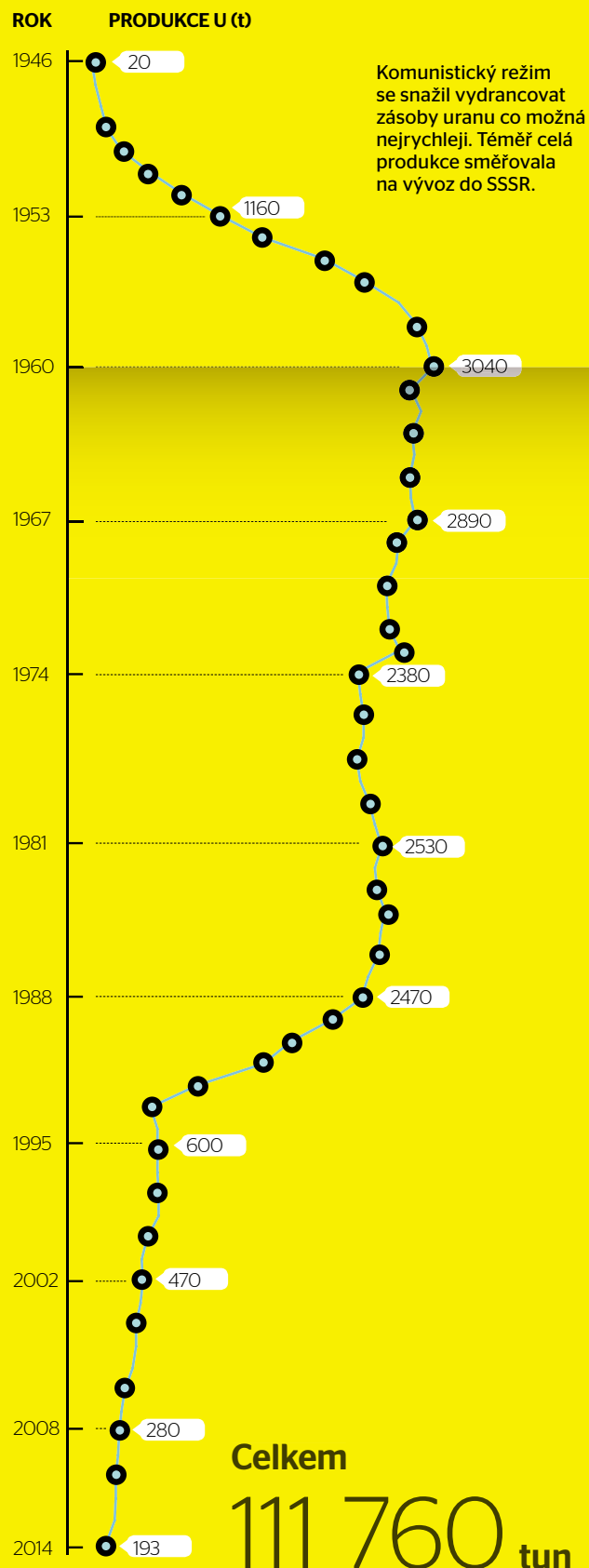
Těžba uranu v Česku



Úložiště



Vývoj tuzemské těžby uranu



První atomová katedrála v českých zemích

Čtyři kulatá výročí v jediném roce, to se podaří málokomu. Mezi tyto šťastné oslavence patří Jaderná elektrárna Dukovany. Letos slaví 30 let od startu prvního reaktoru (12. února), první vyrobené elektřiny (24. února) a zahájení zkušebního (3. května) i trvalého provozu prvního bloku (3. listopadu).

První tři desetiletí provozu se odehrála bez nezdravě adrenalinových situací. Naopak, podle měřítek mezinárodní jaderné organizace WANO patří dukovanská elektrárna do první pětiny nejlépe provozovaných jaderných elektráren na světě. Za prvních 30 let provozu vyrobila přes 385 miliard kilowatthodin elektřiny a snížila až příliš nezdravou závislost české energetiky na uhlí.

Na počátku celého příběhu je třeba hledat neúspěch. Potíže spojené s vývojem a stavbou vlastního modelu těžkovodního reaktoru A-1 přiměly vládu tehdejšího Československa obrátit se na Sovětský svaz. Výsledkem byla dohoda z roku 1970 o výstavbě dvou jaderných elektráren s lehkovodními reaktory typu VVER-440 o elektrickém výkonu 440 megawattů.

Tehdy se jednalo o technologickou novinku, první dva reaktory tohoto typu Rusové v té době teprve stavěli v Novovoronežské jaderné elektrárně. „Správný čas pro lehkovodní reaktory přišel ve chvíli, kdy došlo ke zvládnutí přijatelně levné technologie obohacování uranu,“ říká František Hezoucký, který byl v 80. letech hlavním inženýrem spouštění dukovanské elektrárny.

Přednost dostalo energeticky deficitní Slovensko, kde v 70. letech vyrostla jaderná elektrárna v Jaslovských Bohunicích u Trnavy. Až poté se dostala na řadu

česky hovořící část federace. Volba padla na jih Moravy, konkrétně na rovinatou a geologicky stabilní krajinu mezi obcemi Dukovany, Slavětice a Rouchovany.

Podle původních plánů měla výstavba začít již v roce 1973, ale skončila dříve, než stačila jakkoli pokročit. Československo dalo přednost novějšímu typu reaktorů VVER-440 s vyšší úrovní bezpečnosti. Z dnešního pohledu to bylo rozumné rozhodnutí. Projekt sice nabral pětileté zpoždění, ale pokud by v Dukovanech vyrostly starší reaktory, museli bychom je v době vstupu do Evropské unie odstavit. Stejně tak, jako Slováci byli nuceni ukončit provoz dvojice starších bloků v Jaslovských Bohunicích.

Z dnešního pohledu překvapí rozpočet stavby ve výši pouhých 25 miliard československých korun i svižné tempo výstavby. Stavební práce začaly v roce 1978, hotovo bylo v létě 1987, kdy zahájil zkušební provoz poslední, čtvrtý blok.

Dokonce se v Dukovanech podařilo něco, co nikdo na světě nezopakoval – v jednom kalendářním roce byly uvedeny do zkušebního provozu dva výrobní bloky. „Výhodou byla mimořádně vysoká kvalifikace lidí na stavbě. Mnozí měli bohaté zkušenosti z předchozí výstavby uhelných a vodních elektráren,“ vzpomíná František Hezoucký.

Až na výjimky se jednalo o dílo československých dodavatelů – více než 85 procent použitých zařízení a technologií bylo domácího původu. Generálním dodavatelem stavby byly Průmyslové stavby Brno a generálním dodavatelem technologie Škoda Praha. Prováděcí projekt vypracoval Energoprojekt Praha,



Spuštění dvou bloků Dukovan v jediném roce (1987) dodnes představuje unikátní počín v historii jaderné energetiky.

reaktory a turbíny vyrobila Škoda Plzeň a parogenerátory Vítkovice.

Také zde nebyla nouze o nečekané komplikace, ale nakonec vše dobře dopadlo. „To máte na každé velké stavbě. Kdyby nebyly problémy, nepotřebovali bychom inženýry. Jejich úkolem je problémy vyřešit,“ poznamenal Hezoučký.

Práce se neomezovaly jen na planinu u Dukovan. Provoz elektrárny by nebyl možný bez zajištění dostatečného množství vody. Současně tedy bylo nutné postavit na řece Jihlavě vodní nádrže Dalešice a Mohelno. Ty nejsou jen zásobárnou vody, v Dalešicích vyrostla ve své době největší tuzemská přečerpávací vodní elektrárna, jejímž úkolem je udržovat rovnováhu mezi výrobou a spotřebou elektrické energie.

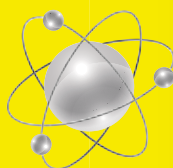
Ambice tehdejších projektantů mířily ještě výše. Dukovanské bloky měly dle původních plánů vedle výroby elektřiny zajistit také vytápění jihomoravské metropole Brna. Po pádu komunistického režimu v závěru roku 1989 však padly i tyto plány. ČEZ oživil záměr na stavbu horkovodního potrubí v roce 2010. Vzhledem k slabému zájmu brněnských politiků i odporu části obcí na trase horkovodu však projekt znovu skončil u ledu.

Jiné plány se naopak realizovat daří. Jaderná elektrárna Dukovany má za sebou několik modernizačních projektů, které navýšily objem výroby elektřiny i spolehlivost provozu. Během 90. let vyráběla elektrárna okolo 12 miliard kilowatthodin elektřiny, nyní je to díky navyšování výkonu více – přes 15 miliard.

V roce 1995 zde byl uveden do provozu první sklad použitého jaderného paliva, po jeho zaplnění v roce 2006 jej doplnil nový sklad s více než dvojnásobnou kapacitou.

Provoz elektrárny přímo vytváří skoro tři tisíce pracovních míst, z toho 1130 zaměstnává ČEZ a zbylých 1800 spolupracující firmy. Elektrárna Dukovany je tudíž největším zdrojem pracovních míst na Třebíčsku.

Prospěch z jejího provozu však má celá republika. Díky příznivým výrobním nákladům (okolo 0,60 koruny za kilowatthodinu) se dukovanská elektrárna řadí k neekonomičtějším energetickým zdrojům v tuzemsku. Patří proto mezi hlavní generátory zisku energetické skupiny ČEZ, jehož významná část směřuje do státního rozpočtu.



Jaderná elektrárna Dukovany

Reaktor

Typ:

VVER

440/213

Výrobce:

Škoda Plzeň

Hmotnost:

215 tun

Tepelný výkon:

1444 MW

Elektrický výkon:

510 MW

Počet palivových kazet:

312

Turbogenerátor

Počet turbin:

8

Nominální výkon:

250 MW

Otáčky:

3000/min.

Výrobce:

Škoda Plzeň

Chladicí věže

Počet:

8

Výška:

125 m

Dolní průměr:

90 m

Horní průměr:

60 m

Zajímavosti:

Doba výstavby:

1978–1987

Spuštění provozu:

1985–1987

Náklady na výstavbu:

25 mld. Kčs

Počet bloků (reaktorů):

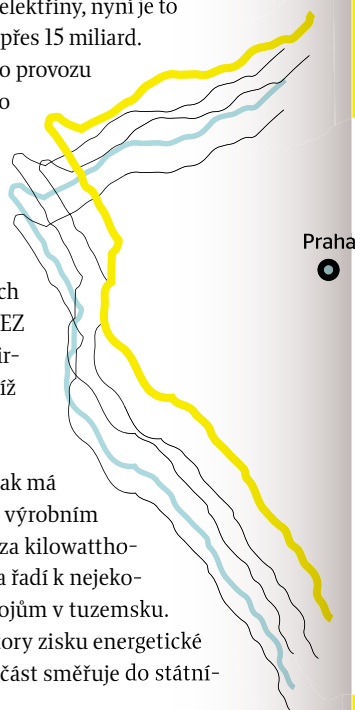
4

Předpokládaná životnost:

40–60 let

Vlastník elektrárny:

ČEZ a.s.





**Jaroslav
Vokurek**

**Od roku 1983
spouštěl
všechny čtyři
bloky Jaderné
elektrárny
Dukovany
jako vedoucí
reaktorového
bloku a směnový
inženýr. Nyní
je inspektorem
bezpečnosti ve
Skupině ČEZ.**

Hledání narušitele oslav Prvního máje

Začátky nebývají snadné, a to platí i pro dnes hladce fungující bloky Jaderné elektrárny Dukovany (EDU). Dne 30. dubna 1988 došlo ve večerních hodinách k výpadku 3. bloku EDU s následným vypnutím linky v rozvodně Slavětice. Celá událost byla doprovázena značnými zvukovými efekty, protože vzhledem ke snížení odběru páry nastalo otevření přepouštěcích stanic do atmosféry.

Po výpadku byla provedena kontrola blokového transformátoru a panelu elektrických ochran. Vše bylo v pořádku. Po provedení předepsaných ověření, které skončilo s kladným výsledkem, byla zahájena příprava na znovunajetí bloku do výkonového provozu. Blok byl přifázován k elektrizační soustavě kolem půlnoci na 1. května.

Jenže ke stejné události došlo znovu 1. května okolo 13:00 hodin. Průběh děje byl však odlišný, protože došlo k uzavření rychlozavěrných ventilů obou turbín s následným rychlým odstavením jaderného reaktoru. Tato událost už nenechala v klidu místní skupinu Státní bezpečnosti, která sídlila v nedalekých Heřmanicích.

Soudruzi přijeli s jasným názorem. Jedná se o sabotáž s cílem narušit průběh májových oslav. V tomto smyslu i zahájili svá šetření a začali hledat „sabotéra“. Výsledkem byla nervozita a zdržování zainteresovaných při řešení příčin události.

