

1
2020



TŘÍPÓL

www.tretipol.cz

Časopis pro studenty o vědě a technice / Zdarma

SLUNCE NA ZEMI
VYLEPŠOVÁNÍ TEMELÍNA
AGROVOLTAIKA
RADIČNÍ TECHNOLOGIE



NADACE ČEZ



„Vím proč“ pomůže dětem s fyzikou

Alice Horáková

Energetická společnost ČEZ zpřístupnila tisíc videí s pokusy a návody z fyziky. Děti a studenti si mohou zpestřit a zopakovat fyziku díky obnovenému projektu Vím proč od Skupiny ČEZ. Více než tisíc rozmanitých videí s nejrůznějšími pokusy vysvětluje fyzikální jevy a zákony, od nejběžnějších až po neobvyklé. Projekt také motivuje k natočení vlastních pokusů – povedená videa se zařadí do soutěže, v níž výherci získají 200 tisíc korun pro svou školu.

Odhalit princip fotbalové falše, vyrobit si domácí žárovku, pověsit slona na cop, zvážít vzduch nebo naučit vajíčko plavat – videa ze sbírky Vím proč dokazují, že fyzika může být skvělá zábava a věnovat se jí může každý i doma v kuchyni nebo na zahradě. Oblíbený projekt, který začal už v roce 2013, obnovila Skupina ČEZ v době distančního vyučování, aby si desítky tisíc dětí mohly zpestřit vynucenou domácí výuku.



Rady, jak natočit dobré vlastní video s fyzikálním pokusem, najdete zde: www.svetenergie.cz/cz/vim-proc/o-projektu

1010 videí od dětí a studentů

Kromě zábavného doplnění učiva si ale projekt Vím proč (www.svetenergie.cz/cz/vim-proc) klade za cíl i děti přilákat k aktivnímu zkoumání a prožívání fyziky. Každý zná otřepané rčení, že jednou vidět je lepší než stokrát slyšet. Jdeme ještě dál a říkáme, že jednou zkusit je víc než stokrát vidět. Proto projekt děti motivuje k natočení vlastních videí s pokusy.

Videa s pokusy z předchozích ročníků soutěže Vím proč jsou umístěna na vzdělávacím webu Svět energie (www.svetenergie.cz). Kromě nich tam žáci, učitelé i široká veřejnost najdou také unikátní 3D modely všech typů elektráren, distribuční a přenosové soustavy i chytrého města, vtipnou fyzikální poradnu, zábavné hry a kvízy i spousty informací, obrázků a videí o energetice.

Obsah

- 2 „Vím proč“ pomůže dětem s fyzikou
- 3 Digitalizace distribuce elektřiny
- 4 Vylepšování Jaderné elektrárny Temelín
- 6 Jak funguje produkce radionuklidů pro medicínu v době koronakrizy
- 7 Kdo si hraje, nesmutní
- 8 Agrovoltaika
- 10 Radiační technologie zkoumají Panamský průplav
- 10 Větrné turbíny vyplouvají na moře
- 12 Slunce na Zemi. Začíná se montovat termojaderný reaktor ITER
- 14 Co je to LEU Bank
- 15 Radionuklidy mapují půdní erozi
- 16 Jaderná technologie odhaluje středověká tajemství
- 18 Jak schovat zlaté nobelovské medaile
- 19 Kuffík matematických záhad
- 20 Proč komáři koušou zrovna vás

1/2020

TŘÍPÓL Časopis pro studenty o vědě a technice. Součást vzdělávacího programu Svět energie pro ČEZ, a. s. Vydává: Simopt, s.r.o., Tábor. ISSN 2464-7888

Redakční rada: Šárka Beránková, Doc. Jan Obdržálek, Marina Hofmanová, Jan Píšala, Edita Bromová, Ing. Michael Sovadina, Šéfredaktorka: Marie Magdaléna Dufková
Grafická úprava a sazba: Simopt, s.r.o.
Kopírování a šíření pro účely vzdělávání dovoleno. Za správnost příspěvků ručí autoři. Kontakt: tretipol@volny.cz, +420 602 769 802, www.tretipol.cz
Foto na titulní straně: Staveniště největšího světového zařízení na termojadernou fúzi, tokamaku ITER. (Credit © ITER Organization)



↖ Rozvodna Praha – Řeporyje
(Foto Marie Dufková)

Digitalizace distribuce elektřiny

-red-

Prostředí distribučních sítí se mění: tok elektřiny přestává být jednosměrný od výrobce přes distribuci k zákazníkovi, ale mění se na obousměrný. Klienti distribučních společností si pořizují domácí obnovitelné zdroje elektřiny, čili posouvají se k nezávislosti, roste akumulace elektřiny, roste počet elektromobilů. Zlepšují se technologie nejen pro přenos elektřiny. Vystává potřeba obousměrného toku informací. O slovo se hlásí moderní technologie, které pronikají do všech částí rozvodných sítí. ČEZ Distribuce v letech 2020–2025 investuje do zajištění kvalitních a spolehlivých dodávek elektřiny přes 83 miliard korun. Více než čtvrtina naplánovaných prostředků míří do digitálních technologií.

Automatizace, robotizace, datová síť

Investice míří do dálkově ovládaných prvků a prvků monitoringu distribuční soustavy a do systémů pro řízení a regulaci napětí. Nemalé prostředky se vynakládají na IT technologie, které zrychlují a zefektivňují komunikaci se zákazníkem a zjednodušují i procesy uvnitř společnosti. ČEZ Distribuce například zavedl automatizaci a nasadil robota na přípravu uskutečnění drobných staveb (obvykle přípojek). Spolu s distribuční soustavou bude území obsluhované společností ČEZ Distribuce protkané i datovou sítí. Pokračuje rozvoj optické telekomunikační infrastruktury tak, aby podporovala decentralní energetiku. Záměrem je vybudovat na distribučním území ČEZ Distribuce 4 000 km optických datových

sítí do roku 2025. Dnes je síť hotová asi z poloviny. Dalších 5 500 km se má vybudovat do roku 2030.

Fotovoltaika

Očekává se rozvoj obnovitelných zdrojů, především fotovoltaických elektráren (FVE), i na hladinách vysokého a velmi vysokého napětí 110 kV. Předpokládaný vývoj instalovaného výkonu FVE a VTE (větrných elektráren) by mohl v roce 2030 dosáhnout až 6 000 MW (současný instalovaný výkon je 2 000 MW). Jak známo nejisté obnovitelné zdroje jsou problémem – změny počasí způsobují změny napětí v síti, s čímž se soustava musí umět vypořádat. Budoucností je akumulace – již od roku 2018 se i u nás objevují FVE s akumulací energie.

Elektromobilita

Elektromobilita představuje významnou změnu pro dosavadní způsob provozování a především dimenzování distribuční sítě. Dnes je v ČR asi 4 000 čistě elektrických aut, dohromady s hybridy asi 10 000. Očekává se velký boom stavby dobíjecích stanic, zejména rychlonabíjecích, s výkony cca 100 kV na stojan. To je nerealizovatelné na nejnižším napětí, musí být k dispozici střední napětí sítě a provoz distribuční sítě musí být přizpůsobený např. i k možnosti regulace nabíjecích stanic v případě krajní nouze (např. šířící se blackout).

Informace pro zákazníky

Na straně spotřebitelů budou investice směřovat do rozvoje chytrých elektroměrů (Advanced Metering Management, AMM). Chytrý elektroměr bude zákazníkovi dodávat data, např. cenové impulsy, díky kterým si bude moci řídit ovládaní spotřebičů a tím spotřebu elektřiny sám. Umožní nastavit limit příkonu dle potřeby, provozovateli sítě umožní snadnější odhalování neoprávněných odběrů (rozuměj: krádeží elektřiny). Do budoucna se počítá i s bezdrátovou technologií.

■

Speciální zařízení za desítky milionů korun prověřovalo 9 dní tlakovou nádobu reaktoru



Vylepšování Jaderné elektrárny Temelín

Marek Sviták / Foto ČEZ

Od 13. března do 11. května 2020 byl první temelínský blok v plánované odstávce pro výměnu paliva – energetici vyměnili 42 ze 163 palivových souborů. Odstávku však vždy využijí také k dalším činnostem – k důkladným kontrolám a modernizacím. Temelín vyrábí elektřinu pro pětinu České republiky už téměř 20 let!

Program sledování životnosti tlakové nádoby je velmi podrobný

Kontroly zahrnují ověření stavu vnitřního i vnějšího povrchu a materiálu tlakových nádob reaktoru. Kontroluje se například celistvost a tloušťka základního materiálu nebo svarových spojů. Výsledky naplnily očekávání. Tlaková nádoba je ve velmi dobrém stavu a umožňuje bezpečný provoz další desítky let.

