

Energy Outlook 2050



Obsah

Energie zdravého rozumu
Energetická bezpečnost je v ohrožení
Jazz nebo Symfonie – energetika v roce 2050

Zdroje a výroba 6

Čisté Česko
Pokrok přichází z Asie
Reaktor smrsknutý do vagonu
Velká energetika v šoku
Elektřina i teplo z plynu
Hlad po energii poroste
Uhelná evoluce

Úspory a spotřeba 16

Energetická revoluce
Spotřebitelé jako výrobci
Energie z vlastních zdrojů
Elektřina poráží uhlí i ropu
Moderní energetika je o úsporách
Úsporná domácnost v roce 2050

Přenos a skladování 26

Chytré sítě spoří
Energie řízené přes mobil
Virtuální elektrárna propojí všechny malé zdroje
Hledání skladu pro elektřinu
Proč uchovávat energii?
Přeměna energie – cesta ke skladování elektřiny

Technologie a pokrok 36

Elektromobilní století
Vstup do vodíkového věku
Technologie, které mohou změnit svět
Doba uhelná, doba přechodná a doba nízkoemisní
To je holt úděl

Ředitel speciálních projektů
Economia: Petr Orálek
Vedoucí magazínu: Nikita Poljakov
Redaktor: Robert Zelenka

Komentátoři: Jiří Beranovský, Martin Cmíral, Pavel Cyrani,
Dana Drábová, Martin Libra, František Maršík, Jan Mlynář, Ondřej Neff, Pavel Noskievič, Petr Robejšek, Michal Šnobl

Konzultant: Barbora Půlpánová

Grafické zpracování: Ondřej Brom, Nicole Pálenská
(www.dipozitiv.cz)
Fotografie: Lukáš Bíba

Vydala společnost Economia, a.s.,
Pernerova 47, 180 07 Praha 8
www.economia.cz



Energie zdravého rozumu



Dana Drábová

Jaderná fyzika a předsedkyně Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Přednáší na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT.

⚡ Stále více lidí si uvědomuje, že lidstvo musí a bude muset čelit rostoucímu počtu rizik, nebo chcete-li výzev, to možná zní optimističtěji. Pokud se něco nezmění, pak rozvoj civilizace lze jen stěží nadále označovat za udržitelný. Jaké změny by to však měly být? Chceme více, nebo méně mezinárodního obchodu? Více, nebo méně regulace? Jak budeme uspokojovat své energetické potřeby? Které technologie máme podporovat, které naopak omezovat či se jim úplně vyhnout? Odpovědi na tyto otázky lze hledat krok po kroku pouze v otevřené diskusi oproštěné od ideologie a nejrůznějších tabu.

V průběhu 21. století nevyhnutelně dojde k zásadním proměnám struktury energetiky. Je nutno omezit spotřebu fosilních paliv kvůli riziku globálních změn podnebí a vyčerpávání geologických zásob. Všechny dostupné studie a prognózy však očekávají během tohoto století výrazný nárůst energetických potřeb lidstva, zejména v doposud méně rozvinutých zemích.

Na kterou ze známých forem energie se v několika příštích desetiletích budeme soustřeďovat při uspokojování svých potřeb? Jednoduchá odpověď. Na všechny. Jinak to nepůjde. Energie totiž hraje v našem životě stále důležitější roli. I když to už skoro nevnímáme, bez ní by nebylo dostupné prakticky nic, co dnes považujeme za běžnou součást každodenního života, například pitná voda, potraviny, teplo pro naše obydlí, doprava, zdravotnictví. Energii však neumíme získat lacino a snadno. Každý z dnes dostupných zdrojů má své přednosti i nevýhody, zvláště pokud jde o oblast ochrany životního prostředí.