Co se vlastně stalo? V průběhu odstávky, která předcházela této události, probíhala i údržba blokového transformátoru dodavatelskou firmou. V rámci údržby byly vyměněny šrouby na části, která bezprostředně navazuje na blokový transformátor – bohužel za šrouby delší. Po nahrazení transformátoru při výkonovém provozu nastal kontakt těchto šroubů s nádobou trans-

formátoru, což mělo za následek aktivaci nádobové ochrany se všemi výše popsanými důsledky. Po odstavení bloku vše vychladlo, kontakt zmizel, takže ochrana při následné kontrole nebyla aktivní.

Při rozboru první poruchy, který byl prováděn pracovníky směny, nebyla tato skutečnost zjištěna. Druhou, navazující událost už řešila směna s denními specialisty elektročásti. V průběhu rozboru příčiny druhé události zazněla informace, že něco podobného nastalo před nedávnem i v jaderné elektrárně v Jaslovských Bohunicích.

Po této informaci dostaly události rychlý spád. Telefonát do Jaslovských Bohunic, dotaz co bylo příčinou jejich problémů, kontrola v Dukovanech a zjištění, že se jedná o totožnou záležitost. Po výměně šroubů za správné a opětovné kontrole byl blok bez dalších problémů převeden do výkonového provozu. Plného výkonu dosáhl 2. května kolem třetí hodiny ranní.

V roce 1988 jsme měli zásadní problém s StB ještě jednou. A opět v období, které bylo v tehdejší době politicky velice citlivé. Dne 21. srpna došlo k naprosto nepochopitelnému roztěsnění průchodky na blokovém transformátoru 1. bloku. Opět zapracovaly ochrany a blok byl odpojen od sítě. StB vedla šetření v naprosto stejném schématu jako v předchozím případě – jedná se o sabotáž a my hledáme sabotéra. Jak se později ukázalo, opět to nebylo o sabotáži, ale o technologické nekázni výrobce ze Sovětského svazu.

Co říct na závěr? Nečekané události vznikaly a vznikají budou. Události v elektrárnách Three Mile Island, v Černobylu a Fukušimě jsou nejkřiklavější příklady toho, co se stane, pokud nejsou pravidla důsledně dodržována.



Pohled z ptačí
perspektivy na
první jadernou
elektrárnu na
českém území.

Čtyři bloky
dukovanské
elektrárny
zahájily provoz
během let 1985
a 1987.



280_{MW}

navíc získal ČEZ postupnou modernizací všech čtyř
bloků Jaderné elektrárny Dukovany (z původních 1760
na nyníšších 2040 MW).

Jaderná energetika: motor pro průmysl

Objem investic do jaderných i klasických elektráren v Evropě prudce klesá. Do ohrožení se tak dostává tradiční a dlouhodobě úspěšný obor českého průmyslu – energetické strojírenství. A spolu s ním i navazující firmy zaměřené na projektování, inženýring a navazující služby.

Zprávy z posledních měsíců jsou varující. Řada českých dodavatelů pro obor energetiky hlásí pokles tržeb a přijatých zakázek. Chladicí věže Praha skončily v insolvenční a výrobce potrubních systémů Modřany Power za poslední rok čelil čtyřem insolvenčním návrhům.

Celý obor tak netrpělivě čeká, zda se ČEZ s podporou české vlády rozhodne vypsat novou soutěž na stavbu jaderných bloků v Temelíně či v Dukovanech. „Když gymnazisté uslyší, že se Temelín dostavovat nebude, asi se jim moc nebude chtít studovat ‚neperspektivní‘ jaderné obory. A když nebudou studenti, nebudou absolventi. A když nebudou absolventi, nebudou doktorandi. Kde se potom vezme příští generace jaderných inženýrů?“, táže se jaderný expert Aleš John, bývalý ředitel dukovanské elektrárny a ÚJV Řež.

Silnou stránkou československého jaderného průmyslu byly také projektantské kapacity. Dukovanská a temelínská elektrárna sice vycházejí z ruské licence reaktorů typu VVER, nákresy a plány samotných elektráren však vznikly v tuzemsku v kancelářích Energoprojektu.

Byla by tudíž škoda na úspěšnou tradici českého jaderného průmyslu nenavázat. „V době budování Jaslovských Bohunic, Dukovan, Mochovců a později



21 tlakových nádob pro reaktory typu VVER440 V213 z celkových 26 bylo vyrobeno v bývalém Československu.

Temelína bylo Československo jednou z osmi zemí světa, které uměly vyrobit a postavit jadernou elektrárnu. Škoda Plzeň dodala reaktor, turbínu a generátor, Modřany potrubí, Sigma čerpadla, Vitkovice parogenerátory, Královopolská nádrže a tak dále,“ připomíná Aleš John.

Obor jaderného či obecně energetického průmyslu je dlouhodobě spojený se značkou Škoda. Dnes sice mají tři klíčové podniky – Škoda JS (dříve pod názvem Škoda Jaderné strojírenství), Doosan Škoda Power a Škoda Praha – různé vlastníky i priority, nositeli tradice zahájené průmyslníkem Emilem Škodou však zůstávají dodnes.

V roce 2016 oslaví plzeňská Škoda JS kulaté výročí – bude to přesně 60 let od chvíle, kdy se tamní inženýři začali v roce 1956 věnovat jaderné energetice. A krátce poté začali pracovat na přípravě stavby první jaderné elektrárny A-1 ve slovenských Jaslovských Bohunicích.

Dnes Škoda JS spadá pod ruskou společnost OMZ, vykazuje tržby od tří do pěti miliard korun ročně a zaměstnává 1100 lidí. V poslední době získala miliardovou zakázku na modernizaci maďarské jaderné elektrárny Pakš, zajímá se například o dodávky do elektráren na Ukrajině a dodává například zařízení pro výzkumné reaktory v Belgii a Rakousku.

Největším projektem Škody JS je však v poslední době participace na dostavbě slovenské elektrárny Mochovce. Tam je jedním z pěti hlavních dodavatelů, spadá pod ní jaderná část projektu – tedy hlavně primární okruh a palivové hospodářství. Celkový rozsah projektu byl v době podpisu 400 milionů eur,

Škoda Praha
generální dodavatel
technologické části

Energoprojekt Praha
generální projektant
stavby

**Vodní stavby
Bohemia (VSB)**
generální dodavatel
stavební části

Armabeton Praha
chladicí věže

tedy zhruba 10 miliard korun. Mochovce jsou velkou příležitostí nejen pro Škodu JS.

Vzduchotechniku dodala ZVVZ Group ze středočeského Milevska, zakázku zde získaly též firmy Chladicí věže Praha a ČKD, která za necelých 900 milionů korun dodala dva dieselgenerátory. Čerpadla pro primární i sekundární okruh dodala Sigma Group z moravského Lutína.

V Plzni sídlí také největší český výrobce parních turbín Doosan Škoda Power. V současnosti zaměstnává 1290 lidí, loňské tržby dosáhly výše 9,1 miliardy korun. Jeho vlastníkem je korejský koncern Doosan. Plzeňský podnik dodává turbíny do všech možných typů elektráren od uhelných přes paroplynové až po koncentrační solární elektrárny, drtivá většina produkce míří na zahraniční trhy.

Doosan Škoda Power se nevzdává ani dodávek do jaderné oblasti. „Do nově budované jaderné elektrárny ve Spojených státech máme šanci dodat kompenzátory, turbínu bychom mohli dodat do výzkumného reaktoru v Rusku. A co se týká možné dodávky turbín do nových jaderných bloků v Česku, chceme si aspoň zasoutěžit,“ uvedl ředitel úseku Nové projekty Radek Trněný.

Dvojice sesterských firem Škoda Praha a Škoda Praha Invest náleží v současnosti do skupiny ČEZ. Vystupují v roli generálního dodavatele při nové výstavbě i modernizaci stávajících elektráren mateřského podniku. V současnosti se Škoda Praha Invest podílí třeba na projektu navyšování výkonu a spolehlivosti provozu dukovanské elektrárny.

Dlouhou historii dodávek pro jaderný průmysl má i ostravská skupina Vítkovice. Zaměřuje se hlavně na výrobu parogenerátorů, kompenzátorů objemu a vysokotlakých ohříváků. Její produkty našly uplatnění nejen v Jaslovských Bohunicích, Dukovanech, Temelíně a Mochovicích, ale třeba také v maďarské elektrárně Paks a Jihoukrajinské jaderné elektrárně.

Jaderný průmysl tedy hledí do budoucnosti s jistými obavami. Občasné zakázky při údržbě, modernizaci či navyšování výkonu stávajících elektráren jsou sice také zajímavé, ale k dlouhodobému přežití celého oboru stačit nebudou.

Čeští dodavatelé při výstavbě Temelína

Škoda Energo (nyní
Doosan Škoda Power)
turbogenerátory

**Královopolská
strojírna Brno**
pomocné systémy
primárního okruhu

ZVVZ Milevsko
vzduchotechnika

**Hutní
montáže
Ostrava**
ocelové
konstrukce
reaktorové
haly

Sigma Lutín
čerpadla

Vítkovice
parogenerátory

Škoda JS
reaktory, primární
okruh

EZ Praha
dodávka a montáž
elektrotechniky

**Modřanská
potrubní** (nyní
Modřany Power)
potrubí,
armatury

**ZPA Praha, I&C
Energo**
systém kontroly
a řízení

Hlavní dodavatelé pro elektrárny v ČR

přehled dodavatelů zařízení, technologií a služeb
pro „velkou energetiku“ (údaje za rok 2013)

	tržby (mil. Kč)	čistý zisk (mil. Kč)	zaměstnanci
Škoda Praha Invest	17 345	331	488
ABB *	13 178	987	3332
Vítkovice Power Engineering	10 471	-122	1792
Doosan Škoda Power	9443	1185	1325
Siemens Industrial Turbomachinery**	5494	888	734
OT Energy Services (dříve název I&C Energo) ***	3139	270	1307
Škoda JS	3078	48	1081
ČKD Praha DIZ *	3074	63	323
Brush SEM	2497	539	951
ZVVZ Group *	2253	81	910
Královopolská RIA	2105	39	167

*část aktivit spadá mimo oblast energetiky

Pozn.: u Siemens Industrial Turbomachinery poslední známé údaje z 2010, u OT Energy Services za rok 2012)



Daniel Jiříčka

Autor působil převážnou část své profesní kariéry v podniku Škoda Praha (posledně jako její generální ředitel), nyní je generálním ředitelem společnosti ČEZ Inženýring.

Česko: Jedna z osmi zemí, které umí stavět jaderné bloky

Temelín a Dukovany. Dvě výkonné jaderné elektrárny, ve světovém měřítku vysoce bezpečné zdroje, které pravidelně obstojí při mezinárodních bezpečnostních prověrkách. Postavily je – a nejen ty – československé strojírenské firmy v technologické části pod vedením společnosti Škoda Praha.

Při stavbě našich jaderných elektráren v minulosti jsme navázali na zkušenosti z předchozí výstavby uhelných elektráren v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. I dnes je český průmysl schopen podílet se ve významném rozsahu na budování nových jaderných bloků. Získal čerstvé zkušenosti z výstavby velkých energetických celků.

Připomeňme si, že nyní tvoří tuzemské dodávky pro výstavbu nových bloků v Pruněřově, Ledvicích a Počeradecích – pod vedením českého generálního dodavatele – průměrně více než 70 procent a rovněž na stavbě dalších dvou jaderných bloků ve slovenských Mochovcích je podíl dodávek českých firem zásadní.

Rekonstrukce čtyř uhelných bloků v Tušimicích a výstavba nového paroplynového cyklu v Počeradecích jsou úspěšně dokončené. Brzy bude hotov také nový nadkritický uhlíkový blok v Ledvicích a obnova tří bloků pruněřovské elektrárny. Jenže tyto cenné zkušenosti a schopnosti lidí se velmi rychle ztratí, týmy odborníků se rozpadnou a podniky se budou logicky snažit přeorientovat na jiný byznys, aby přežily. Náš tradiční obor energetického strojírenství se dostává do tísně.

Odpovědět na otázku, kam směřuje česká energetika, není vůbec jednoduché. Všichni, kdo pracujeme v tomto oboru, se v posledních několika letech touto otázkou

hodně zabýváme, hledáme optimální řešení, hledíme do budoucna tu více, tu méně optimisticky. V rámci státní energetické koncepce je uvažováno využití jaderné energetiky v příštích desetiletích.

V případě budoucí potenciální výstavby jaderných zdrojů dospívám k závěru, že je nutná jasně deklarovaná podpora státu, jinak se zřejmě k jejich výstavbě nedostaneme. Postupují tak i další evropské země (Velká Británie a Francie v oblasti jaderných zdrojů, ale postupuje tak i Německo v oblasti obnovitelných zdrojů), které myslí na prosperitu svého průmyslu i na zajištěnou energetickou budoucnost. Tak proč ne my v Česku?