Průběh kontroly

Devět dní podrobně mapovalo speciální zařízení v hodnotě desítek milionů korun stav tlakové nádoby reaktoru. Ultrazvukem posuzovali odborníci Škody JS od začátku dubna celistvost a tloušťku materiálů tlakové nádoby. Pomocí systému kamer prováděli vizuální kontrolu. Přitom museli na ploše 100 m² prozkoumat každý milimetr. Kontrola, která se dělá v šestiletých intervalech, je součástí

programu sledování životnosti tlakové nádoby. Odborníci ji provádějí pomocí speciálního zařízení MKS (Modulární kontrolní systém). Systémem speciálních vodotěsných a radiačně odolných kamer se provádí vizuální kontrola vnitřku tlakové nádoby. Pomocí vířivých proudů se kontroluje stav povrchu reaktoru a ultrazvukem se nedestruktivně ověřuje celistvost materiálů tlakové nádoby.

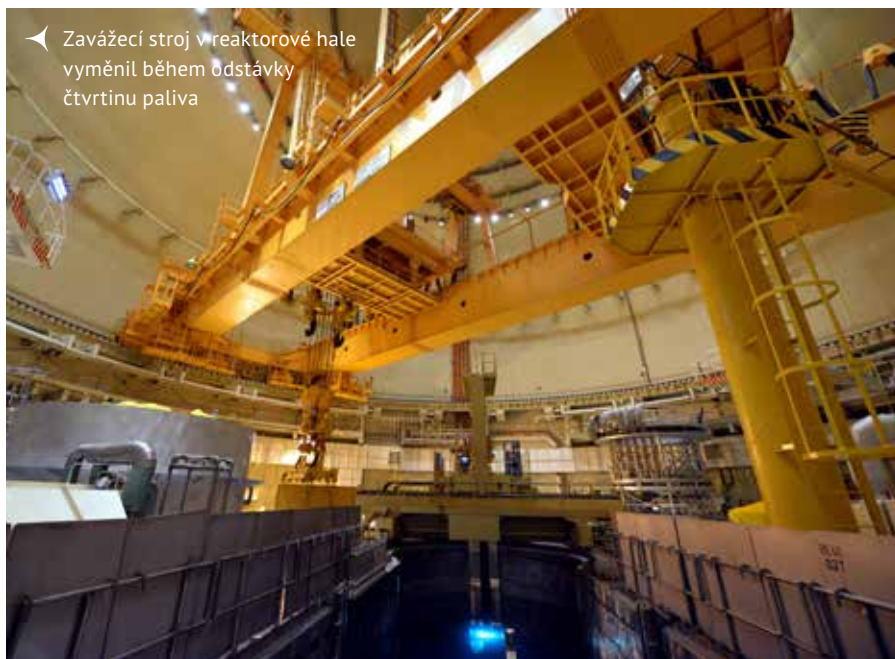
Kontrola předcházelo vyvezení paliva z reaktoru. Montáž pětivotného zařízení MKS do reaktoru zabrala jeden a půl dne. Vlastní kontrola reaktoru probíhá deset dní nepřetržitě 24 hodin denně. Speciální stroj musí pod vodou zkontrolovat plochu o velikosti 100 m². Například při ultrazvuku je rychlost kontrolní hlavy 10 cm/s. Přimo na reaktorovém sále stroj obsluhují čtyři lidé, další dva specialisté zpracovávají a vyhodnocují naměřená data.

Svědectvé vzorky

Průběžně specialisté z reaktoru vyjímají tzv. svědečné vzorky, které předávají ke zkouškám odborníkům z ÚJV Řež. Svědečné vzorky umožňují vyhodnotit vliv radioaktivního záření na materiál tlakové nádoby. Jsou to malé kousky stejného materiálu, ze kterého je vyrobena tlaková nádoba. Jejich případné strukturální změny na mikroskopické úrovni by byly shodné se změnami v nádobě. Stav tlakové nádoby reaktoru je jedním z klíčových faktorů určujících životnost jaderných elektráren.

Výměna paliva

Zavážení probíhalo čtyři dny nepřetržitě 24 hodin denně. Soubory pracovníci prostřednictvím speciálního zavážecího stroje umísťovali na přesně stanovené pozice. Ty určili reaktoroví fyzici na základě výsledků řady složitých výpočtů. ▀



➤ Zavázeční stroj v reaktorové hale vyměnil během odstávky čtvrtinu paliva



➤ Dva tahače o výkonu 750 koní na obou koncích více než třicetmetrové nákladní soupravy dopravily bezpečně separátory do areálu ETE

➤ Generátorový vypínač odděluje elektrárnu od přenosové soustavy



Čtvrtinu aktivní zóny reaktoru tvoří nové soubory, naopak soubory nejstarší budou v reaktoru pracovat už čtvrtým rokem. Proto se palivo umísťuje tak, aby vývin tepla byl rovnoměrný a omezil se vliv neutronů na nádobu reaktoru. Během přesunu paliva z bazénu do reaktoru ujel zavázeční stroj přibližně pět kilometrů. Jeho maximální rychlost dosahovala necelých 30 cm/s. V průběhu zavážení se ale liší. Například vlastní palivový soubor se na pozici v reaktoru zasouvá rychlostí 3 cm/s. Každý jeho pohyb sleduje obsluha pomocí speciální kamery. Vše se děje pod vodou a veškeré manipulace jsou sledované bezpečnostními kontrolami SÚJB a prostřednictvím kamer se přenášejí do Vídně do sídla MAAE.

Vypínač, který reaguje rychleji než sprinter

Několik týdnů při odstávce zabrala výměna generátorového vypínače. Zařízení v hodnotě několika stovek miliónů korun odděluje elektrárnu od okolní přenosové soustavy. Také na jeho stavu tak závisí dodávky elektřiny do přenosové

soustavy. Záměrem bylo použít modernější zařízení, které je méně náročné na pravidelnou údržbu a elektrárně vydrží do konce provozu. Výrobce garantuje životnost na dalších čtyřicet let provozu, což odpovídá předpokládané době provozu elektrárny.

Technologie vypínače

Samotný vypínač se skládá ze tří stejných komor. Na pokyn obsluhy musejí všechny tři komory zareagovat do 0,05 s. Vypínač může přitom ovládat operátor z blokové dozorny nebo elektrikář přímo z místnosti generátorového vypínače. Běžně se s vypínačem manipuluje dvakrát ročně a to při odstavování a připojování bloku k soustavě. I tak je ale nesmírně důležitý, protože jeho špatná funkce by mohla způsobit škody v jednotkách miliard korun.

Separátory – největší transport do Temelína za dvacet let

Separátor – přihříváč je zařízení v nejaderné části elektrárny. Je dlouhý 32,8 metru, vysoký 4,4 metry, kompletně

váží 195,6 tun. Uvnitř každého ze dvou separátorů je 1 512 teplosměnných trubice o objemu 13,5 m³. Objem vlastního separátoru je 232,4 m³. Jeho úkolem je zlepšit parametry páry, která proudí na nízkotlaké díly turbíny. Zbavuje páru vlhkosti a přihřívá ji. Vlhkost v páře má negativní vliv na termodynamickou účinnost turbínového stupně, účinnost parního oběhu a na materiál lopatek turbíny. Jeho použití zvýší výkon řádově o jednotky MW_e.

Doprava z Bratislavy trvala pět dní

Výrobní závod německé společnosti Balcke-Dürr, GmbH, opustil separátor 23. března a převážně po Dunaji se doplaval do přístavu v Bratislavě. Zde ho převzaly výkonné silniční tahače. Určit trasu pro tak objemný náklad nebylo jednoduché. Musela vynechat cesty a mosty s nedostatečnou nosností i podjezdy s nedostatečnou výškou. Bylo možné použít jen zatáčky s dostatečně otevřeným úhlem a průjezdy kolem staveb byly vypočítané na milimetry. ■



Pracoviště výroby radiofarmak v ÚJV Řež
(Zdroj: ÚJV)

Jak funguje produkce radionuklidů pro medicínu v době koronakrize

-red-

Nemocnice na celém světě řeší v roce 2020 nejen COVID-19, ale i běžný provoz (i když mnohde v omezené míře). Moderní medicínu si neumíme představit bez nukleární medicíny a jejích pomocníků – radionuklidů. Produkce radionuklidů pro medicínu tedy musí pokračovat i v době pandemické krize. Problémem však za současných podmínek může být doprava, logistika a distribuce – většinou se jedná o izotopy s krátkým poločasem přeměny. Mezinárodní agentura pro atomovou energii zorganizovala průzkum mezi provozovateli jaderných reaktorů a urychlovačů, které medicínské radionuklidy a radiofarmaka produkují.

Nouzové stavy vyhlášené v mnoha zemích světa ovlivňují doručování zásilek a služby. Kvůli pandemii nefunguje většina aerolinií a jsou uzavřené hranice, což distribuci radionuklidů komplikuje. Průzkum MAAE ukázal, že většina hlavních producentů pokračuje v přípravě radiofarmak, protože příslušné jaderné reaktory a urychlovače byly vládami definovány jako důležitá a nepostradatelná zařízení. Výzkumné reaktory, jejichž produkce je nezbytná pro zdravotní péči, pokračují v provozu podle bezpečnostních standardů MAAE.