Každý nový zdroj je drahý, vysoké náklady jsou třeba i pro udržování a modernizaci přenosových a distribučních soustav. Není tu místo pro předsudky, pro zavržení jednoho zdroje či pro glorifikaci jiného. Stále více se sice učíme využívat obnovitelné zdroje energie jako vítr, slunce, biomasu, přesto současná světová energetika stojí především na

spalování fosilních paliv. Ropa, uhlí a zemní plyn pokrývají téměř čtyři pětiny spotřeby primárních energetických zdrojů, výroba elektřiny na nich závisí ze dvou třetin. Rozumné využívání obnovitelných zdrojů a výzkum a vývoj v této oblasti je bezesporu třeba podporovat promyšlenými zásahy státu. I kdybychom však využili všechny možnosti, které v současné době máme a které přicházejí v úvahu, nedokážeme zřejmě z obnovitelných zdrojů v příštích 50 letech pokrýt více než čtvrtinu našich současných energetických potřeb.

Naučme se tedy používat zdravý rozum, kriticky myslet, nebojme se pojmenovat věci pravými jmény. Dříve nebo později si budeme muset přiznat, že naše generace má před sebou velmi těžká a nepopulární rozhodnutí, bez kterých sotva odkážeme těm, kdo přijdou po nás, Zemi, která bude aspoň trochu k životu. Mějme úctu k energii vesmíru, pokladům planety a síle přírody. Naše dnešní kvalita života, kterou považujeme za samozřejmost, je dar, nikoli „zboží“ určené k plýtvání a rozkrádání. O energii to platí obzvláště. Zkusme si co nejrychleji připustit, že doba levné energie je definitivně za námi. Uhlíkatá paliva jsme skoro spotřebovali a stále nevíme, čím je nahradit. Ať to bude cokoli, co si dnes dovedeme představit, nebude to ani levné, ani úplně čisté a hlavně toho nebude pro naše rostoucí potřeby dost. To bychom měli mít na paměti, než propadneme nadšení z jakéhokoli energetického zdroje. Snadná řešení neexistují. Proto nelitujme investic do vzdělání a výzkumu, ty jsou naší nadějí do budoucna.

Energetická bezpečnost je v ohrožení



Petr Robejšek

Politolog, ekonom a publicista žijící v Německu. Bývalý ředitel hamburského Mezinárodního institutu Haus Rissen pro politiku a hospodářství.

⚡ V poslední dekádě zkolabovaly oba velké mýty postkomunistické éry. Nejprve iluze o samospasitelnosti trhu a nyní i chiméra o globalizaci a míru. Před několika lety jsme bolestně zjistili, že nežijeme v matematickém modelu dokonalého trhu, nýbrž v rozhárané realitě, k níž patří manipulace a zneužívání tržní moci, stejně jako ekonomicky nelogické jednání.

Většině analytiků to sice chvilu trvalo, ale dnes snad již pochopili, že se svět nevyvíjí k míru a k hospodářské spolupráci, nýbrž že k němu dnes jako včera patří násilí a fanatismus. Pro energetický sektor to znamená, že byl a bude vděčným cílem pro ekonomickou válku, cyberwar, ale i pro klasické vojenské operace.

Před evropskými společnostmi navíc stojí otázka, zdali je pro ně udržitelný model konzumní společnosti. Ať již bude odpověď jakákoliv, zůstane hlavní výzva pro elektroenergetický průmysl stejná. Energetické dilema současnosti totiž spočívá nejenom v nutnosti zajistit provoz energeticky nákladné infrastruktury moderní společnosti, ale nabízet i ve fázi dlouhodobé stagnace dostatečnou rezervu pro případný ekonomický růst.

Konzumní společnosti reagují averzivně i na sebemenší ztrátu civilizačního komfortu. Již při „pouhém“ blackoutu, natož ve vleklé hospodářské krizi, se rychle ukáže, jak málo se „internet natives“ liší od primitivního kmenu. Rychlý rozpad společenského pořádku při nedostatku energie je tím pravděpodobnější, čím dokonalejší je infrastruktura společnosti.