Bojíme se opakování nedávných chyb – viz do důsledku nepromyšlené rozhodnutí o podpoře solárních zdrojů. Jenže energetická bezpečnost je strategickým zájmem státu, který má nejen přijímat strategické koncepce, ale také nastavit vhodné prostředí pro jejich naplnění. Ale praktické aplikace strategie jaderné energetiky se naši politici obávají. I v minulosti se této odpovědnosti báli.

Při úvahách o nových jaderných blocích tak bude opět třeba přijmout jasné rozhodnutí a nebát se jeho následků. Při výstavbě se nepochybně, stejně jako při každé jiné stavbě elektrárny, vyskytnou technologické problémy a skluzy. Případnou stavbu budeme muset dlouhodobě obhajovat před evropskými strukturami i sousedními zeměmi. Pozitivní důsledky – vznik tisíců pracovních míst, rozvoj průmyslu, rozvoj celých lokalit, rozvoj technického školství, ale především energetická soběstačnost – to vše je též třeba brát v úvahu.

Kapacity
dodavatelů pro
energetiku jsou
v ČR na ploše
této velikosti
unikátní.

Příkladem
může být
ostravský
holding
Vítkovice (foto
níže a vpravo).



12_{TISÍC}

Tolik zaměstnanců pracuje v deseti největších
společnostech, jež dodávají technologie,
zařízení a služby pro obor energetiky.

Ruský projekt, americké počítače, česká práce

Socialistické Československo se během 80. let minulého století vydalo na cestu jaderných velmocí. Tehdejší plány počítaly se čtyřmi výrobními bloky v Temelíně, po dvou v severomoravských Blahu-tovicích a východočeském Tetově, další dvě elektrárny měly vyrůst na Slovensku. Nejen to, tehdejší plánovači se dokonce zabývali projektem jaderných tepláren.

Nakonec z těchto plánů zbylo jen torzo – dva temelínské jaderné bloky. Ale ani ty neodpovídají původní představě. Česká vláda v roce 1993 provedla zásadní změny v projektu a české řidiči a kontrolní systémy, kterým v té době scházely potřebné certifikáty, nahradila americkou technologií.

Investiční záměr stavět jadernou elektrárnu na jihu Čech vydala československá vláda v únoru roku 1979. Jako nejvhodnější lokalita byla zvolena venkovská oblast poblíž Týna nad Vltavou. S prostorem si tehdejší vedení státu hlavu nelámalo. Za oběť plánů padlo pět vesnic.

Stavět se začalo v únoru 1987. O zakázky se podělily hlavně domácí podniky. Generálním dodavatelem byla Škoda Praha, projekt stavby vypracoval Energoprojekt Praha. Reaktory a turbíny vyrobila Škoda Plzeň, parogenerátory ostravské Vítkovice, čerpadla Sigma Lutín, potrubní systémy Modřanská potrubní, vzduchotechniku ZVVZ Milevsko a tak dále.

Čtyři tisícimegawattové bloky se po pádu komunistického režimu zdály být zbytečným luxusem. Federální vláda na počátku roku 1990 rozhodla, že práce budou pokračovat už jen na prvním a druhém bloku. Její rozhodnutí potvrdila v březnu 1993, tedy

krátce po rozpadu federace, i česká vláda. Stavební práce na objektech třetího a čtvrtého bloku prakticky vůbec nezačaly.

Nová doba si žádala vyšší požadavky na spolehlivost a bezpečnost provozu. Jadernou elektrárnu Temelín několikrát prověřovali inspektoři Mezinárodní agentury pro atomovou energii a experti poradenské firmy Halliburton NUS. Hlavní doporučení zněla: nahraďte starý systém řízení moderním digitálním systémem, najděte si jiného dodavatele jaderného paliva a nahraďte původní kabely za nehořlavé.

Soutěž na dodávku moderních systémů kontroly a řízení i jaderného paliva vyhrál americký Westinghouse. Investor elektrárny ČEZ s ním podepsal smlouvu v květnu 1993, její celková výše činila 419 milionů dolarů (v tehdejším kurzu 12 miliard korun). „Na počátku 90. let se to zdálo jako naprosto přirozený krok, daný nejen politickými požadavky, ale i rozpadem Sovětského svazu a mimořádnou nestabilitou Ruska v té době,“ vzpomíná tehdejší ministr průmyslu a obchodu Vladimír Dlouhý.

Během 90. let se elektrárna rodila v bolestech. Projekt postupně nabíral zpoždění a prodražoval se. Jaderný expert František Hezoučký, který byl ředitelem v Temelíně v letech 1999 až 2003, zmiňuje demotivaci inženýrů a techniků na staveništi kvůli chybějící politické podpoře a nešťastným personálním výměnám.

Během let 1993 až 1999 se na staveništi Temelína vystřídal pět ředitelů. „Nebylo to lehké, v prvních polistopadových letech byl složité zajistit personální kontinuitu a asi jsme se zbytečně zbavili některých



**Informační
centrum
temelínské
elektrárny
navštívil v roce
2014 rekordní
počet 38 057
návštěvníků.**

velmi zkušených lidí," dodává Vladimír Dlouhý.

O dokončení Temelína nakonec v květnu roku 1999 znovu rozhodovala česká vláda – a návrh prošel jen těsně. Hlavním podporovatelem dostavby Temelína byl tehdejší ministr průmyslu a obchodu Miroslav Grégr, který si za to vysloužil přezdívku „atomový dědek“. Přislíbené termíny – spuštění prvního bloku do konce roku 2000 a celkové náklady nepřevyšující 100 miliard korun – se nakonec zúčastněným firmám podařilo dodržet, i když jen těsně.

První elektřinu dodal blok číslo jedna do sítě 21. prosince roku 2000. „Politici tehdy byli až příliš nadšení. Měla jsem je upozornit, že skutečné problémy teprve začnou," vzpomíná na tehdejší dobu šéfka Státního úřadu pro jadernou bezpečnost Dana Drábová. Spouštění elektrárny v té době nedokázaly zastavit ani emocionálně vypjaté kampaně rakouských aktivistů, varující před „šrotovým reaktorem“ a „druhým Černobylem.“

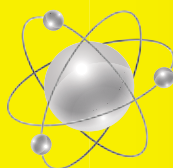
Byl Temelín po spuštění bezpečný, nebo ne? Podle českých jaderných expertů ano. „Vnitroreaktorová vestavba a další konstrukční elementy reaktoru včetně tlakové nádoby pracují v interakci s proudem chladiva, což je provozně bezpečné. Za slabší místo bych považoval poměrně těžkopádnou konstrukci primárního okruhu," říká Václav Kuželka, který se v době dostavby a spouštění Temelína zabýval výzkumem odolnosti a provozní bezpečnosti jaderných reaktorů. Jiní experti naopak považují robustní konstrukci za výhodu.

Poté nastal čas „doladit“ různé problémy, které se týkaly nejaderné části elektrárny. Svou roli zde sehrál fakt, že plzeňská Škoda Energo měla zkušenosti prakticky jen s výrobou turbín do výkonu 220 megawattů. Pro Temelín však musela vyprojektovat a vyrobit dvě tisíce megawattové turbíny, což se neobešlo bez potíží – třeba s nežádoucími vibracemi.

Za přelomový lze označit rok 2006. V květnu Evropský soudní dvůr rozhodl, že rakouské soudy nemohou vynášet rozsudky týkající se temelínské elektrárny se závazností pro české území. V listopadu pak Krajský úřad Jihočeského kraje definitivně rozhodl o kolaudaci elektrárny Temelín.

Doba tahanic o dostavbu a provoz Temelína v té době skončila, pochybnosti se postupně rozplynuly.

Jaderná elektrárna Temelín s každým dalším rokem provozu prokazuje, že je spolehlivým a navíc ekonomicky i ekologicky výhodným zdrojem energie pro české podniky a domácnosti.



Jaderná elektrárna Temelín

● Plocha:

143 ha

Výkon:

1. blok

1078 MWe
(spuštěn 2000)

2. blok

1054 MWe
(spuštěn 2002)

● Výroba:

Do konce roku 2014 vyrobil:

165,1 mld. kWh

Rekord ve výrobě 2012:

15,3 TWh

Zásobuje elektřinou pětinu ČR

● Chladicí věže

Výška:

155 m

Průměr základů:

130,7 m

Plocha pláště:

81 000 m²

(osm českobudějovických náměstí)

● Turbíny

Největší turbosoustroj v ČR

Výkon TG1

1078 MWe

Výkon TG2

1054 MWe

Délka:

60 m

Váha:

2000 tun

Rychlost lopatek až:

2500 km/h

● Kontejnment

Železobetonová ochranná obálka

Výška:

56 m

Tloušťka betonové stěny:

1,1–1,2 m

Maximální přetlak:

490 kPa /150°C

● Zajímavosti:

Temelínští hasiči:

78 osob

17 vozidel

12 možností elektrického napájení bezpečnostních systémů

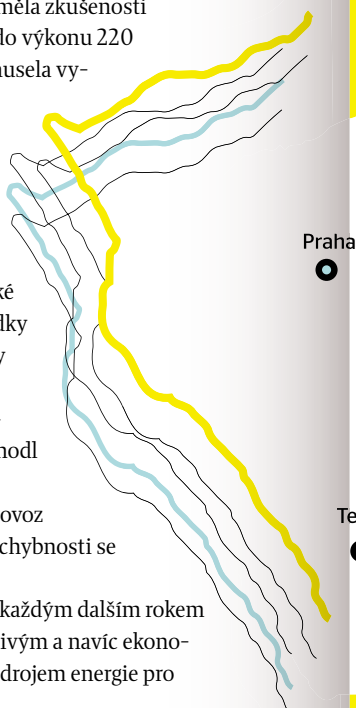
Zásoba vody:

230 000 m³

Dodávky tepla přes:

2500

domácností z Týna nad Vltavou



České jaderné elektrárny budou ještě bezpečnější

Havárie v japonské elektrárně Fukušima Daiči v roce 2011 přinesla zcela nový pohled na zajištění bezpečnosti provozu jaderných elektráren po celém světě. Mezinárodními institucemi působícími v oblasti jaderné energetiky byla publikována řada doporučení jak pro provozovatele, tak i pro národní jaderné dozory.

Zpráva pro Českou republiku potvrdila dobrou úroveň jaderné bezpečnosti našich jaderných elektráren s tím, že jejich další provoz nevyžaduje okamžitá opatření v prověřovaných oblastech.

Následky fukušimské havárie však ukázaly nezbytnost zajistit taková opatření, která zvýší úroveň bezpečnosti elektrárny a jejího okolí i v případě velmi málo pravděpodobných nadprojektových havárií a víceblokových událostí. V ČEZ jsme proto v roce 2012 přijali Program zvyšování bezpečnosti jaderných elektráren, byl ustaven projektový tým a celý projekt byl zařazen mezi top 5 úkolů společnosti sledovaných představenstvem a kontrolovaných dozorcí radou. Postup programu je na národní úrovni sledován především ze strany Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, na mezinárodní úrovni zabezpečuje kontrolu programů v jednotlivých zemích Evropské sdružení jaderných regulátorů ENSREG.

Hlavním cílem přijímaných opatření je zvýšení takzvané „ochrany do hloubky“, tedy na sebe navazujících bariér a preventivních opatření. To znamená, že obě naše jaderné elektrárny budou v prakticky dosažitelné míře schopny obstát i v mnohem náročnějších podmínkách, než předpokládal původní ruský projekt.



Ladislav Štěpánek

Působil v Jaderné elektrárně Dukovany a Ústavu jaderných paliv. Od roku 2004 zastával v ČEZ funkci ředitele útvaru Palivový cyklus, nyní je šéfem divize Výroba.

Byla například posuzována rizika z extrémních vnějších přírodních vlivů, různé rozsahy poškození lokalit od ohrožení provozu jednoho bloku až po ztrátu kontroly nad lokalitou a také varianty dostupnosti technických prostředků a personálních zdrojů. Jako výchozí požadavek byla určena vynucená soběstačnost lokality po dobu tří dnů, kdy by elektrárna zůstala odříznuta od okolí bez jakékoliv vnější podpory.

Na základě analýz jsme pro obě elektrárny navrhli celkem 84 opatření vedoucích k dalšímu zlepšení bezpečnosti, a to od zajištění ochrany vstupů do podzemních objektů proti vniknutí vody v případě záplav, z odolnění hlavních stavebních objektů, výstavbě nezávislých ventilátorových chladicích věží, instalaci vnitřního seismického monitorovacího systému, až po instalaci úsporných žárovek nouzového osvětlení.

Protože ale ani sebelepší technika bez připraveného a motivovaného personálu havarijní stavy nevyřeší, je mimořádná pozornost věnována personálnímu zabezpečení, a to jak z hlediska počtu pracovníků, tak i jeho školení a výcviku. Byla vytvořena nová pracovní místa pro hasiče a obsluhu doplněné techniky, byly zpracovány předpisy pro zvládání extrémních přírodních podmínek v lokalitě elektrárny. Z navržených opatření již byla většina realizována, zbývající by měla být dokončena v roce 2015. Celkové náklady na tato opatření dosáhly výše zhruba čtyř miliard korun. Jaderné elektrárny v České republice tak budou mnohem lépe než v minulosti připraveny na případné zvládání těžkých havárií a minimalizaci jejich dopadů do okolí, pokud by k takové velmi hypotetické situaci někdy došlo.