Příklad z ÚJV Řež

V České republice připravují radiofarmaka pro nukleární medicínu na urychlovačích v ÚJV v Řeži u Prahy. Jednou ze základních metod onkologické diagnostiky ve vyspělých zemích je PET (pozitronová emisní tomografie). V ČR je na pracovištích nukleární medicíny aktuálně k dispozici šestnáct PET kamer. ÚJV Řež, která provozuje tři výrobní PET centra vybavená cyklotrony, dodává své přípravky většinu z nich a produkci přípravku Fludeoxyglukosa pro diagnostiku nádorů pokrývá většinu českého

trhu. Ani v době, kdy nejsledovanějším parametrem zdraví obyvatelstva je nákaza koronavirem, se výskyt onkologických onemocnění ani dalších diagnóz, které využívají PET diagnostiku, nezastavil. Pracoviště nukleární medicíny s PET kamerami se omezení neakutní zdravotní péče ve zdravotnických zařízeních ve větší míře nedotkla a proto ani ÚJV Řež neomezila svou výrobu radiofarmak.

Příklad z Jihoafrické republiky

JAR je jedním z hlavních producentů medicínských radionuklidů. Zásobuje klienty po celém světě. Jihoafrická vláda vyhlásila nouzový stav 27. března 2020, aby zabránila šíření koronaviru. Výzkumný reaktor SAFARI-1 zůstal v provozu, protože radioizotopy pro medicínu jsou klasifikovány jako nezbytný produkt. Provozovatel přijal provozní omezení kvůli prevenci šíření viru. Výroba je však nyní nižší než obvykle, kvůli potížím s mezinárodní distribucí a nižšími požadavky z nemocnic. Přesto se zásilky vypravují každý týden. „Nejvyšší zdravotní prioritou mají nyní pacienti s COVID-19, ale nesmíme zapomenout na miliony pacientů kteří potřebují podání radiofarmak,“ řekl Koos du Bruyn, senior manager výzkumného reaktoru SAFARI-1. Globální distribuce radionuklidů se nyní zajišťuje s pomocí South African Airways, státem vlastněného národního dopravce. Některé jiné země a společnosti organizují charterové lety s dodávkami radiofarmak, protože ne všechny vlády mají možnost je zajistit.

Technecium 99m

Podle Světové jaderné asociace (World Nuclear Association) se v medicíně nejčastěji užívaný radioizotop, technecium 99m (^{99m}Tc), používá každoročně ve čtyřiceti milionech procedurách! Představuje to kolem 80 % všech procedur nukleární medicíny a 85 % diagnostických výkonů v nukleární medicíně celosvětově. Technecium 99 vzniká z molybdenu 99 (^{99}Mo). Podle aktuálního průzkumu MAAE všichni hlavní producenti tohoto radionuklidu pokračují v jeho přípravě. Výzkumné reaktory v Argentině, Austrálii, Belgii, Francii, Polsku, Nizozemsku, Rusku, Jižní Africe a Spojených státech jsou připravené plnit požadavky zdravotních pracovišť. Jakmile se molybden 99 připraví, okamžitě se posílá k příjemcům a nemocnice a centra nukleární medicíny z něj připravují technecium 99m. Poločas přeměny (rozpadu) ^{99}Mo je 66 hodin a ^{99m}Tc je 6 hodin, takže je nezbytné, aby se mateřský radionuklid dostal k pacientům v řádech jednotek hodin. Kvůli současným problémům v zásobování musely některé nemocnice zrušit výkony, protože ^{99}Mo nedostávají. ■



Kdo si hraje, nesmutní

Aneta Brunová

Pokusy opakovaně ukazují, že hraní si s vrstevníky („kočkování“) podporuje zdravý psychický vývoj mláďat. Pokud jste v dětství své rodiče dováděli k nepřítomnosti neustálým hlasitým zápasením, vězte, že jste posilovali svoji odolnost vůči depresi a jiným psychickým potížím. Jak to ale funguje? Je pro blahodárné účinky hry vědecké zdůvodnění?

Tým z illinoiské Severozápadní univerzity zkoumal účinek hry na mladé potkany. Aby zjistili, jak moc se potkanům hra líbí, rozhodli se nahrávat jejich hlasové projevy (pokusu byli přítomni vždy jen mladí potkani, takže zábavu neměl kdo kazit). Je známo, že potkaní projevy spjaté s prožíváním pozitivních emocí se vyznačují frekvencí kolem 50 kHz (leží v ultrazvukovém pásmu). Potkaní smích tedy zní velmi vysoko.

Aby to neměli mladí potkani příliš lehké, procházeli sérií pokusů, během kterých byl u nich uměle vyvolán stres (kontrolní skupina to měla ještě horší – prodělávala pouze stresující situace, bez hraní). Ukázalo se, že potkani, kteří měli možnost si hrát, se pak více „smáli“

i mimo samotnou herní situaci. Pozitivní vyladění způsobené hrou jim vydrželo.

V další fázi se vědci zaměřili na otázku, zda potkani, kteří se v důsledku času stráveného hrou více „smáli“, měli také menší sklony podlehnout depresi. Použili tři nezávislé testy: plavací test, založený na skutečnosti, že jedinci bez deprese, jsou schopni plavat delší dobu než depresivní jedinci, test sociální interakce, který vychází ze skutečnosti, že zdraví jedinci jsou více ochotni trávit čas vzájemnou interakcí s neznámým (cizincem), a test spontánní alternace založený na schopnosti zdravých jedinců během prozkoumávání nového prostředí spontánně změnit trasu (nekráčet po vyšlapaných cestách). Všechny testy uká-

zaly, že potkani vystavení stresu, kteří si také hráli, vykazovali menší sklony k depresivitě než potkani, kteří neměli možnost si hrát.

Následně vědci zkoumali, které geny jsou zodpovědné za pozitivní účinky hry na potkaní mozek. Nalezeno bylo specifické zvýšení aktivity genů pro růstový hormon IGF-1 a protein NRB2. Při dalších pokusech se potvrdilo, že přítomnost IGF-1 a NRB2 vyvolává u potkanů hlasové projevy štěstí. IGF-1 a NRB2 by tedy mohly být potenciálními terapeutickými cíli v léčbě deprese. Nahrávání hlasových projevů potkanů by mohlo být cestou, jak citlivě a přátelsky testovat nové druhy antidepresiv. ■



◀ Agrovoltaické instalace francouzské firmy SunAgri v Tresserre ve Francii (Zdroj: SunAgri)

Agrovoltaika

-red-

Miroslav Kudrna pracuje více než 19 let v Portugalsku pro firmu, která vyrábí foliovníky (skleníky, kde je sklo nahrazené folií) a kovové haly. Při své práci přemýšlí a dívá se kolem sebe. A napadají ho všelijaké věci: například jak pomoci zemědělcům pro které foliovníky vyrábí, aby si na svém pozemku více vydělali, aniž by jim to přineslo práci navíc. Jedno z řešení je propojit pěstování potravin s výrobou energie. Na dálku jsme s ním udělali on-line rozhovor o jeho vizech.

Jste více zemědělec nebo energetik?

Ani jedno. Pocházím ze starého sedláckého rodu, a tudíž uvažuji jako sedlák, i když v té profesi už více než 53 let nepracuji. Jsem technik. Naši klienti, zemědělci, jsou vesměs staří lidé (podle statistik EU je průměrný věk těch, kteří s půdou opravdu pracují, 56 let). Mladí, aby uživilí rodinu, odcházejí hledat práci jinam. Řešením může být spojit zemědělskou práci s něčím, co jim přinese finanční zisk, aniž jim to přinese mnoho práce navíc. A tady se nabízí možnost spojení s výrobou energie, a to konkrétně s fotovoltaikou.

Řešení ale má jeden háček: pokud je na poli fotovoltaická elektrárna, končí na pozemku výroba potravin. I ti, kteří na solárními panely zastavěných pozemcích pasou ovce, to nedělají kvůli zemědělství, ale především proto, aby ušetřili peníze za sekání trávy.

Je zde i jiné řešení, a to je montování FV panelů přímo na skleníky. Jenže konstruktéři, kteří je navrhují, o zemědělství moc nevědí. Výsledkem je, že pod panely není dostatek denního světla a tudíž produkce skleníku klesá mnohdy až o 80 %. Jednou z cest je využití něčeho nového, co už se objevuje především v přelidněných asijských státech – říká se tomu „agrovoltaika“. ►

Vysvětlete čtenářům, co to je, a zda už se tím někdo zabývá.

Jedná se o spojení výroby potravin a výroby energie ze slunce do jednoho celku, aniž by si navzájem překážely, a především aniž by to pro zemědělce přineslo práci navíc. v Evropě znám jenom dvě společnosti: jednou je francouzská SunAgri, která se tím zabývá už více než 10 let, druhou je německá společnost Fraunhofer, která se tím zabývá už více než 5 let. Jsou to vědecké společnosti, navrhnu konstrukci a nechají ji vyrobit a postaví specializované firmě. Díky nim ale víme, jaké zemědělské plodiny je nejvhodnější pod konstrukcí pěstovat a jaké to přinese výsledky. Podle jejich zkušeností je zřejmé, že pod konstrukcí lze pěstovat prakticky všechny zemědělské plodiny, jen některé, jako je obilí nebo slunečnice, mají nižší výnosnost. U ostatních plodin se výnosnost většinou zvedne, třeba u ovoce a některých druhů zeleniny až o 60 %. Navíc se ušetří minimálně 20 % vody na zalévání.