Záběry
z Jaderné
elektrárny
Temelín, která
letos v prosinci
oslaví 15 let od
spuštění.



165,1 MLD. kWh

vyrobil Temelín do konce roku 2014,
Česká republika by toto množství
elektriny spotřebovávala tři roky.

1955

Duben 1955

Československá vláda podepsala se Sovětským svazem dohodu o pomoci při rozvoji využívání jádra v energetice.



Září 1955

Zahájení výuky na Fakultě technické a jaderné fyziky při Univerzitě Karlově v Praze (v roce 1959 přechází pod ČVUT).



Červen 1955

Ministři rozhodli o vzniku Vládního výboru pro výzkum a mírové využití atomové energie (dnes ÚJV v Řeži).



Srpen 1958

Začíná výstavba první československé jaderné elektrárny v Jaslovských Bohunicích. Reaktor A1 začal dodávat elektřinu do sítě v roce 1972.

30. 4. 1970

Československá vláda podepsala smlouvu se Sovětským svazem o spolupráci při stavbě lehkovodních reaktorů VVER.

60 let jaderné energetiky v Česku

Historii jaderné energetiky v tuzemsku lze vyjádřit vzorcem $2 \times 30 = 60$. Prvních 30 let uběhlo od roku 1955, kdy tehdejší Československo odstartovalo mírový jaderný program, založilo výzkumný ústav ÚJV a zahájilo výuku jaderné fyziky a inženýrství, do roku 1985, kdy zahájil v jihomoravských Dukovanech provoz první lehkovodní reaktor ruského typu VVER.

První dukovanský blok letos slaví 30 let od spuštění provozu. Během této doby se v Česku podařilo zprovoznit celkem šest reaktorů – čtyři v Dukovanech a dva v Temelíně. Polovina z 30 je 15. Půlkulaté patnácté výročí od zahájení provozu letos oslaví také první blok temelínské elektrárny.

Rok 2015 je tedy hlavně rokem výročí, naopak žádný velký posun směrem k rozhodnutí stavět nové jaderné bloky čekat nelze.

Červenec 1978

Začíná výstavba první jaderné elektrárny v českých zemích – u jihomoravských Dukovan. Fungovat začala v roce 1985.

10. 4. 2014

Vedení ČEZ zrušilo
tendr na dostavbu
Temelína poté, co
nezískalo vládní
garanci návratnosti
investice.

18. 5. 2015

Vláda schválila
aktualizovanou státní
energetickou koncepci.
Ta počítá se spuštěním
tří nových jaderných
bloků v letech 2033 až
2037.

3. 8. 2009

ČEZ vyhlásil soutěž
na dostavbu třetího
a čtvrtého bloku
v Temelíně.

21. 12. 2000

První spuštění 1. bloku
Jaderné elektrárny
Temelín. O dva roky
později zahajuje
provoz druhý blok.

1. 6. 1997

Ministerstvo průmyslu
a obchodu zakládá
organizaci s názvem
Správa úložišť
radioaktivních odpadů
(SÚRAO).

14. 5. 1993

ČEZ podepisuje smlouvu
na dodávku řídicích
a dalších systémů pro
Temelín s koncernem
Westinghouse.

Únor 1987

Start prací na staveništi
Jaderné elektrárny Temelín
v jižních Čechách. Ta má
mít čtyři 1000MW reaktory,
plán je později redukován
na dva.

1. 1. 1993

Při rozdělení
Československa se dělí
i jaderný dozor, v Česku
vznikl Státní úřad pro
jadernou bezpečnost
(SÚJB).

2015

6

Radioaktivita kolem nás: škodí i pomáhá

Více než sto let studia radioaktivních procesů otevřelo možnosti využití radioaktivity v mnoha oborech. Dnes umíme připravovat látky s různě dlouhým poločasem rozpadu a úrovní záření přesně tak, aby vyhovovaly svému využití.

Radioaktivita a radioaktivního záření se od samého počátku využívalo především v lékařství. Díky desetiletím výzkumů patří současné radiodetekční a radioterapeutické metody k nejmodernějším technikám lékařské vědy. Vedle zdravotnictví se využívá radioaktivní záření v průmyslu, zemědělství, ale například i v umění ke konzervaci starých děl či k jejich analýze.

Radionuklidy se používají pro zobrazování celých orgánů nebo procesů v těle, například ledvin, srdce, struktury kostí či nádorů. Vhodná látka se označí radionuklidem a vpraví se do těla. Koluje krevním oběhem a podle svých vlastností se usadí ve vyšetřovaných orgánech. Zobrazovací zařízení pak zjistí vysílané záření a vytvoří přesný, někdy dokonce i trojrozměrný obraz zkoumaného orgánu. Zařízení může pomocí radionuklidů sledovat základní životní pochody, například proudění krve, činnost ledvin, plic a podobně, takže v přímém přenosu.

Radionuklidy se používají také k velmi přesné diagnostice in vitro. Pomocí značených látek a protilátek se ve zkumavkách mohou studovat například vzorky krve. Díky radionuklidům je možné velmi přesně stanovit hladinu hormonů, enzymů, virů nebo drog. Díky této detekční metodě lze určit přítomnost konkrétní látky již při koncentraci 0,000 000 000 001 gramu v jednom litru.



**Ročně podstoupí
vyšetření
s využitím
nejčastějšího
medicínského
radioizotopu,
technecia
99m, přes 4,5
milionu pacientů
po celém světě.**

Léčiva obsahující radionuklidy se využívají i k rakovinové terapii – radiofarmaka umístěná v rakovinové tkáni mohou nádor ozařovat zevnitř.

Pro radioterapii se nejčastěji využívají silné zářiče gama, rentgenové záření nebo i záření z urychlovačů částic. Nádory jsou tvořené mladými buňkami, které se velmi rychle dělí a jsou citlivější k záření než zdravá tkáň. Místo, v němž se zhoubný nádor nachází, se velmi přesně označí a ozaří a nádor se zničí. Na stejném principu je založen i Leksellův gama nůž, který ke zničení nevyoperovatelných nádorů v lidském mozku využívá 211 přesně soustředěných paprsků záření gama z kobaltových zářičů.

Záření se využívá i ke sterilizaci zdravotnického materiálu, jako jsou injekční stříkačky, nástroje či obvazy. Sterilizuje se materiál již neprodyšně uzavřený, protože záření proniká obalem. Navíc se mohou sterilizovat materiály, u nichž to v minulosti, kdy se sterilizovalo horkým vzduchem nebo vyvařením, nebylo možné.

V průmyslu se radioaktivita používá podobně jako v lékařství. Pomocí stopovacích látek je možné sledovat pohyb hmoty v různých zařízeních, a tak je možné kontrolovat opotřebení součástek. Čidla vybavená radioaktivním zářičem se využívají například v papírenském, gumárenském nebo sklářském průmyslu či při výrobě plastů. Měří tloušťku materiálu na běžícím pásu nebo hladinu kapaliny v nádržích.

Při výrobě plastů se využívá takzvaná radiační polymerace. Díky této nové metodě získávají pěnové polymery po ozaření nové vlastnosti – jsou lehčí a pevnější. Radiační polymerace se využívá například

při výrobě čalounění automobilů, sportovní obuvi či výstroje, k vytvrzení tenkých vrstev laků, lepidel či tiskařských barev.

Ozářením je možné také barvit sklo. Získáme tak řadu odstínů, od žluté přes hnědou, kouřovou až po ametystovou.

V zemědělství se zářením ošetřují potraviny. Ničí se tím škůdci, mikroorganismy a potlačuje se klívivost. Nejčastěji se ozařuje cibule, brambory, jahody, tropické ovoce, koření, ryby a česnek. Potraviny po takové úpravě nezůstávají nikterak radioaktivní. Ozařování se používá i při šlechtění plodin. Nové odrůdy vzniklé mutací získávají nové vlastnosti, jsou odolnější proti škůdcům, nepřízní počasí, mají vyšší výnosy a zvyšuje se jejich výživová hodnota.

Ozařováním bojují zemědělci i proti škodlivému hmyzu. Jde o metodu, která ve srovnání s pesticidy ani v nejmenším nezatěžuje životní prostředí. V laboratoři se vypěstuje velké množství samečků určitého hmyzu a ti se ozářením sterilizují. Po ozáření se vypustí do volné přírody, páří se se samičkami. Jejich vajíčka jsou neoplozená, a nová generace hmyzu se nenarodí.

Podobně jako můžeme sledovat životní pochody různých orgánů v těle, můžeme díky radionuklidům i v zemědělství sledovat například distribuci hnojiv a jejich rozptýlení v přírodě. Tato metoda se začíná používat především kvůli správnému dávkování. Nadměrné používání hnojiv totiž může poškodit životní prostředí, především podzemní vody.

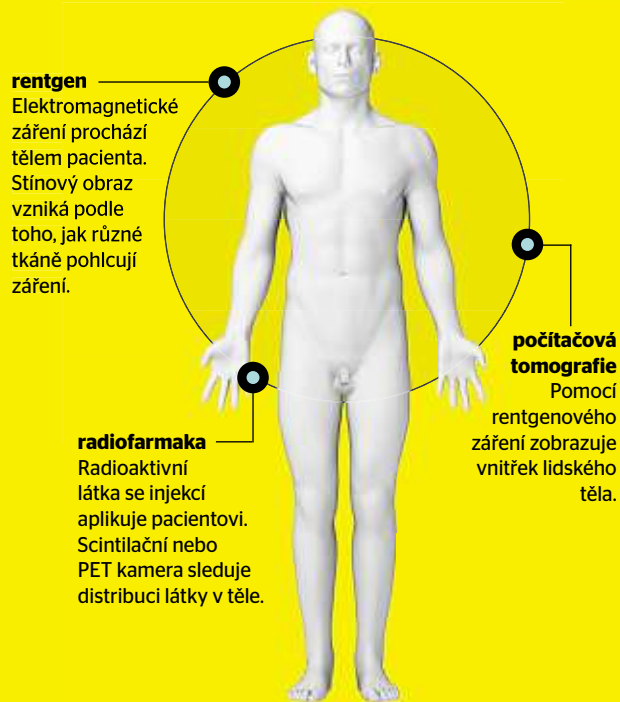
Radiologické laboratoře dnes umí určit přesná složení studovaných materiálů. Získávají se tak informace o jejich stáří, o způsobu zpracování i o místě původu. Archeologové díky radiologii získávají daleko ucelenější a přesnější pohled na minulost. Dokážou také bezpečně odhalovat falza. Poznatky získané radiologickou laboratoří pomáhají při rekonstrukcích či restaurování historických předmětů. Umí například přesně určit složení barev pláten starých mistrů, ale odhalí například i slitiny, z nichž se tavil materiál historických mincí, nebo původ keramiky. Ozářením se historické předměty také ošetřují. Záření pronikne celým předmětem a zničí například červotoče hluboko v gotických dřevěných sochách, kde chemické ošetření nepomáhá.

Radioaktivita ve službách medicíny

Radionuklidy a ionizující záření se používají v diagnostice, v chirurgii i při sterilizaci lékařských nástrojů, obvazů a protetických pomůcek.

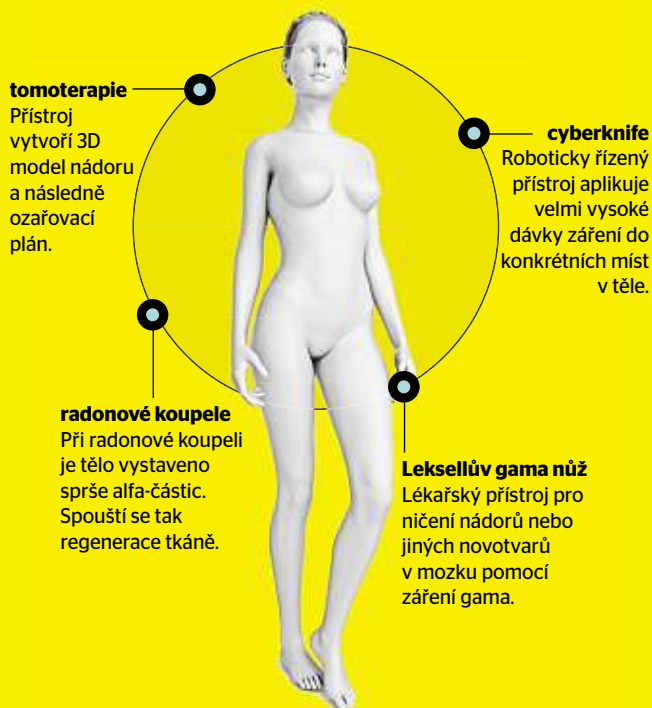
Radiodiagnostika

Využívá interakce rentgenového nebo ionizujícího záření z uzavřených zářičů pro určení diagnózy.