Co navrhuje?

Inspirován jejich konstrukcemi jsem navrhl svou, na níž se dá na plochu 1 ha umístit 1 800–2 200 kusů FV panelů podle toho, co bude chtít majitel pod konstrukcí pěstovat. Panely jsou umístěné na sledovacích trackerech pohybujících se za sluncem, takže vyrobí více energie než statické panely. Jsou umístěné v minimální výšce 4,5 m, aby pod nimi projela veškerá zemědělská technika. Konstrukce, kterou jsem navrhl, nepotřebuje rovinu, nepotřebuje žádné základy (je upevněná na zemních vrtech) a může kopírovat jakýkoliv terén, lze ji postavit i na terasách. Pro pěstování ovoce a zeleniny je možné tuto nástavbu doplnit o automatické nebo ruční zastínění, které během dvaceti minut udělá z konstrukce tunel. Ten ochrání kvetoucí stromy od jarních mrazíků, plody od krup a zralé např. třešně a višně od ptactva. Stejně tak rychle se dá zastínění zase stáhnout do výchozí polohy, aniž to ovlivní rostliny rostoucí pod konstrukcí. Tato nástavba je pod FV panely, takže neovlivní výkon FVE.

Jakou další výhodu vidíte oproti klasickým solárním panelům na polích?

FVE na nízkých konstrukcích zabírají zemědělskou půdu a jejich produkce je těžko říditelná a předvídatelná. Řešit se to dá uložením energie do baterií. Přitom je zde modernější řešení – jmenuje se „zelený vodík“, respektive výroba vodíku elektrolýzou na místě a jeho odvod plynovody.



Systém výroby vodíku pomocí přebytků z fotovoltaiky navrhuje a ve svém areálu provozuje i české UJV Řež.

Ano, to máte pravdu. Zlevnění výroby vodíku za pomoci alternativních zdrojů je zatím problém. Japonci postavili na opuštěných polích poblíž Fukušimy FV elektrárnu o výkonu 20 MW a továrnu na výrobu zeleného vodíku. Každou hodinu, kdy svítí slunce, vyrobí 100 kg (1 200 m³) vodíku. Další továrnu na vodík postavili za podpory japonské firmy Toyota v Austrálii, kde zase využívají jak FVE, tak větrné elektrárny. Holanďané na výrobu vodíku používají větrné parky.

Zamýšlel jste se také nad ekonomickou stránkou věci?

To je vždy první, nad čím se zamýšlím, když navrhuji cokoli nového. Agrovoltaika nepotřebuje ani dotace, ani kompenzace. Samotná výroba energie zaplatí vložené investice nejpozději do sedmi let. To, co se vypěstuje pod konstrukcí, představuje zisk. Platí to především pro ovocnáře, zelenáře a vinohradníky. Dohro-

mady se jen v Čechách podle statistiky o využití půdy v ČR, jedná o 31 500 ha pro uvedené obory a to představuje při využití agrovoltaiky výrobu 25,2 GWh energie jen za 1 hodinu, když svítí slunce. Když vezmeme v úvahu, že český průměr je 1 200 hodin slunečního svitu za rok, a předpokládáme, že na výrobu 1 kg vodíku elektrolýzou je zapotřebí 60 kWh elektrické energie, tak jen z této plochy by bylo možné vyrobit v době, kdy svítí slunce, za hodinu 420 tun vodíku. To znamená, že za rok by se jednalo o 504 000 tun vodíku. Při dnešních odřádkách nejen ovocných stromů, ale i drobného ovoce jako jsou maliny, ostružiny nebo borůvky, by nebyl problém sázet tyto plodiny mezi řadami konstrukce. Zabránilo by se tím nejen splavování ornice, ale chránilo by to i spodní vodu a do krajiny vrátilo život. Pokud se dotáhne výroba vodíku, mohlo by se Česko stát nezávislé na jeho dovozu, stejně jako na dovozu ovoce a zeleniny.

Děkujeme za rozhovor ■



◀ Panamský průplav (Zdroj: Pixabay)

Jak se to dělá

Měřicí zařízení založená na ionizujícím záření (Ionizing Radiation Gauging Device) jsou analytické přístroje využívající interakci mezi ionizujícím zářením a hmotou. Tato technologie se používá k nedestruktivnímu testování, k řízení a zlepšování kvality produktů a optimalizaci už padesát let. V průmyslu po celém světě působí několik stovek tisíc podobných radiačních kontrolních systémů. Klíčovou výhodou technologie je, že není nutný přímý kontakt s materiálem, proto je zvláště vhodná pro použití na vysokorychlostních výrobních linkách nebo v systémech pracujících při extrémních teplotách. Nukleonické řídicí systémy lze použít pro statické i kontinuální měření. Některé nukleonické měřiče nepoužívají zdroje záření, ale jsou založeny na měření přírodního záření zkoumaného materiálu. Dvě nejčastěji používané měřicí metody jsou prozařování zářením gama a zpětný rozptyl. Zkoumají materiál, aniž by ho zničily nebo změnil jeho vlastnosti. Gama záření interaguje s elektrony v atomovém obalu atomů zkoumané látky, absorbuje se nebo se zpětně rozptýlí. Zpětně odražené záření má nižší energii a intenzitu, charakterizující chemické složení látky. Vysokoenergetické gama záření může např. proniknout stěnami uzavřených nádob a měřit materiál uvnitř bez jejich otevření.

Radiační technologie zkoumají Panamský průplav

Marie Dufková

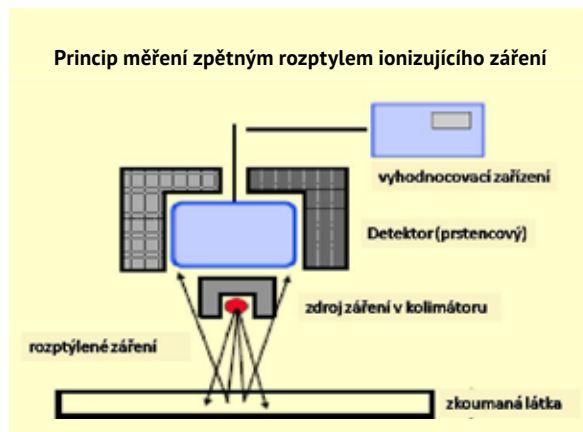
Panama se učí, jak využívat radiační technologie k modelování pohybu sedimentů v Panamském průplavu i v nedalekých jezerech. Na základě modelů plánuje vyvinout nové bagrovací postupy, které zajistí hladký průjezd lodí a tím nepřetržitý tok lidí a zboží touto světoznámou námořní cestou, která s více než 800 000 loděmi ročně patří k nejrůznějším vodním cestám na světě.

Aby obchodní spojení mezi Atlantickým a Tichým oceánem zůstalo otevřené, musí se Panama spoléhat na neustálé bagrování kanálu, nákladný proces, který zahrnuje rozsáhlé zemní vybavení, a který je komplikován sezónními tropickými bouřkami a extrémními účinky suchého počasí. Tento proces však může být levnější a efektivnější díky lepšímu poznání, jak se hromadí a pohybují sedimenty v povodí Panamského průplavu.

Pomohla MAAE

Mezinárodní agentura pro atomovou energii pořádá kurzy pro své členské země, jak používat různé přístroje a měřicí metody založené na radionuklidech či ionizujícím záření. V tomto případě radiační metody přispívají k lepšímu porozumění ukládání a přenosu sedimentů, které nejvíce ovlivňují pohyb

komerčního nákladu skrze panamský průplav, Metoda využívá interakci ionizujícího záření s měřeným materiálem a slouží k mapování pohybu a analýze zkoumaného materiálu. Měření odhaluje hustotu sedimentů, jejich umístění a jejich pohyb, což umožňuje inženýrům a námořním specialistům určit splavnou hloubku vody a podle toho optimálně naplánovat bagrovací operace. Panamští odborníci získali prostřednictvím dvou projektů technické spolupráce MAAE odborné znalosti a specializované vybavení, bylo vyškolen téměř 40 inženýrů a specialistů z Panamského průplavového úřadu.



Nukleonické měřicí systémy také umožňují vizualizaci vnitřních struktur objektů a toků prostřednictvím různých technologií, jako je počítačová tomografie (CT). ■

Větrné turbíny vyplovávají na moře

-red-

Výkon větrných elektráren umístěných v mořích celého světa přesáhl 650 GW, což odpovídá přibližně dvěma třetinám instalovaného elektrárenského výkonu Evropské unie. Naprostá většina elektřiny z větru pochází z turbín ukotvených ve dně mělkých pobřežních vod. V poslední době se ale objevují investice do plovoucích větrníků, které jsou sice dražší, ale lépe využijí větrnou energii. Podle odhadů činí potenciál plovoucích větrných elektráren v Evropě, USA a v Japonsku kolem 7 000 GW.