Radioterapie

Využívá se zejména k léčbě zhoubných nádorů citlivých na ozáření. Aplikuje se buď zevně přes kůži, nebo vnitřně.



V Řeži se nezabýváme jen jadernou energetikou



Karel Křížek

Pracoval jako ředitel útvaru Centrální inženýring ČEZ. Poté přešel do ÚJV Řež, kde byl v roce 2013 zvolen předsedou představenstva a generálním ředitelem.

Po dlouhá desetiletí byl ÚJV Řež v podvědomí veřejnosti u nás, ale i v zahraničí spojován především s jadernou energetikou. Je to logické, vždyť jsme vznikli před 60 lety jako státní instituce zaměřená na výzkum a mírové využití jaderné energie. Postupně jsme stáli u zrodu všech jaderných elektráren v Československu.

Naši inženýři a vědečtí pracovníci vykonávají odborné práce pro bezpečný provoz jaderných reaktorů nejen v České republice, ale i pro zahraniční provozovatele. Úspěšně se podílíme na snižování hrozby zneužití jaderných materiálů tím, že zajišťujeme pro desítky států bezpečné odvozy vysoce obohaceného jaderného paliva z výzkumných reaktorů k přepracování. V poslední době provádíme také výcvik odborníků ze zemí, které s jadernou energetikou začínají.

Je zde jedna oblast činnosti ÚJV Řež, která z tohoto zaběhnutého vzorce vybočuje – náš příspěvek k nukleární medicíně. Není to ani náhoda, ani módní trend. Kde jinde než ve společnosti, která provozuje jaderné reaktory, byste čekali výrobu ozářených farmaceutik. Dnešní široká nabídka naší divize Radiofarmaka vychází z mnohaletých zkušeností v oblasti výzkumu, vývoje a výroby radiofarmak. Od roku 1974, kdy se uskutečnila výroba prvního radiofarmaceutického přípravku, jsme sortiment výroby postupně rozšiřovali a v současné době zahrnuje šest přípravků ve formě radioaktivních injekcí a šest kitů pro jejich přípravu.

Používají se pro různá lékařská vyšetření, kde se podobně jako u rentgenu uplatní schopnost ionizujícího záření procházet skrz živou tkáň. Kromě vyšetření se

radiofarmaka využívají i k léčbě některých rakovinných onemocnění. Zde se paradoxně využívá právě škodlivých účinků ionizujícího záření na živou tkáň. Příprava a používání radiofarmak podléhá přísné kontrole Státního ústavu pro kontrolu léčiv z hlediska farmaceutického a Státního úřadu pro jadernou bezpečnost po stránce radiační bezpečnosti. Produkovaná radiofarmaka jsou dodávána celé řadě pracovišť nukleární medicíny v České republice i v zahraničí.

Samostatnou kapitolou v tomto směru je zaměření na pozitronovou emisní tomografii (PET), která dnes patří k nejmodernějším zobrazovacím metodám nukleární medicíny. Provozujeme dvě detašovaná pracoviště – PET Centrum Praha v Nemocnici Na Homolce a PET Centrum Brno v Masarykově onkologickém ústavu. V roce 2012 jsme otevřeli výzkumné a vývojové PET Centrum v řežském areálu, vybavené nejmodernějšími technologiemi.

Nové centrum představuje zásadní rozšíření vlastní výzkumné a vývojové kapacity ÚJV Řež, v níž bude moci být využito jedinečného know-how v oboru. Získáme tím větší prostorovou i časovou kapacitu pro vlastní vývoj a inovace v nukleární medicíně.

Stejně jako neexistuje jediná univerzální diagnostická metoda, neexistuje ani jediné univerzální radiofarmakum pro PET. Čím přesnější a rychlejší je diagnostika civilizačních onemocnění, tím cílenější a účinnější léčba může být nabídnuta pacientovi. Z těchto důvodů je nutné neustále vyvíjet nová radiofarmaka pro uvedení do klinické praxe. V areálu v Řeži u Prahy na tom intenzivně pracujeme.

Radioaktivita

Je pro člověka nebezpečná?

500 mSv/rok

To je hodnota dávky, která začíná být podle lékařů pro člověka nebezpečná

mSv/rok (milisievert/rok) – kumulativní dávkový ekvivalent v tisících sievertu za jeden rok

Příklady hodnot záření

časté sledování CRT obrazovky	0,3 mSv/rok
RTG vyšetření	cca 1-5 mSv/rok
CT vyšetření	5-10 mSv/rok
jedno vyšetření na mamografu	3 mSv/rok
10 hodin v letadle	0,2 mSv/rok
rok na pláži Guarapari v Brazílii	10 mSv/rok
biogenní izotop draslíku (K40) v těle	0,4 mSv/rok
ozáření pracovníka v jaderném průmyslu (USA)	cca 2 mSv/rok
30 cigaret denně	1,2 mSv/rok



3,5 mSv

je průměrná roční dávka ozáření.
Nebezpečná hodnota je 500 mSv/rok.



Průměrné ozáření člověka

průměrně 2,5-3,5 mSv/rok

přírodní záření radonu ve vzduchu	48 %
kosmické záření	14 %
přírodní zdroje záření v zemské kůře	17 %
lékařská vyšetření a ošetření	11 %
vnitřní ozáření z přírodních radionuklidů v těle	9 %
ostatní	1 %

Zdroj: UNSCEAR, NB

Česko získalo navíc pátý blok Dukovan. Díky modernizaci



Plán skupiny ČEZ počítá s tím, že české jaderné elektrárny během roku 2015 vyprodukují rekordních 31,8 miliardy kWh elektřiny.

Výstavba jaderné elektrárny je časově a finančně náročný proces, který přivolává nevídanou pozornost ekologických aktivistů a sousedních zemí. Tato obecná zkušenost neplatí vždy. Během posledních deseti let v Česku v tichosti vyrostl nový jaderný blok o výkonu 474 megawattů. Lze s jistotou nadsázkou říci, že v Dukovanech přibyl pátý blok.

Jak je to možné? ČEZ se rozhodl využít výkonových rezerv u stávajících jaderných bloků. Úpravy zahrnovaly například kompletní výměnu osmi generátorů, výměny nízko- i vysokotlakých částí turbín a přechod na účinnější palivo.

Na modernizaci a navýšení výkonu elektrárny Dukovany byly určené investice v objemu zhruba 25 miliard korun. Původně uváděný elektrický výkon jednoho dukovanského bloku 440 megawattů již neplatí. Každý ze čtyř bloků dodává do sítě již 510 megawattů.

Logicky se objevily spekulace, zda nárůst výkonu nepovede k rychlejšímu stárnutí zařízení, či dokonce ke zhoršení bezpečnosti provozu elektrárny. S druhým tvrzením předsedkyně Státního úřadu pro jadernou bezpečnost Dana Drábová nesouhlasí. Vyšší výkon reaktoru sice snižuje životnost zařízení, ale ne nijak dramaticky.

Zmínit lze i fakt, že drtivou většinu prací zajistily české společnosti. Generálním dodavatelem díla byla Škoda Praha Invest náležící do Skupiny ČEZ. Mezi klíčové dodavatele patřily společnosti Doosan Škoda Power, Brush SEM, ETD Transformátory a I&C Energo.

Úpravy se odehrály také v mladší temeliněské elektrárně, kde došlo na výměnu rotorů a systému regulace

turbín. Jedná se o investici za více než tři miliardy korun. Původně uváděný výkon 981 megawattů se tím zvyšuje až na dnešních 1078 megawattů.

Vynaložené miliardy se pozitivně projevují na objemu vyrobené elektřiny. Obě české jaderné elektrárny v roce 2004 vyprodukovaly 26,3 miliardy kilowatt-hodin elektřiny. V roce 2013 to bylo již 30,75 miliardy. Přírůstek v rozsahu téměř 4,5 miliardy kilowatt-hodin odpovídá roční spotřebě celého Kraje Vysočina.

Investice do současných jaderných elektráren se tedy vyplatí. Vynaložené peníze totiž umožní nejen vyšší výrobu, ale také zvýšení bezpečnosti a delší životnost jaderných bloků.

Tady je třeba se zastavit. Dukovanská elektrárna byla spuštěna v 80. letech minulého století s projektovanou dobou provozu 30 let. Ta by platila v případě, že by provozovatel od spuštění neinvestoval do elektrárny ani korunu. Jenže ČEZ pravidelně investuje miliardové částky. Zmínit lze třeba postupnou výměnu systémů kontroly a řízení, která probíhá od roku 2000 a skončí v roce 2016.

Dodavatelem těchto systémů v celkové hodnotě 2,2 miliardy korun je příbramský ZAT. „Zakázka v Dukovanech byla pro nás zásadní nejen svým objemem, ale také jako reference,“ potvrzuje výkonná ředitelka firmy ZAT Vladislava Česáková. Systémy kontroly a řízení zastarávají nejrychleji, je třeba je měnit po 15 nebo 20 letech.

Jaká je tedy reálná životnost reaktorů v Dukovanech? Podle jaderných expertů se pohybuje okolo 60 let. „Dnes vlastně není správné hovořit o prodlužování

životnosti Dukovan, ony tu 60letou životnost reálně mají," říká jaderný expert František Hezoucký.

Hlavním limitem pro životnost bloku je stav tlakové nádoby reaktoru. Ten jediný musí zůstat na svém místě. Všechno ostatní je možné vyměnit. Jenže i menší vady na tlakové nádobě lze podle Hezouckého ošetřit takzvaným vyžháním – vyhřátím nádoby za účelem rekrytalizace oslabeného materiálu.

Zkušenosti s dlouhým provozem jaderných elektráren ve světě scházejí. Mezi nejstarší dosud provozovaná zařízení patří švýcarská Beznau I, indický Tarapur a americké elektrárny Nine Mile Point a Oyster Creek, které zahájily provoz v roce 1969. Elektřinu tedy vyrábějí déle než 45 let.

Zatímco mnohé evropské země jsou k prodlužování provozu starších jaderných elektráren druhé generace poměrně skeptické, ve Spojených státech amerických vítězí vstřícnější přístup. V minulých letech získaly elektrárenské společnosti souhlas k 60letému provozování. V loňském roce začal americký jaderný regulátor NRC zvažovat možnost prodloužení licence vyhovujících bloků ještě o dalších 20 let.

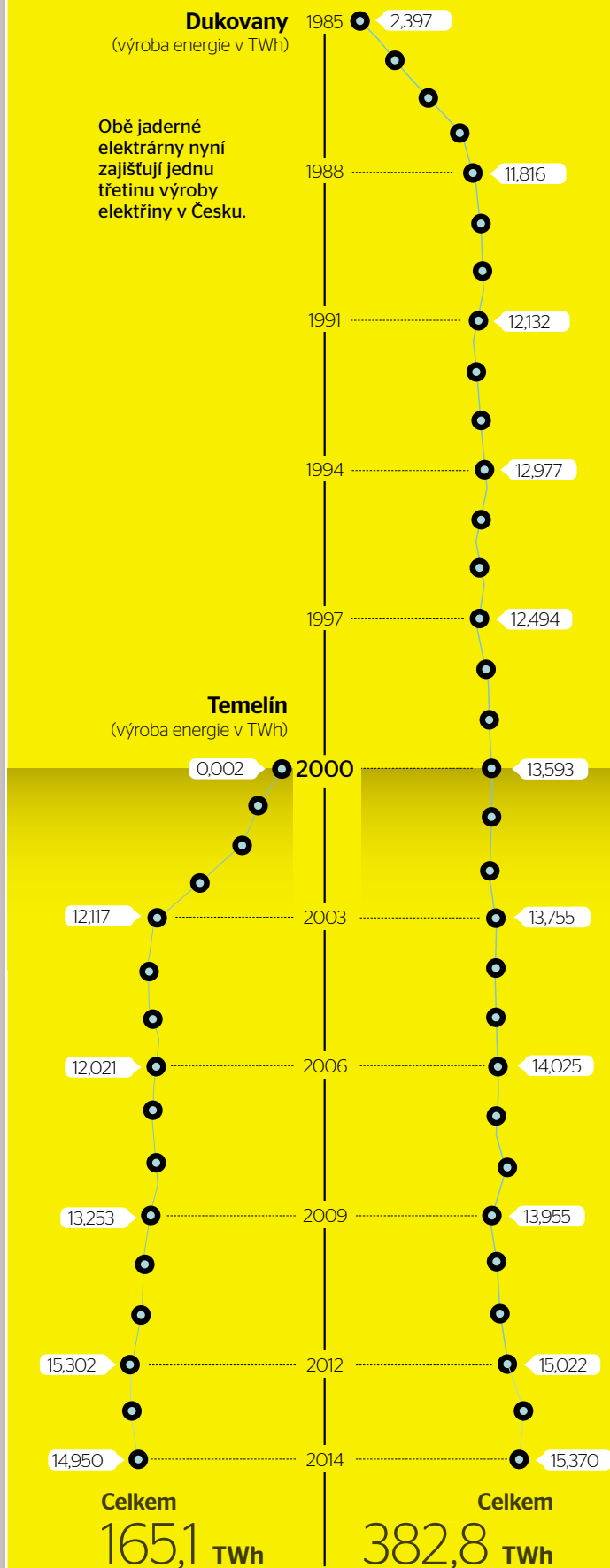
Část investic souvisí také s programem zvyšování bezpečnosti provozu jaderných elektráren v reakci na havárii v japonské Fukušimě a výsledek následných „stress testů.“ Celkové náklady na tato opatření dosáhly výše zhruba čtyř miliard korun. V praxi se jednalo třeba o pořízení mobilních dieselgenerátorů, zvýšení odolnosti elektráren vůči záplavám a zemětřesení či zvýšení výkonu systému pohavarijní likvidace vodíku. V Dukovanech též postupně vyrostou nové, odolnější chladicí věže.