Výhodou plovoucích elektráren je kromě lepší využitelnosti větrné energie na otevřeném moři zejména to, že se montují na pobřeží a pak se jen odtáhnou na moře. Tím se podstatně usnadňuje instalace i budoucí demontáž a snižují se dopady na životní prostředí. Mořské platformy nejsou z pobřeží vidět, mají menší negativní vliv na rybolov, pobřežní plavbu nebo rekreaci. Výhodou je i možnost jejich přímého propojení s ropnými a plynovými plošinami.

Španělský projekt

Přípravu své první velké plovoucí větrné elektrárny v hlubokém moři finišuje španělský energetický gigant Iberdrola. Plošinu chce začít vyrábět na začátku roku 2021, na moře postupně instalovat od jara roku 2022 a do roku 2030 se dostat na cenu 40 až 60 EUR/MWh. V současné době je průměrná cena za megawatthodinu z větrných elektráren na mělčinách 75 EUR a z pozemních 40 EUR.

Norský projekt

Norská státní firma Equinor, která je průkopníkem plovoucích větrných elektráren, začala s realizací první

světové plovoucí farmy dodávající elektřinu ropným a plynovým plošinám. Celkem 11 větrných turbín s výkonem 88 MW bude v Severním moři v závislosti na síle větru pokrývat minimálně 35 % roční spotřeby pěti plošin. Zároveň půjde o doposud největší plovoucí farmu na světě. Zařízení ve vzdálenosti 140 kilometrů od norského pobřeží, kde je hloubka od 260 do 300 metrů, si vyžádá investici 450 milionů EUR. Zahájení provozu se plánuje na konec roku 2022.

Portugalský, kalifornský a japonský projekt

V prvních dnech roku 2020 se 20 kilometrů od pobřeží severního Portugalska u Viana do Castelo připojila k síti také první ze tří platform větrné farmy WindFloat s konečnou kapacitou 25 MW. Řádově větší projekt chystají v Kalifornii tamní strojírenská společnost Aker Solutions a norská IT firma Cognite Data Fusion. Projekt by se měl stát základem pro obří plovoucí větrnou platformu o kapacitě 100 až 150 MW. Japonsko by chtělo do roku 2030 mít až 4 GW z plovoucích větrných turbín a o jejich využívání přemýšlí i Tchaj-wan.

Ekonomický potenciál

Na celém světě bylo podle poslední analýzy společnosti GlobalData z roku 2019 celkem 13 plovoucích větrných farem na moři. Nejvíce (9) v Evropě, ve Velké Británii, Portugalsku a Francii, tři v Asii v Japonsku a Koreji a jedna v USA. Podle Mezinárodní energetické agentury (IEA) první komerční plovoucí větrné farmy ukazují solidní potenciál a efektivitu plovoucí větrné technologie na moři. Pozornost investorů k plovoucím větrníkům přitáhly zejména výsledky norské státní firmy Equinor, která od roku 2018 provozuje průkopnickou 30 MW plovoucí větrnou farmu Hywind Scotland na volném moři u severovýchodního pobřeží Skotska. Už v prvním čtvrtletí následujícího roku dosáhla elektrárna kapacitního faktoru 65. Kapacitní faktor je procentuální poměr skutečné výroby elektřiny v daném časovém úseku k instalovanému výkonu elektrárny. Větrné elektrárny umístěné v pobřežních vodách mají kapacitní faktor necelých 48 %, na souši je to ještě méně. Fotovoltaické systémy dosahují v průměru sotva 30 %, vodní elektrárny okolo 45 a nejmodernější uhelné až 65 %. Nejvyšší kapacitní faktor přes 90 % mají jaderné elektrárny. ■

↳ Vizualizace 4D zachycují jak prostorové, tak časové aspekty plánu. Animace zvedání základny kryostatů podle Brigantium Engineering



Slunce na Zemi. Začíná se montovat termojaderný reaktor ITER

Milan Řípa / Foto: Credit © ITER Organization, www.iter.org

Milník číslo 50 splněn. Montáž největšího tokamaku na světě může začít. Po neuvěřitelných 13 letech je jáma na staveništi připravena přijmout reaktor. Od roku 2007 se připravovalo zázemí: Montážní hala, Budova vysokých frekvencí, Servisní budova, AC/DC měnič pro napájení cívek magnetických polí, Budova cívek poloidálního pole, Trojbudoví (tokamak, tritium, diagnostika), transformátorová stanice a rozvodna – to jsou jen základní a největší budovy tvořící pozadí budoucímu reaktoru. To vše je pospojované kilometry potrubí a elektrického vedení silnoproudého, slaboproudého či digitálního.

Milník Rady byl úspěšně dosažen 28. března 2020. Má pro projekt ITER značný význam, protože otevírá cestu pro zahájení fáze montáže samotného tokamaku. Byla to vlastně zkouška přejezdu těžkých jeřábů mezi Montážní halou a Budovou tokamaku. Jeřáby budou převážet komponenty reaktoru do montážní jámy tokamaku. Bylo nutné prověřit je-li hotova Jeřábová hala, funguje-li odstranění dočasné zdi oddělující Montážní halu a Budovu tokamaku, a konečně prověřit mostový jeřáb pod zatížením. Poslední operace, velkolepá a delikátní, spočívala v ověření celé 170 m dlouhé dráhy dvojitého mostového jeřábu – od vstupu do Montážní haly až na opačný konec právě postavené Jeřábové haly. A potom zpět.

Operace Titan

V hlavní roli úžasného divadla vystoupil dvojitý mostový jeřáb Titan s téměř 1 000 tunami ocelových a betonových testovacích zátěží připoutaných k obřím kladkostrojům. Když byla dočasná zeď mezi Montážní halou a Budovou tokamaku odstraněna, bylo možné poprvé vidět jeviště budoucích montážních operací v celé jeho kráse a mohutnosti. Otevřel se obrovský otevřený prostor, v němž dokonce i dvacetimetrový montážní nástroj pro sektor vakuové nádoby vypadal jako trpaslík. ▀



Každá cívka toroidálního pole je přibližně 14 m vysoká a 9 m široká, její hmotnost s pouzdem dosahuje 300 tun

Kde co leží na staveništi ITER

Staveniště tokamaku ITER má všechny znaky malého města: orientační budovy, klikaté silnice a velké ulice, semaforey a značky STOP. Je to rušný svět lidí a vozidel, stavařských a průmyslových projektů. Místo, kde se shromáždilo 35 národů, aby připravilo budoucnost naší civilizace. Na plánu můžete identifikovat 28 budov a zařízení, většinou již funkčních, některé v různých fázích výstavby a jen několik se dosud nezačalo stavět. Další prvky – jako jsou mosty a silnice – ještě nejsou pojmenovány. Za několik let bude určitě potřeba mapu aktualizovat, abychom se vyznali na ještě hustším plánu místa ITER.



- | | | |
|---|---|---|
| 1 Budova tokamaku | 10 Budova pro navíjení cívek poloidálního pole | 19 Místo pro horké komory |
| 2 Budova diagnostiky | 11 Kryo hospodařství | 20 Areál pro dodavatele |
| 3 Tritiové hospodařství | 12, 13 Budovy usměrňovačů pro magnety | 21 Zvýšené parkoviště pro dodavatele |
| 4 Montážní hala | 14 Rozvodna 400 kV (ITER Organization) | 22 Ředitelství ITER Organization |
| 5 Budova vysokofrekvenčního ohřevu radiofrekvencí | 15 Rozvodna 400 kV (RTE France) | 23 Přípravná montážní hala tokamaku |
| 6 Servisní budova | 16 Chladicí věže | 24 Montážní dílna |
| 7 Čisticí budova | 17 Místo pro budovu řízení | 25 Rozšíření zařízení pro testování cívek poloidálního pole |
| 8 Kryostatová dílna | 18 Místo pro zdroje svazků neutrálních částic (NBI) | 26, 27, 28 Dočasné skladovací zařízení |
| 9 Dílna pro magnety | | C Dolní a horní válec kryostatu (zabaleny) |

Evropa dokončila magnet ve tvaru D

Uvnitř tokamaku ITER budou pevně spojena ocelová pouzdra osmnácti cívek toroidálního pole, čímž se vytvoří konstrukce, na kterou lze ukotvit cívky poloidálního pole, centrální solenoid a korekční cívky. Osmnáct cívek toroidálního pole ve tvaru písmene „D“ umístěných kolem vakuové nádoby ITER vytvoří magnetické pole, jehož primární funkcí je omezit únik plazmatu na stěny komory. Hmotnost jedné cívky je více než 300 tun, což představuje hmotnost dopravního letadla Boeingu 747. Patří mezi největší součásti zařízení ITER. Cívkami bude protékat 68 000 A, které generují magnetické pole intenzity 11,8 T (přibližně dvěstětisíckrát silnější než magnetické pole Země). Evropa vyrobí deset cívek a Japonsko osm a jednu náhradní. Budou to největší niob-cínové (Nb-Sn) magnety, které kdy byly vůbec vyrobeny. Na výrobě evropských cívek se podílí více než 700 lidí ze 40 společností.

Korea dokončila první sektor vakuové komory

U tokamaku platí, že čím větší je objem vakuové komory, tím snazší je udržet plazma a dosáhnout takového režimu s vysokou energií v plazmatu, který bude produkovat významné množství fúzní energie. Vakuová komora ITER s vnitřním objemem 1 400 m³ poskytne absolutně jedinečnou experimentální arénu pro fúzní fyziky: objem plazmatu obsaženého ve středu nádoby (840 m³) je více než desetkrát větší než objem největšího provozovaného tokamaku v současnosti – JET v anglickém Culhamu. Vakuová nádoba má vnější průměr 19,4 metru, je 11,4 metru vysoká a její hmotnost je přibližně 5 200 tun. Spolu s magnetickými systémy je vakuová komora ITER zcela uzavřena ve velké termosce zvané kryostat. Korea má dodat čtyři sektory vakuové komory, Evropa má na starosti zbývajících pět.

4D plánování

K přípravě na činnosti prováděné s kritickými částmi tokamaku ITER v přeřazeném prostředí Montážní haly ITER používají projektanti a koordinátoři projektu metody 4D plánování. To znamená 3D zobrazování prostoru plus parametr čas. Vizualizace zachycují časové a prostorové a umožňují identifikovat potenciální střety. Všechny velké součásti tokamaku budou procházet Montážní halou ITER – vstupují dvojitými dveřmi na jižním konci, zastaví se v odstavném prostoru pro přípravu nebo předmontáž a nakonec se přesunou přes celou budovu na závěsech mostových jeřábů k instalaci uvnitř jámy pro tokamak. Na základě 4D modelování byla nedávno instalována základna kryostatu a v současné době se pracuje na scénářích vstupu do montážní haly pro další velké komponenty – dolní kryostatový válec, dolní kryogenní tepelný štít a sektory vakuové komory. ■

◀ Zavážení zásob nízkoobohaceného uranu do LEU Banky v Kazachstánu (Zdroj: IAEA)



◀ Pohled do skladovací haly



◀ Do zařízení v Ust' Kamenogorsku dorazil nízkoobohacený uran po železnici ve dvou zásilkách, z Francie a z Ruska (Zdroj: IAEA)

Co je to LEU Bank

Marie Dufková

Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) zřídila v Kazachstánu speciální „LEU Banku“ (LEU = Light Enriched Uranium), účelové zařízení pro uskladnění zásob uranu pro jaderné elektrárny členských zemí. Celkem se jedná o fyzickou rezervu 90 tun LEU, základní složky pro výrobu jaderného paliva. Banka nízkoobohaceného uranu je jedním z neambicióznějších závazků agentury od jejího založení v roce 1957 a je to poprvé, co podnikla projekt takové právní a logistické náročnosti.

První zásilka 32 válců s lehce obohaceným uranem pocházela z francouzské firmy Orano (jeden z následovníků bývalé Arevy). Z francouzského přístavu ji loď dopravila do Ruska a odtamtud vlak do Kazachstánu. Druhou zásilku, 28 válců, dodala Kazachstánská národní atomová společnost JSC Kazatomprom, největší světový dodavatel přírodního uranu. Uran pochází přímo z kazašských uranových dolů a byl obohacen v sousedním Rusku. Obě zásilky představují dostatečné množství materiálu pro přibližně jednu kompletní aktivní zónu pro tlakovodní reaktor o výkonu 1 000 MW. Mezi další mechanismy vytvořené se souhlasem

MAAE k zajištění dodávek surovin pro jaderné palivo patří zaručená fyzická rezerva LEU udržovaná Ruskou federací v Mezinárodním středisku pro obohacování uranu v Angarsku a záruka zajištění služeb obohacování ze strany Spojeného království.

Financování

Zřízení a provoz LEU Banky jsou plně financovány z dobrovolných příspěvků členských států IAEA a dalších dárců v celkové výši 150 milionů USD, což pokrývá odhadované náklady na nejméně 20 let provozu. Mezi největší dárcy patří Iniciativa proti jadernému ohrožení,

Spojené státy americké, Evropská unie, Spojené arabské emiráty, Kuvajt, Norsko a Kazachstán. Kazachstán přispěl také tím, že LEU Banku hostuje na svém území.

Rezerva pro případ nouze

LEU banka IAEA slouží jako pojistka pro zajištění dodávek v případě krajní nouze jakémukoliv členskému státu, u něhož by došlo k přerušení běžných dodávek paliva v důsledku výjimečných okolností, a nebyl by schopen zajistit palivo pro svou jadernou energetiku z obchodního trhu. Kazachstán, který má s jadernou energetikou zkušenosti již 70 let, nabídl, že bude LEU Banku hostit na svém území. Celé zařízení je vlastnictvím IAEA.

Na celém světě je dnes v provozu zhruba 450 jaderných energetických reaktorů, které dodávají asi 10 % světové elektřiny a třetinu veškeré nízkouhlíkové elektřiny. V současné době se ve světě staví více než 50 dalších jaderných reaktorů. ■



Radionuklidy mapují půdní erozi

Marie Dufková

V pohoří Radan v jižním Srbsku přitahují turisty zvláštní skalní útvary. Jmenují se Djavolja Varoš (Ďábelské město) a tvoří je více než 200 skal ve tvaru sloupů zakončených kameny. Místní mytologie v útvarech vysokých od 2 do 15 m a širokých 4 až 6 metrů vidí zkamenělé svatebčany, geologie vysvětluje přírodní jev rozdílnou erozí hornin s různými vlastnostmi. Jiná věda, jaderná fyzika, pak pomáhá s mapováním této eroze a určením nejlepších způsobů, jak pozoruhodný přírodní útvar konzervovat.

Ďábelské město je viditelnou připomínkou impozantních sil přírody. Občasné intenzivní srážky dokonávají to, co vlastně způsobil člověk, když zdejší hornatou oblast začal odlesňovat a nespojitě geologické podloží tak vystavil erozi. Eroze půdy v Srbsku postihuje nejen obdělávanou půdu, ale také travní ekosystémy a svahy se stálezelenými keři, má za následek degradaci půdních zdrojů, snížení úrodnosti a zemědělské produkce. Aktuální a spolehlivé informace o míře eroze jsou nesmírně důležité.

Řešení jadernou metodou

V posledním desetiletí využívají vědci pro hodnocení eroze půdy metodu FRN (Fallout Radionuclide Method) – měření radionuklidů spadu. Děje se tak s podporou MAAE (Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni) ve spolupráci s Organizací OSN pro výživu a zemědělství (FAO). Výsledky se porovnávají s údaji o erozi zanesenými v srbské mapě eroze půdy, vytvořené v roce 1983. Eroze se v průběhu času mění. Jediné silné srážky mohou způsobit více eroze než součet všech zbývajících srážek v roce. Jindy se žádná eroze nemusí objevit po celé 2 až 3 roky. Metoda založená na

měření cesia 137 (^{137}Cs) poskytuje informace o dlouhodobé střední míře eroze za více než 30 let. Již jedna z prvních studií provedených pomocí měření ^{137}Cs jihovýchodně od Ďáblova města určila míru úbytku půdy mezi 2,4 až 8,9 tunami z jednoho hektaru ročně (t/ha/rok), tedy přibližně o 73 % více než bylo uvedeno na erozní mapě Srbska.

Spadové radionuklidy

V atmosféře se vyskytují radionuklidy různého původu, tedy i ty vzniklé ze zkušek jaderných zbraní (kterých mimochodem proběhlo v 50. a 60. letech více než 2 000), a deštěm jsou vymývány a ukládány na zemský povrch. Proto se na zemi vyskytují pouze ve vrstvě vrchní půdy. Když je tato vrstva odstraněna erozí, je jejich koncentrace logicky snížena. Velikost takového snížení ukazuje, kolik půdy bylo odstraněno z konkrétního místa. Nejčastěji používaným spadovým radionuklidem je Cs-137 s poločasem rozpadu 30 let.

V rámci projektu MAAE/FAO se budou vytvářet systémy nejen pro posuzování eroze, ale také pro ochranu půdy. Opatření na ochranu půdy jsou zdoluhavá a nákladná, proto je zásadní určit priority pro budoucí zásahy. ■



◀ Hrad Lauf, 1. patro, interiér erbovního sálu, pohled na východní a jižní stěnu (Foto Vladimír Růžek)

Jaderná technologie odhaluje středověká tajemství

Tomáš Čechák a kolektiv

Analytické metody založené na ionizujícím záření, využití radionuklidů a dalších podobných jaderně fyzikálních technologiích se stále rozšiřují a zabydlují v nejrůznějších oblastech lidských činností. Mohou nám pomoci odhalit zajímavé skutečnosti i z minulosti, a tím nemyslíme jen radioizotopové datování – určování stáří archeologických předmětů. Rentgenfluorescenční analýza dokáže například s bezkonkurenční přesností určit druhy, stáří a původ pigmentů výmalby v erbovním sále Karla IV. na hradě Laufu u Norimberka.