Jaderné elektrárny by tak měly vydržet i extrémní výkyvy počasí. „Například pro elektrárnu Dukovany jsme zvažovali zatížení teplotami od -46 do +46 stupňů Celsia, větrem až do 60 metrů za sekundu nebo přívalovým deštěm v celkovém úhrnu 115 centimetrů na metr čtvereční a den," uvedl ředitel divize Výroba ČEZ Ladislav Štěpánek.

Bezpečnost provozu jaderných elektráren je pod přísným dohledem Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB), ale také Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE) a organizace WANO. SÚJB se právě zabývá otázkou licencování provozu prvního bloku Dukovan pro příštích deset let.

České jaderné elektrárny mají v odborné komunitě dobrou pověst. „Výsledky Temelína jsou velmi dobré a jsou nad průměrem, který zjišťujeme v jiných elektrárnách. V některých případech šla elektrárna dokonce nad rámec našich požadavků," pochvaloval si v květnu 2014 vedoucí mise MAAE Pierre Gest.

Výroba energie z jadra



Zastaralé, nebo v nejlepších letech?

Na konci roku 2014 bylo ve světě v provozu 438 jaderných bloků ve 31 zemích. Naprostá většina z nich spadá pod označení Generace II. Tyto bloky se stavěly a uváděly do provozu většinou mezi roky 1970 a 2000, mají vynikající provozní výsledky a jsou konkurenceschopné i na deregulovaném trhu. Zejména proto, že mají velmi stabilní strukturu nákladů a vložené investice jsou už z větší části nebo úplně odepsány.

Nízká a poměrně stabilní cena paliva přitom umožňuje omezit cenové nejistoty, které zmítají trhy s fosilními palivy, zvláště s ropou a zemním plynem. Jaderná energetika mimo jiné i díky poučení ze tří velkých havárií (Three Mile Island, Černobyl a Fukušima) dospěla k vysoké úrovni bezpečnosti. Rizika, která s sebou nese, jsou srovnatelná, nebo dokonce nižší, než rizika, která nám přináší využívání jiných technologií v každodenním životě.

To všechno jsou dobré zprávy. Názory na přínosy a rizika jaderné energetiky se však země od země a region od regionu stále velmi různí. V zemích, kde to umožňuje postoj politické reprezentace, a v případech, kde se prokáže ekonomická výhodnost, přistupují vlastníci elektráren k rozsáhlým renovacím a modernizacím tak, aby bylo možno stávající bloky provozovat po dobu alespoň čtyřiceti, lépe padesáti a nejlépe šedesáti let.

Nutnou, zdaleka však ne postačující, podmínkou umožňující dlouhodobý provoz jaderné elektrárny je povolení státního dozoru, osvědčující zajištění jaderné bezpečnosti v souladu s nejlepší světovou praxí. Existuje

totiž přinejmenším šest různých druhů takzvané životnosti jaderné elektrárny: projektová, fyzická, účetní, ekonomická, již zmíněná licenční a – patrně nejdůležitější ze všech, jak můžeme vidět u sousedů – politická.

Rozhodování o investicích do renovací a modernizací provozovaných bloků ovlivňují podobné faktory, které jsou zvažovány pro jiné typy investic. Předmětem úvah je zejména to, zda budoucí podmínky – tedy tržní, regulační a zejména politická rizika – umožní zajistit návratnost investice s alespoň rozumným výnosem. Dále je nutno zvažovat, zda takováto investice je výhodnější než investovat do výstavby nové elektrárny (ne nutně jaderné), nebo neinvestovat vůbec. Toto rozhodování je v prostředí liberalizovaného trhu s elektřinou, kde navíc lze jen s velkou nejistotou předvídat výše uvedená rizika, mimořádně komplikované.

S dlouhodobým provozem jaderných elektráren svět vlastně nemá mnoho zkušeností. Žádný z bloků, které již byly trvale odstaveny, nepřekročil 50 let provozu. Nejvíce se této hranici přiblížily britské elektrárny Calder Hall (44 let) a Chapelcross (47 let). I když jaderný dozor v USA většině provozovaných bloků vydal povolení na 60 let provozu, u několika z nich se již projevil nepředvídané potíže způsobené stárnutím některých komponent. Ty vedly v lepším případě ke značným dodatečným nákladům, v tom horším k odstavení elektrárny před vypršením povolení k provozu.

Je však naprosto zřejmé, že podaří-li se politická a regulační rizika omezit na rozumnou míru, jsou investice do zajištění dlouhodobého provozu stávajících jaderných bloků velmi výhodné.



Dana Drábová

Jaderná fyziká,
od roku 1999 je
předsedkyní
Státního úřadu
pro jadernou
bezpečnost.
Přednáší na
Fakultě jaderné
a fyzikálně
inženýrské na
pražské ČVUT.

Největší jaderné elektrárny světa



3. místo
Zápороžská JE
Ukrajina
6000 MW

2. místo
Bruce
Kanada
6232 MW



4. místo
Hanul
Jižní Korea
5881 MW



5. místo
Gravelines
Francie
5706 MW



1. místo
Kashiwazaki-
Kariwa
Japonsko
7965 MW

Jaderná sinusoida mezi nadšením a strachem

Jaderná energie je budoucnost lidstva. Podobná optimistická tvrzení lze najít v řadě technických i populárně-vzdělávacích publikací z 50. a 60. let minulého století. Nový způsob výroby elektřiny lidstvo uchvátil. Co se odehrálo, že dnes má jádro nejen nadšené propagátory, ale i skalní odpůrce?

Rozvoj jaderné energetiky jako nového odvětví nabral hned od počátku poměrně rychlé obrátky. Na konci 50. let bylo na světě v provozu 17 atomových reaktorů, v 60. letech jich bylo už 60 v 15 zemích a v roce 1980 zahrnoval jaderněenergetický klub 22 zemí, které provozovaly celkem 253 jaderných reaktorů o celkovém výkonu 135 tisíc megawattů. Další 230 jaderných bloků se nacházelo ve výstavbě.

Nový impuls získalo jádro po prvním ropném šoku v zimě 1973/1974. Na masivní výstavbu jaderných elektráren tehdy vsadila například Francie, která díky tehdejšímu rozhodnutí dodnes získává energii téměř bez emisí skleníkových plynů, prachových částic a jiných škodlivin. Například loni země vyprodukovala štěpením uranu 77 procent elektrické energie, na fosilní zdroje připadal podíl pouhých šesti procent.

V prestižním jaderném klubu chtěl být každý a možná rizika si málokdo připouštěl. V březnu 1979 však došlo k havárii jaderného reaktoru v elektrárně Three Mile Island v Pensylvánii ve Spojených státech amerických. Přestože tehdy nedošlo k významnému úniku radioaktivních látek do okolního prostředí, pro veřejné mínění to byl šok, jehož dozvuky se projevíly po celém světě.



Češi dle průzkumů jádro dlouhodobě podporují. Jistou výjimkou je rok 1999, kdy počet příznivců klesl na 47 procent.

Následující roky počet objednávek nových bloků citelně poklesl. Dosud se občanští aktivisté zaměřovali na odmítání jaderných zbraní, nyní se zvedl odpor i proti jaderným reaktorům. Zelení aktivisté se začali prosazovat ve vysoké politice, například v roce 1983 němečtí Grüne prvně uspěli ve volbách do Spolkového sněmu.

Ještě o něco dříve se od jádra odklonila jiná evropská země – Rakousko. O osudu elektrárny Zwentendorf, která byla již hotová a zahajovala proceduru spouštění, rozhodlo referendum těsnou většinou 50,5 procenta hlasů proti provozu v listopadu 1978. Jak upozorňují příznivci jádra, zuřivou protiatomovou kampaň tehdy finančně podporoval hlavní provozovatel vodních elektráren v zemi, koncern Verbund.

V polovině 80. let se celosvětové veřejné mínění ze šoku z první jaderné havárie pomalu vzpamatovávalo a objednávky nových jaderných bloků opět narůstaly. Podíl jádra na celosvětové výrobě elektřiny dosáhl 17 procent. V dubna 1986 však došlo ke katastrofě v jaderné elektrárně Černobyl. Únik radioaktivních látek do ovzduší zaznamenala celá Evropa.

V tehdejších východním bloku byly masové protesty proti jádru ještě nemyslitelné, ve svobodném světě však vypukly silné protijaderné kampaně. Bezjaderná budoucnost se následně objevila v programu i jiných politických stran než jen zelených.

Rok po černobylské havárii odhlasovali konec jaderných elektráren na svém území Italové. Historie se však často opakuje. Dramatický růst cen ropy a dalších fosil-

ních paliv spolu s rostoucími obavami z dopadu emisí skleníkových plynů na zemské klima vrátil v minulém desetiletí jádro znovu do hry. S programem masivní výstavby nových bloků přišly Spojené státy, Británie, Čína, Rusko i mnohé další státy. Také ČEZ s podporou vlády začal připravovat rozšíření temelínské elektrárny o dva bloky.

V březnu 2011 bylo znovu všechno jinak. Zemětřesení a následné vlny tsunami zdevastovaly japonskou jadernou elektrárnu Fukušima Daiči a do jejího okolí unikly radioaktivní látky. Veřejné mínění se začalo obracet znovu proti jádru.

Typickým příkladem může být Německo, kde vláda vedená kancléřkou Angelou Merkelovou krátce „před Fukušimou“ schválila prodloužení provozu stávajících bloků v průměru o 12 let. Po havárii přišel rychlý obrat – spolková vláda se rozhodla uzavřít osm starších bloků okamžitě a devět novějších postupně do roku 2022. Odklon od štěpení uranu oznámila také Belgie.

Fukušimská havárie z března 2011 otřásla vnímáním jaderné energetiky po celém světě. Přinesla však také zpřísnění bezpečnostních norem pro provoz jaderných elektráren. Všechna jaderná zařízení v zemích Evropské unie musela projít náročnými prověrkami a následně investovat do zvýšení bezpečnosti. Zásadní bezpečnostní systémy jsou dnes několikanásobně jištěny.

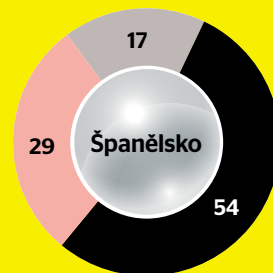
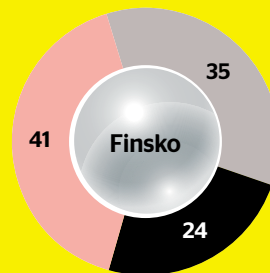
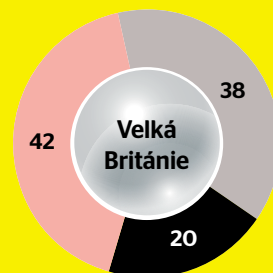
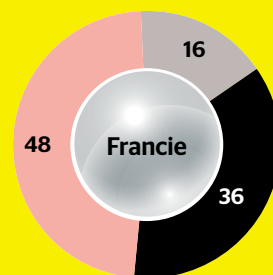
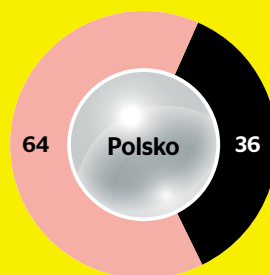
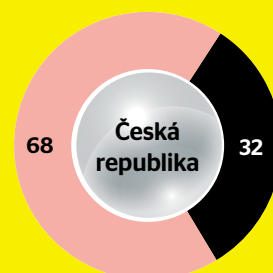
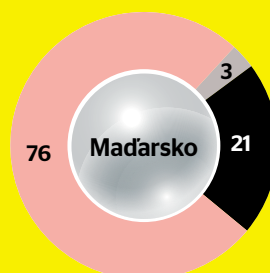
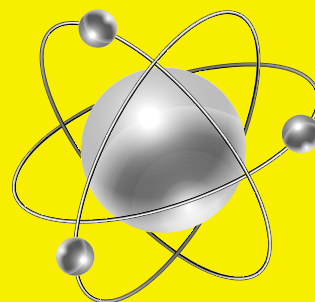
Veřejnost v řadě zemí, které provozují jaderné reaktory, s pokračováním jaderného programu souhlasí. To je i případ České republiky, kde podle posledních průzkumů podporuje další rozvoj jaderné energetiky 60 až 70 procent obyvatel. Kladné hlasy převažují také v Polsku, Maďarsku a na Slovensku.

Ve světě se staví celkem na 70 nových jaderných reaktorů a dalších 111 je v plánu. Nejčastěji v Číně, Rusku, Indii, USA a Jižní Koreji, ale i ve státech, u kterých by to před nedávnem nikdo nečekal. Příkladem mohou být Spojené arabské emiráty, Saúdská Arábie, Jordánsko a Egypt. Arabský svět potřebuje jádro jako náhradu za docházející ropy, ale také jako zdroj energie na získání tolik potřebné pitné vody odsolováním mořské.

Projaderné či protijaderné smýšlení jednotlivých národů formují někdy i těžko vysvětlitelné psychologické faktory. A jak ukazuje případ rakouského odporu vůči spuštění Temelína, příliš agresivní kampaň v jedné zemi může naopak vyvolat projaderné nálady v druhém státě.

Názory Evropanů na jadernou energetiku (v procentech)

- podporují
- nepodporují
- nevědí, neodpověděli



Zdroj: portál Foratom.org, poslední dostupné průzkumy veřejného mínění z let 2013 a 2014

Jaderné přepólování českého občana

Vrátíme-li se v historii o 60 let zpět, někam do poloviny 50. let, vidíme, že jádro mělo zelenou. Byla to doba projektů atomových aut, letadel i vlaků. Byla to i doba masivního nástupu jaderných oborů ve výzkumu a na školách. Symbol tehdejších názorů na jádro – bruselské Atomium – je dodnes dobovým svědectvím.

Léta 70. znamenala přechod na lehkovodní technologii VVER a rozeběhly se projekty Jaslovské Bohunice V-1 na Slovensku a moravské Dukovany. Rok 1979 přinesl ochladnutí jaderného nadšení. Informace o havárii v americké jaderné elektrárně Three Mile Island pronikly i přes železnou oponu. Nicméně v té době se ještě ankety a průzkumy veřejného mínění u nás nedělaly. Ani tragédie v Černobyli v roce 1986 nezasáhla do propagandou uměle udržované optimistické nálady obyvatelstva.

Po revoluci v roce 1989 se však stavidla veřejného mínění otevřela naplno. Vše bylo najednou dostupné a jakákoliv otázka dovolená. Obyvatelstvo v okolí dukovanské elektrárny bylo otevřeně proti elektrárně. Mnoho nechybělo a veřejné mínění by si vynutilo odstavení elektrárny.

Veřejné diskuse byly v plném proudu. Začalo se mluvit o meziskladu použitého paliva a posuzování vlivu stavby na životní prostředí. Sokolovna v Rouchovanech byla tehdy nacpaná k prasknutí a obyvatelé z širokého okolí se střefovali nejen do projektu meziskladu, ale do všeho, co byt jen okrajově souviselo s elektrárnou. A tam také zaznělo: „My tu elektrárnu tady nechceme, je pro nás nebezpečná a máme z ní psychické trauma.“



Aleš John

V letech 1982–2003 pracoval v elektrárně Dukovany, 2008–2013 byl generálním ředitelem ÚJV Řež. Nyní působí jako nezávislý expert a předseda Občanské bezpečnostní komise v JE Dukovany.

Bylo zřejmé, že tyto obavy, plynoucí z nevědomosti, bude třeba rozptýlit. Projekt zlepšení informovanosti veřejnosti se rozeběhl hned po několika liniích. Jednou z nich bylo Informační centrum, které mělo komukoliv říct, „o co vlastně v tom jádru jde...“, srozumitelně, hmatatelně a slovníkem návštěvníků, ne slovníkem jaderných inženýrů.

Po prvotním negativním, zamítavém názoru těsně po sametové revoluci došlo poměrně rychle k zvýšení přijatelnosti v okolí jaderných elektráren na 50 až 60 procent souhlasu. V současné době dosahují kladná vyjádření pro dukovanskou elektrárnu 80 až 90 procent. Podobné „přepólování“ lze pozorovat i v jiných zemích a v jiných jaderných lokalitách.

Lidé si na elektrárnu zvykli, je nedílnou součástí regionu a je i velkým zdejším zaměstnavatelem. Dotace z elektrárny významně zlepšují kvalitu života v obcích. Abychom přesně věděli, jak to je, dokončuje se nyní vědecká studie Univerzity Karlovy a Energetického Třebíčska, která má říci, kolik lidí je navázáno na provoz dukovanské elektrárny a jaký sociální dopad by mělo její odstavení bez náhrady.

Bohužel zklamané obyvatelstvo není jediné riziko, které se může v jaderné energetice naplnit. Druhým rizikem je zklamaný jaderný průmysl. Jádro není jen o výrobě komponent a výstavbě. Jádro je zejména o inženýrských kapacitách. A ty nevzniknou přes noc.

Moje doporučení tedy zní: Začněte stavět nové jaderné bloky včas, dokud existuje zájem a možnosti průmyslu se na nich podílet. A také dokud existuje podpora lokálního obyvatelstva.



Jádro má skalní odpůrce, kteří využijí každé příležitosti k demonstraci svého názoru.

Základem je symbol radioaktivity, úderné slovo „Stop“ a přirovnávání k Černobylu.

Občas vyrazí do ulic i příznivci jádra, jako na fotografii dole vlevo.



47 %

Tolik oslovených Čechů podpořilo v květnu 2014 v průzkumu agentury CVVM dostavbu třetího a čtvrtého bloku v Temelíně. Naopak 38 % bylo proti, zbytek lidí neměl jasný názor.

Budoucnost jádra: má ještě v Evropě šanci?

Jak může vypadat budoucnost energetiky? Prvnímu modelu můžeme říkat německá cesta. To znamená vsadit na obnovitelné a lokální zdroje energie a postupně odstavit jaderné i uhelné bloky. Strategie známá jako „Energiewende“ začíná být inspirativní i pro další evropské země.

Konkurenční model nabízí Velká Británie, která sází na pestrou kombinaci jaderných, plynových a obnovitelných zdrojů. Cíl je stejný – srazit emise skleníkových plynů a snížit tím příspěvek lidstva ke globálnímu oteplování klimatu –, prostředky jiné.

Jakou cestou se vydá Česko? Aktualizované znění státní energetické koncepce, které v květnu schválila vláda, sází hlavně na jaderné reaktory, ale také na zelené energie a lokální zdroje. Oproti původním návrhům se však potřeba nových jaderných bloků posouvá v čase. Nové jaderné bloky budeme dle autorů koncepce potřebovat až po roce 2030. Konkrétně se v návrhu hovoří o potřebě spustit dva až tři jaderné bloky mezi lety 2033 a 2037, kdy bude třeba nahradit dožívající reaktory v Dukovanech i staré uhelné elektrárny na severozápadě Čech.

Podle náměstka ministra průmyslu Pavla Šolce, který vedl tým autorů energetické koncepce, máme na výběr ze dvou variant – jádro, nebo plyn. Hnědé uhlí je již s ohledem na docházející zásoby i priority evropské klimatické politiky mimo hru. S ohledem na energetickou bezpečnost i přínos pro českou energetiku vychází jaderné reaktory lépe než plynové elektrárny. „Dokud v této zemi bude průmysl, budeme potřebovat i velké zdroje energie“, upozorňuje Pavel Šolc.



Podle státní energetické koncepce mají v Česku vyrůst tři nové jaderné bloky. Provoz by měly zahájit v letech 2033 až 2037.

Místo pevně daných podílů jednotlivých primárních zdrojů na výrobě elektřiny navrhuje státní koncepce koridory, v nichž se má česká energetika pohybovat. Například v roce 2040 by jaderné elektrárny měly pokrýt 46 až 58 procent výroby elektřiny, obnovitelné zdroje 18 až 25 procent, uhlí 11 až 21 procent a zemní plyn 5 až 15 procent.

Jinak vidí situaci ekologické organizace, jako jsou Hnutí Duha, Greenpeace a Calla. „Ministerstvo průmyslu neodůvodnilo, proč protežuje obří projekty drahých jaderných reaktorů a přehlíží moderní přístup k energietice. Tedy rozvoj tisíců komunálních a domácích zdrojů energie,“ reagoval Edvard Sequens z hnutí Calla.

Při hledání budoucí podoby energetiky je třeba vzít v úvahu přinejmenším tři omezující faktory – požadavky Evropské unie, finanční možnosti a fyzikální zákony. Evropská unie aspoň zatím nemá na budoucnost jaderné energetiky jasný názor. Její priority jsou patrné z cílů klimatické a energetické politiky do roku 2020. Loni v říjnu k nim přibyl rámec pro rok 2030, který hovoří o snížení emisí skleníkových plynů o 40 procent a také o 27procentním podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie.

Jedná se tedy o kompromis mezi projaderným a protijaderným křídlem v Evropské unii. Preferování obnovitelných zdrojů požaduje hlavně druhý tábor, do kterého patří Německo, Rakousko, Belgie, Dánsko, Irsko a další země. Němci se rozhodli osm reaktorů zavírat okamžitě po fukušimské havárii na jaře 2011, do roku 2022 pak vyřadí jádro z energetiky úplně. Odchod od jádra mají v plánu i Belgičané.

Na druhou stranu je v Evropě stále mnoho zemí, které na jádro sázejí. Patří sem Francie, která sice plánuje jeho mírné omezení, ale stále by mělo tvořit více než polovinu jejího energetického mixu. Dále Británie, která počítá s výstavbou celkem až 17 tisíc megawattů výkonu nových reaktorů. Nové jaderné elektrárny se stavějí ve Francii, Finsku a na Slovensku, plány na výstavbu existují v Polsku, Maďarsku, Bulharsku a samozřejmě i v České republice.

Při úvahách, kde, co a jestli vůbec postavit, je nutné vzít v potaz i přírodní podmínky. Je jasné, že z Česka obnovitelně energetická velmoc nikdy nebude. Možnost výstavby větrných elektráren je v Česku omezená, v posledních letech jich mnoho nepřibýlo. Tam, kde se firmy k investici přece jen odhodlaly, projekt často zablokovali místní aktivisté a úředníci.

Co se týká solárních elektráren, cena panelů se snižuje a v některých zemích již nastala síťová parita (náklady na vlastní elektřinu ze střešních panelů jsou stejné jako cena elektřiny odebírané ze sítě včetně všech poplatků). Jenže výkon větrných a solárních elektráren v čase kolísá v závislosti na počasí. Jejich provoz není možný bez dostatečné kapacity záložních zdrojů.

Aspoň prozatím platí, že ve střední Evropě je elektrárenských kapacit nadbytek. Výsledkem je pád cen elektřiny v základním pásmu až na úroveň okolo 30 eur za megawatthodinu. Bez státních garancí se v této situaci neobejde prakticky žádný nový zdroj, což u investičně nákladného jádra platí dvojnásob.

Pozornost velkých i menších energetických společností se proto obrací k malým zdrojům energie. Decentrální energetika nemusí být jen obnovitelná. ČEZ, E.ON a další energetické skupiny v Česku v posledních letech instalují desítky megawattů výkonu kogeneračních jednotek na výrobu elektřiny a tepla, které většinou spalují zemní plyn.

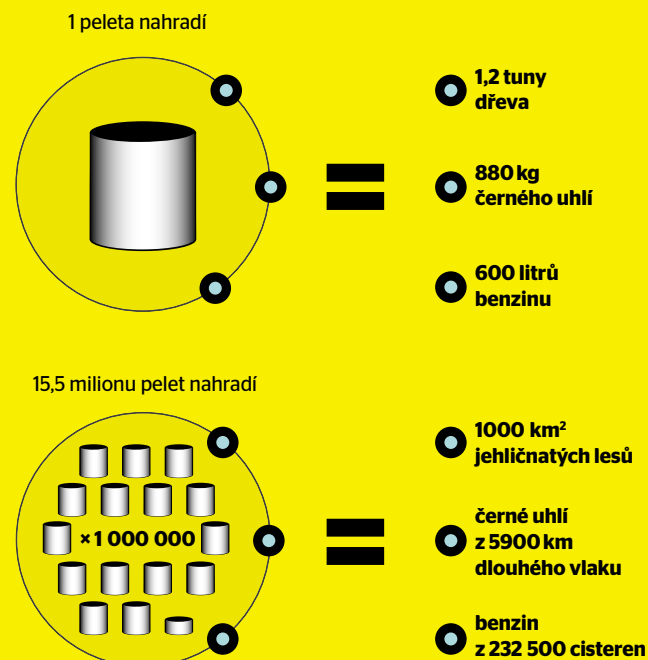
Podle kritiků již jsou jaderné reaktory v době, kdy chce mít řada domácností, firem i obcí vlastní energetické zdroje, přežitě. Zastánci konvenčních elektráren zase poukazují na to, že obnovitelné zdroje samy o sobě nejsou životaschopné.