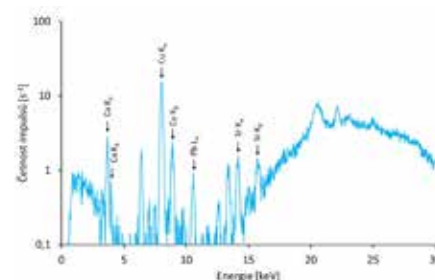
Hrad a městečko Lauf leží na západní hranici německé země Horní Falc. Pro Českou korunu město s hradem odkoupil v roce 1353 římský a český král Karel IV. Dvacetiletí českého panování připomínají Karlovy umělecké počiny, z nichž je i v evropském měřítku zcela jedinečný hradní erbovní sál.

Karel IV. nechal vytesat a vymalovat po obvodu stěn audienčního sálu v prvním patře 114 znaků ve dvou řadách nad sebou. Vidíme zde znaky slezských knížat, markraběte moravského a vévody opavského, lankrabí leuchtenberského, purkrabí magdeburského, hrabství Sulzbach a též Markrabství budyšínského, čili Horní Lužice, erby duchovních hodnostářů, erby tří nejvýznamnějších měst

Prahy, Vratislavi a Kutné Hory. Za městskými znaky následuje po obvodu stěn řada erbů českého panstva a výběru nižší šlechty z osobního okruhu panovníka. Dle datace nechal Karel IV. výzdobu vytvořit v roce 1361 po narození syna Václava IV. (26. února 1361) k příležitosti jeho křtu 11. dubna, kdy svolal do Norimberku dvorský sjezd a na Laufu přijímal poselstva z celé Říše. Ideální předpoklady k propagaci a bezprostřednímu působení na široké zástupy hostů těchto událostí! Umístění heraldické galerie právě na hrad Lauf demonstrovalo územní expanzi českého krále a integritu nově nabytého území s Českou korunou, jejíž dynastická kontinuita byla právě zajištěna narozením následníka trůnu.

Restaurování erbovního sálu v nové době

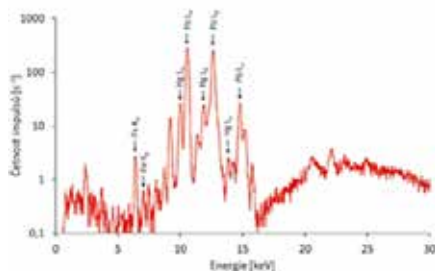
Erby byly do pískovcových kvádrů stěn nejen vytesány, ale podle heraldických zvyklostí i vymalovány. Barvy jsou dodnes zachovány v poměrně dobrém stavu. Památka byla nově objevena v roce 1934, očištěna a zrestaurována. ►



◀ Spektrum azuritu (Zdroj: autor)

- Hrad Lauf v Německu
(Foto Tomáš Čechák)

- Spektrum červené barvy, směs rumělky a suříku (Zdroj: autor)



Detekce barevných pigmentů metodou rentgenfluorescenční analýzy

Autoři tohoto článku provedli průzkum jednotlivých barev použitých při výmalbě erbů. Cílem bylo zjistit složení jednotlivých barev a pokud možno odlišit barvy původní, nanesené ve 14. století, od barev použitých při pozdějších opravách. K průzkumu byla zvolena metoda založená na buzení charakteristického záření ve zkoumaném vzorku nízkoenergetickým rentgenovým zářením a na následném zpracování detekovaného spektra tohoto záření. Metoda se nazývá rentgenfluorescenční analýza a patří do třídy analytických instrumentálních metod. Na povrch zkoumaného vzorku se nechá dopadat nízkoenergetické záření X nebo gama z vhodného zdroje. V posledních letech se přestávají používat radionuklidové zdroje a nahradily je miniaturní rentgenky. Dopadající záření interaguje převážně fotoefektem a v povrchové vrstvě zkoumaného vzorku vybudí charakteristické záření, jehož energie je funkcí protonového čísla prvku, s jehož atomy k interakci došlo. Jsme-li schopni detekovat vybuzené charakteristické záření a určit jeho energii, můžeme jednoduše provést kvalitativní analýzu zkoumaného vzorku. K provedení kvantitativní analýzy (určení chemického složení zkoumaného vzorku a zastoupení jednotlivých prvků) musíme změřit intenzitu jednotlivých čar charakteristického záření. Během několika minut tak můžeme určit o jakou barvu se jedná. Tedy jaké barvivo či pigment byly na erbu použity, i když v současnosti již není barva zřetelná. Měření ukázala, s jakými pigmenty středověcí umělci pracovali a které pigmenty byly použity ve 20. století při restaurování. Rovněž se touto metodou dají zkoumat nepatrné zbytky barevnosti erbů, které svoji barevnost za staletí ztratily. V erbech, nápisech a na stěnách jsme provedli 272 měření.



- Stejná metoda rentgenfluorescenční analýzy byla použita k průzkumu erbů v zemských deskách. Zde je daleko širší paleta pigmentů, než na hradě Lauf. Například modrý pigment je ve středověku běžný azurit, žlutá vrstva je práškové zlato (Foto Tomáš Trojek)

Příklady výsledků analýzy

Nejčastěji je na erbech zastoupená červená barva a to v 54 případech. Často byl použit ve středověku běžný červený pigment suřík (minium), Pb_3O_4 (oxid olovnato-olovičitý). V řadě případů ale malíř přimíchal do suříku rumělku (cinobr), HgS (sulfid rtuťnatý). Ve spektru jsou potom mimo výrazných linek Pb i méně výrazné linky Hg . Na obrázku je příklad spektra mísení suříku s rumělkou. Modrá barva je zastoupena celkem na třiceti dvou znacích. Ve velkém množství byl použit azurit $Cu(OH)_2 \cdot 2CuCO_3$ (přírodní minerál, zásaditý uhličitan měďnatý), ve starověku a středověku nejběžnější modř. Čáry Co a Zn v řadě spekter modrých pigmentů ukazují na pozdější zásah kobaltovou modří, $CoO \cdot Al_2O_3$ (tuhý roztok oxidu kobaltnatého v oxidu hlinitém, smíchaný

se substrátem zinkovou bělobou. Kobaltová modř byla jako pigment poprvé připravena v roce 1775 a jako umělecký pigment byla používána až od roku 1803. Její přítomnost ukazuje na pozdní retuše.

Byly rozpoznány nejen středověké pigmenty, nýbrž i mladší až téměř moderní. Znamená to, že erby se s největší pravděpodobností v průběhu staletí barevně opravovaly, doplňovaly, a to až téměř do doby před polovinou 19. století. Barevnost erbů nebyla měněna od původního viditelného stavu, pouze barvicí prostředky byly dobově aktuální. Též bylo zjištěno, že vytesané znaky nebyly opatřeny základovou vrstvou a teprve poté vymalovány. Vybarvení probíhalo přímo na kámen, což svědčí o tom, že se při výzdobě sálu postupovalo účelně rychle. ■



↳ Lučavka královská
(Zdroj: Pixabay)

↳ Nobelovská medaile (Zdroj: autor)



Jak schovat zlaté nobelovské medaile

Bohumil Tesařík

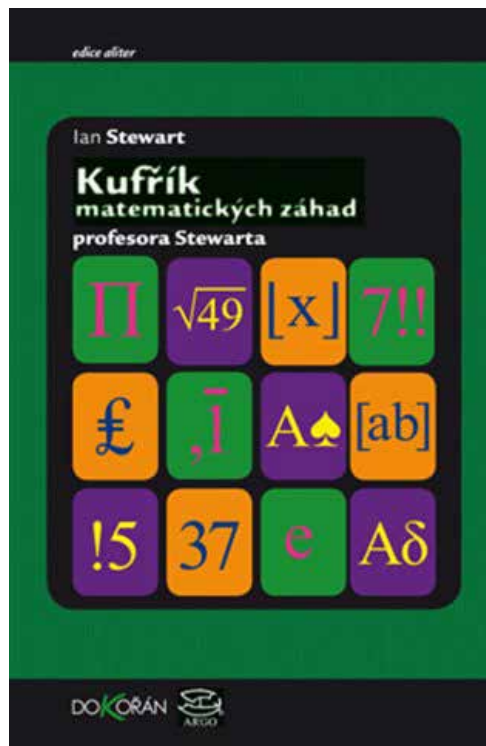
Udělování Nobelových cen bylo v průběhu jejich téměř stovacetileté historie doprovázeno řadou až bizarních událostí. Dvě zlaté medaile byly dokonce rozpuštěny v kyselinách. Tato zajímavá příhoda se váže k maďarskému chemikovi šlechtického původu Györgye de Hevesymu a dánskému teoretickému fyzikovi Nielsu Bohrovi (1885–1962). Stala se v srpnu roku 1940 v Dánsku, které bylo již několik měsíců obsazeno nacistickým Německem.