Česko je naštěstí v komfortnější pozici, na rozdíl třeba od Británie či Itálie nám akutně nehrozí nedostatek elektřiny. Stále je však mít na paměti rok 2035, kdy zřejmě doslouží dukovanská elektrárna i obnovené uhelné bloky. Na otázku, z čeho poté budeme vyrábět chybějící elektřinu, budeme muset dříve či později odpovědět.

Energie na špičce prstu

aneb kolik energie se vejde do 5 gramů?

Peleta s jaderným palivem (Keramické peletky mají tvar válce o výšce 10 až 15 mm a průměru 8 až 15 mm. Peleta o váze 5 gramů obsahuje oxid uraničitý a je tvořena uranem 238 obohaceným maximálně 5 % uranu 235)



Srovnání emisí CO₂ různých zdrojů

Světová jaderná asociace (WNA) srovnala desítky vědeckých studií zabývajících se tím, jak jednotlivé způsoby výroby elektřiny zatěžují klima. V úvahu byl přitom brán celý proces výroby – tj. od těžby surovin, jejich zpracování, výstavby a provozu vlastní elektrárny až po likvidaci vznikajících odpadů.

Emise CO₂ v tunách

(ekvivalent CO₂ během celého životního cyklu energetického zdroje, na 1 GWh vyrobené elektřiny)

	Průměr za všechny studie	Rozpětí mezi studiemi
hnědé uhlí	1054	790-1372
černé uhlí	888	756-1310
ropa	733	547-935
zemní plyn	499	362-891
fotovoltaika	85	13-731
biomasa	45	10-101
jadro	29	2-130
voda	26	2-237
větr	26	6-124

Zdroj: WNA



Pavel Šolc

Působil ve společnostech Škoda Praha, ČEZ a ČEPS. V roce 2009 nastoupil na ministerstvo průmyslu a obchodu. Nejdříve jako vedoucí týmu poradců, nyní je náměstkem ministra.

Jádro do evropské energetické rodiny stále patří

Jaderná energetika je dnes v oficiálním evropském diskurzu nechtěné dítě. Je členem rodiny, ale na fotografiích je vždy vzadu a nějak se za něj stydíme. Přestože v dlouhodobých strategických plánech Evropské unie figuruje jaderná energetika jako nedílná součást mixu zdrojů, bez které nezvládneme splnit své dekarbonizační závazky, v deklaracích a dalších evropských politických textech se skrývá v ideálním případě pod označením „technologicky neutrální mix“ či nízkouhlíkové zdroje. V posledních letech prakticky nenajdeme strategický energetický dokument, který by její jméno uvedl přímo.

O tom, že opouštíme pole racionality, nás pak musí přesvědčovat na mezinárodních fórech Čína či Korea se svými jadernými programy, které považují za rovnocenné rozvoji obnovitelných zdrojů. Stejně tak Spojené arabské emiráty a Saúdská Arábie se vedle svých obrovských zásob ropy a ideálních přírodních podmínek pro využívání fotovoltaiky rozhodly pro budování jaderných zdrojů, a to čistě z důvodu diverzifikace rizik.

Naše národní debata v převážné většině podporuje výstavbu nových jaderných zdrojů, nicméně se nám ještě nepodařilo dospět k jednoznačné shodě, jak je ve stávajících podmínkách postavit.

Pro rozvoj jaderné energetiky má ČR značné konkurenční výhody. Má stále ještě fungující jaderný průmysl, který se podílí na dodávkách komponent, má dlouholeté provozní zkušenosti, lidské zdroje a díky stabilní ekonomice dlouhodobě nízké náklady kapitálu. Dvě jaderné lokality s příslušnou infrastrukturou a kapacitou umožňují vybudovat další bloky. Významným

aktivem je rovněž široká a stabilní podpora veřejnosti a vysoká úroveň nezávislého jaderného dozoru. Tyto výhody ovšem jsou časově podmíněné a bez výstavby nových zdrojů postupně zmizí.

Jaké jsou proti tomu nevýhody či slabiny? Zásadní nevýhodou je odpor sousedních zemí Německa a Rakouska proti jakémukoli rozvoji, nebo dokonce dalšímu využívání stávajících reaktorů. Evropská pravidla poskytují řadu nástrojů, kterými je možné výstavbu jaderných zdrojů přinejmenším komplikovat. Jestliže vlády bývají především z diplomatických důvodů v oficiálních projevech zdrženlivé, občanům a nevládním institucím je ponechán volný prostor.

Slabinou je dlouhodobá politická nestabilita v ČR a politikaření, které neumožňuje sjednotit většinu politických stran alespoň nad některými strategicky významnými tématy, což se týká též energetiky. Přitom jediné silné politické a organizační podpory výstavby jaderných zdrojů je schopna vyrovnat nevýhodu odporu sousedních zemí, jak se ukázalo i na příkladu Spojeného království.

Dnes Evropa žije v prostředí nedokončeného vnitřního trhu a přemýšlí, jaký tržní mechanismus nastavit pro zajištění bezpečnosti dodávek. S ohledem na širší ekonomické souvislosti jaderného průmyslu a energetiky by ovšem Česká republika měla včas najít nástroje, jak zajistit výstavbu nových bloků i v podmínkách přetrvávající nejistoty ohledně budoucího fungování trhu s elektřinou. Jaderná energetika by měla zůstat součástí energetického mixu přinejmenším do doby, než bude jisté, že máme plnohodnotnou alternativu.



Statistiky ukazují, že nyní v Evropě přibývají hlavně větrné a solární elektrárny.

Vizuálně vypadají dobře, horší je to s dopadem na stabilitu elektrické sítě.

Jaderné elektrárny stabilní výkon nabízejí, ale nevycházejí ekonomicky.



Z čeho se dnes vyrábí elektrina ve světě (v %)

uhlí	40,2
plyn	22,4
voda	16,5
jádro	10,8
slunce a vítr	2,7
ostatní	7,4





Jiří Tyc

Jihočeský tařka, energetik, člen
dozorčí rady ČEZ

Jaderné elektrárny vycházejí ze srovnání nejlépe

Říká se, že když se muž po padesáti letech věku jednoho dne probudí, zjistí ostrý rozpor mezi dvěma pojmy. Chtít a moci.

Znám spoustu lidí, kteří by chtěli mít elektrickou energii levnou, čistou a neustále dostupnou... Jenže je tu také to druhé: moci. My můžeme mít prostě takovou energetiku, jakou jsme schopni ufinancovat a jaká se hodí do naší země. A to včetně podmínek slunečního svitu, větru a tak dále.

Á propos, když už jsem u srovnání s možnostmi zralého muže, je zajímavé, že z hlediska požadavků na energii nezáleží moc na věku. Podstatné jsou zde vzdělání, vědomosti a zájem shánět si informace.

Za dlouhé roky, co se zabývám energetikou, jsem poznal mnoho nadšenců, kteří mi říkali: „Zastavme jaderné elektrárny, bude tu líp“. Mělo to jeden háček. Když totiž řeknete A, musíte také říci B. Tedy co jiného, když ne jaderné elektrárny? A zde už odpovědi pokulhávaly.

Jaké máme vlastně možnosti v té „velké energetice“? Je to uhlí, plyn, jádro. Nic víc.

Před deseti lety dostali někteří politici Strany zelených „úžasný“ nápad. Odstavme uhelné a jaderné elektrárny, stavme ve velkém elektrárny plynové. Představte si, že by politici a odborníci zodpovědní za energetiku tento nápad vyslyšeli. Jak by to dnes vypadalo? Třásl bychom se o to, aby Putin nezavřel kohouty na plynovodu...

Energetickou strategii prostě nemůžeme tvořit podle momentální situace a s ohledem na emoce. Tehdy to mysleli zelení dobře. Za pouhých deset let ale vidíme, že by to byla katastrofa.

Dnes zase někteří říkají: dělejme to jako Němci. A přitom sami někteří němečtí politici říkají, že nemají jistotu, jak to s Energiewende dopadne. Jen tomu věří.

Energetika je běh na dlouhou trať a v plánech se musíme dívat minimálně do roku 2040. Základním cílem je energetická bezpečnost. Zde prostě není místo pro nějaké okamžité „dobré nápady“.

A nyní se zastavme u toho, zda jsou Češi jaderní fanatici, či ne. Podpora jádra v naší zemi je na vysoké úrovni. To je pravda. Proč to ale tak je? Domnívám se, že je to dáno dlouhodobým spolehlivým provozem Dukovan a Temelína. Několik procent také historicky přidali (paradoxně) i Rakušané. A to tehdy, když blokovali kvůli spouštění temelínské elektrárny státní hranice. To v Čechách probudilo vlastenectví, které přebýlo možné obavy z jaderné energetiky.

Už 16 let běží program besed na školách. Zahájili je Jihočeští tařkové, následně převzal otěže ČEZ. Na besedách se mluví o všech zdrojích, mimo jiné se zde studentům zdůrazňuje, že si mají dělat na energetiku svůj názor. Sám jsem takových besed absolvoval více než šest stovek a je úžasné setkávat se přímo se studenty a odpovídat na jejich otázky.

Jsem přesvědčen, že nové jaderné bloky, o kterých se v poslední době hodně mluví, jsou cestou správným směrem.



Milan Šimoník

Projektant, nyní pracuje
v PSG-International a vede
energetickou sekci Strany
zelených

A zase nás straší nedostatkem elektřiny

Když se před pár lety začaly v českých médiích objevovat názory, že se Němci zbláznili, protože odstavují jaderné elektrárny a místo nich se chtějí spoléhat na vítr a slunce, zpozorněl jsem. V energetice pracuji jako projektant přes dvacet let, podílel jsem se na projektech po celé Evropě a vím, že Německo je stejně jako v mnoha jiných oborech i v energetice světovou špičkou.

Protože naše zkušenost s Černobylem byla jiná, sotva můžeme Německo plně pochopit. Zatímco my jsme pár dní po havárii šli do prvomájového průvodu, v Německu či Rakousku se měřila kontaminace pískovišť a potravin. V Černobylu šlo o reaktory zastaralé konstrukce a zkorumpovaný komunistický systém, po Fukušimě mluvíme o důsledku japonské mentality poslušnosti. Na jaké okolnosti to svedeme příště?

Energii potřebujeme, jenže v opojení atomovými katedrálami si mnoho energetiků odmítá připustit, že vývoj jde dál. Cena elektřiny z větru je nižší než z nových jaderných zdrojů. Fotovoltaický panel, ještě před pár lety exkluzivní výrobek kosmického průmyslu, se stává běžnou součástí domů. Podobně dynamický vývoj začíná u akumulace energie, chytrých sítí či elektromobilů. Od velkých zdrojů se těžiště energetiky přesouvá do úspor, soběstačných budov, komunitních a regionálních projektů, které budou maximálně využívat lokální zdroje. Nepružné a drahé jaderné zdroje se do takového systému nehodí. Dnešní svět je příliš složitý na to, abychom si vystačili s jednoduchými schématy. To platí jak pro politiku, tak i pro energetiku.

Jednou z příčin úspěšnosti Německa je otevřená debata a hledání celospolečensky prospěšných řešení. U nás v Česku jsme manipulování účelovými informacemi o výhodách jaderné energetiky, o nedostatečném potenciálu obnovitelných zdrojů a strašení tu nedostatkem elektřiny, tu uhlí. Způsob diskuse a rozhodování o nových jaderných blocích a o dalším směřování české energetiky je tak indikátorem schopnosti Česka stát se moderní evropskou zemí. Je přitom smutné, že i vysokoškolsky vzdělaní odborníci odmítají obnovitelné zdroje a argumentují miliardami, které platíme za přehnanou podporu fotovoltaiky. Právě solární tunel je jedním z příkladů neschopnosti českých elit reagovat na rychlý technologický i geopolitický vývoj.

Je jasné, že jádro zatím do českého energetického mixu patří, vždyť temelínské bloky budou ještě po desetiletí krýt téměř čtvrtinu české spotřeby. Při důrazu na úspory a rozumnou podporu obnovitelných zdrojů však nejméně do roku 2040 žádné nové jaderné bloky nepotřebujeme. Co bude po roce 2040, nemá smysl nyní řešit, to může být předmětem další aktualizace státní energetické koncepce za pět let. Průmysl lobbuje za stavbu jaderných bloků, protože to je to, co „umí“. Čím dříve pochopí, že energetika směřuje jinam, tím lépe.