Niels Bohr byl neobyčejně přátelský a důvěřivý člověk. Dlouho lehkomyšlně podceňoval nebezpečí nacistického Německa a zůstal v Kodani i po obsazení Dánska. Hitler ještě před počátkem války prohlásil vývoz zlata z Německa za státní zločin. Navíc nacisté vyhlásili ve prospěch vítězství Třetí říše sbírku drahých kovů; musely být odevzdány nejen rodinné šperky, ale i další zlaté, stříbrné a platinové předměty, jako jsou mince, řády, medaile a vyznamenání. Dva významní vědci, nositelé Nobelovy ceny za fyziku, se právem obávali, že také přijdou o svoje zlaté medaile. Požádali proto svého přítele Nielse Bohra, aby medaile uschoval.

Byl to fyzik Max von Laue (Nobelova cena z roku 1914), a maďarský radiochemik Györgye Hevesy (1885–1966), který také musel kvůli židovským předkům odejít z Německa – a kam jinam, než k Bohrovi. Když společně zavrhlí nápad medaile zakopat, protože na nich byla vyražena jména jejich majitelů, rozpustil je Hevesy v lučavce královské. Je to dýmavá červená až žlutohnědá kapalina obsahující kyselinu dusičnou a chlorovodíkovou v objemovém poměru 1 : 3, která svými silnými oxidačními účinky fascinovala již alchymisty (nazvali ji aqua regia, královská voda), protože rozpouštěla vzácné „královské kovy“ jako zlato, stříbro či

platinu. Když nacisté prohledávali budovu Bohrova institutu, aby našli nějaké důkazy o protizákonné činnosti, zlatavě zbarveného roztoku, uloženého mezi ostatními chemikáliemi, si vůbec nepovšimli.

Když se Hevesy po skončení války vrátil do své zpusťované laboratoře, našel nevinně vyhlížející roztok s obsahem zlata na polici nedotčený. Vysrážel z něho zlato a Švédská akademie věd později Laueho a Franckovu medaili znovu odlila. Jediné, na co si v souvislosti s celým martýriem Hevesy postěžoval, bylo, že kvůli tomu přišel o jeden den experimentální práce v laboratoři, protože se zlato „dlouho rozpouštělo“. ■



◀ Obálka knihy

Kufřík matematických záhad

Bohumil Tesařík

Historie matematiky se klene přes celá tisíciletí. Matematiku se učí a používají lidé na celé planetě. Je skutečně základem všeho, co nás provází v každodenním životě – mobilní telefony, zdravotnictví, změny klimatu – a tento vliv narůstá stále rychleji. Většina jejího působení se však odehrává jaksi skrytě či v „zákulisí“ a je tak velmi snadné propadnout pocitu, že vlastně žádné působení nemá. Navzdory tomu se od druhé poloviny předminulého století počet matematiků a ostatních vědců, kteří používají tuto vědu, celosvětově zdvojnásobil každých 10–15 let. Za tuto dobu se spolu s počtem matematiků také zdvojnásobil počet matematických publikací.

Asi neznámějším a nejpłodnějším popularizátorem matematiky je britský matematik, profesor na universitě ve Warwicku, člen Královské vědecké společnosti a autor několika desítek knih, Ian Stewart (1945). Jako autor několika desítek populárně naučných děl je zásluhou pražských nakladatelství Dokořán a Argo znám také našim čtenářům; český dosud vyšly knihy Číslo přírody, Odsud až do nekonečna, Jak rozkrájet dort, Hraje Bůh kostky?, Kabinet matematických kuriozit profesora Stewarta, Matematika života, Truhla matematických pokladů profesora Stewarta, Krocení nekonečna a Neuvěřitelná čísla. Mimo to vydal řadu publikací ze žánru sci-fi a fantasy (česky vyšly čtyři díly Vědy na zeměploše, které napsal společně s Terryem Pratchetem).

Co je v nové knize

V prvním českém vydání nám nechá autor nahlédnout do svého „kufříku“ v knize Kufřík matematických záhad profesora Stewarta (Nakladatelství Dokořán a Argo, Praha 2019, edice Aliter – svazek 70, 327 str. textu a vyobrazení úloh). Završuje jí trilogii věnovanou nahodilým kombinacím leckdy bizarních matematických triků, hříčkám, útržkům překvapujících informací, vyřešeným i nevyřešeným problémům či prapodivným polofaktům, ale také delším a serióznějším matematickým tématům. Tentokrát je tu však nový moment. Stejně jako v předchozích knihách tu najdeme krátké kapitoly o bizarních margináliích, jako je například Hexakosioihexekontahexafobie (chrobný strach z čísla 666), Zašmodrchaná

hypotéza o treklu, Jaký tvar má pomerančová slupka, Eukleidovské bezděčné čmárání, Mnemotechnické pomůcky pro číslo e nebo Narcistická čísla. Stejně tak nechybí ani kapitoly o důležitějších problémech a jejich řešení: Goldbachova hypotéza pro lichá čísla, Erdősova diskrepance, problém vepsaného čtverce, palačinková čísla nebo domněnka abc. Zmíněné jsou také nečekané možnosti uplatnění matematických metod na různé přírodní úkazy: příčiny vzniku letových formací divokých hus ve tvaru V, strategie tvorby shluků slávek jedlých, jak levhart přišel ke svým skvrnám nebo proč bublinky v pivu klesají dolů. Nechybí ani vtipy, poezie či krátké anekdoty o slavných matematicích, které nám umožňují pousmát se nad jejich výstředními zvyky a slabůstkami. Tento velmi různorodý materiál je však tentokrát proložen sérií epizod z časů viktoriánské Anglie, jejichž hlavním hrdinou je soukromý detektiv Soames, svými schopnostmi zcela rovnocenný proslulejšímu konkurentu Sherlocku Holmesovi. Stejně jako měl Holmes svého dr. Watsona, i Soumes má k ruce vysloužilého vojenského lékaře dr. Johna Watsupa, který mu svojí naivitou nahrává na brilantní slovní smeče a zároveň pečlivě zaznamenává mnohá z jejich společných pátrání ve svých pamětech a nepublikovaných poznámkách. Díky matematickému zápalu a schopnosti jasného úsudku se jim podařilo vyřešit některé zajímavé matematické záhady, u nichž neuspěla ani proslulejší dvojice. Nalézt pachatele není často možné bez vyřešení zapeklité matematické úlohy, což autor nechává na čtenářích. Ti, kteří již dlouho marně trápili své mozkové závity, a jak se říká, chtějí se poddat, mohou nahlédnout do řešení na konci knihy, kde často najdou ještě další informace, obecnější souvislosti a odkazy na literaturu.

Skončíme citátem – slovy skvělého, byť poněkud výstředního maďarského matematika Paula Erdöse (nikdy neměl vlastní byt ani stálé akademické zaměstnání a místo toho raději cestoval po světě s kufříkem a využíval pohostinství svých kolegů, kteří ho nechávali bydlet a přespávat): „Matematik je zařízení na přeměnu kávy v matematické věty.“ ■



Proč komáři koušou zrovna vás

-red-

Někteří lidé mohou sedět venku celé léto a komáři na ně takzvaně „nejdou“. Jiní se objeví za letního večera venku a okamžitě si musejí škrábat komáří kousance, přestože se koupali v repelentu. Co s tím? Důvodem je většinou neviditelná chemická clona ve vzduchu kolem nás. Komáři detekují pach, který vydáváme pomocí specializovaných smyslových orgánů. Pomocí jemných chemických stop, které naše těla zanechávají, neomylně najdou svou oběť.

Komáři se při hledání hostitelů spoléhají zejména na oxid uhličitý. Když vydechneme, oxid uhličitý z našich plic se nemísí okamžitě se vzduchem. Dočasně zůstává v oblacích výdechů a komáři se vydávají směrem, kde je jeho koncentrace vyšší než v normálním okolním vzduchu. Pomocí CO₂ mohou komáři rozpoznat cíle až do vzdálenosti 50 metrů.

Komár si vás analyzuje

Když se komáři přiblíží na vzdálenost asi 3 metry od skupiny potenciálních cílů, začne to být velmi „osobní“. V blízkém okolí komáři zkoumají a zohledňují mnoho faktorů, které se liší od člověka k člověku – např. teplotu kůže, přítomnost vodní páry, barvy. Nejdůležitějším faktorem, podle kterého komáři vybírají a preferují některé lidi před jinými, jsou chemické sloučeniny produkované koloniemi mikrobů, kteří žijí na naší kůži. Bakterie přeměňují sekrece našich potních žláz na těkavé sloučeniny, které se odvádějí vzduchem. Komáři mají na hlavě čichový orgán, kterým je detekují. Tyto chemické kolekce vůní („osobní pach“) jsou velmi komplexní, je to více než 300 různých sloučenin, a liší se od člověka k člověku na základě genetické variability a prostředí.

Vaši osobní mikrobi za to můžou

Jemné rozdíly ve složení chemických koktejlů produkovaných kožními bakteriemi mohou být příčinou velkých rozdílů v tom, kolik kousnutí člověk utrpí. Složení mikrobiálních kolonií na kůži se může u stejného jednotlivce měnit v čase, nebo ve spojitosti s nějakým onemocněním. Nad mikrobiomy na naší kůži nemáme příliš kontrolu, ať se koupeme sebevíc, ale můžeme využít jednu praktickou radu:

„Komáři milují černou barvu, zkuste v létě nosit něco světlejšího!“