A proto strategická odvětví, jako je právě energetika, nemohou být v první řadě byznys, nýbrž patří ze své podstaty k bezpečnostní politice. To, co se v energetice vyplatí, nelze kalkulovat pouze na burze, ale především v Bezpečnostní radě státu.

Někdy se energie koupit nedá, i když je jí na světovém trhu dostatek. A právě na těchto „někdy“ záleží vždycky. Proto bude dnes a zítra energetická bezpečnost totožná

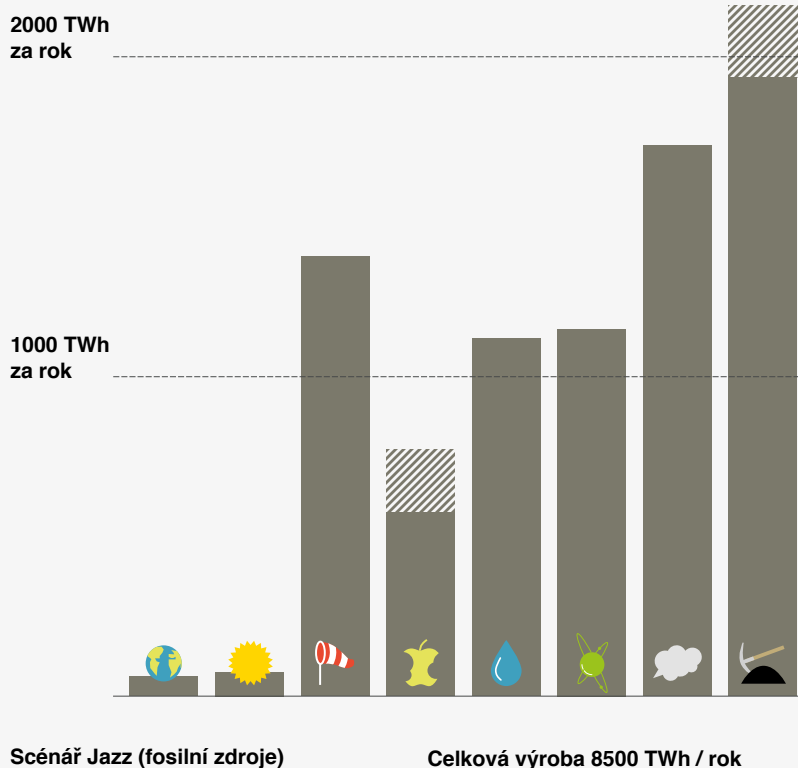
s maximálně možnou energetickou soběstačností. Co z toho plyne? Výstavba Temelína je potřebná, ale předpokládá pečlivý výběr partnera.

Není potřeba moc fantazie k tomu, abychom si uvědomili, že v dané situaci budou muset vlády unést vyšší subvence a energetické firmy akceptovat nižší výnosy. To proto, že zlaté pravidlo budoucnosti – nejenom pro energetiku – zní takto: efektivitu již nelze měřit především výnosem, nýbrž zejména přínosem ke stabilitě a rovnovážnému vývoji společnosti.

Projekt maximální možné energetické bezpečnosti je tak důležitý, že bychom neměli váhat se pro něj i zadlužit. Tím spíše, že v Evropě zadlužené na generaci dopředu na tom bude malý, exportně orientovaný národ – i přes nízký dluh – velmi podobně jako státy, které po léta žily nad poměry. Ta či ona forma smazání dluhu ve velké části zemí Evropské unie se nás bude, přímo nebo nepřímo, negativně dotýkat.

Za těchto okolností dává větší smysl zadlužit se ve jménu energetické bezpečnosti než škrtnit vlastní ekonomiku ve jménu teoretických dogmat. Úlohou manažerů a politiků je tuto závislost pochopit a s tím spojené oběti národu vysvětlit.

Jazz nebo Symfonie – energetika v roce 2050



⚡ Rok 2050 není tak daleko, jak se optikou dneška zdá. Alespoň z hlediska technologického pokroku. A energetika je podnikáním na dlouhou trať. Elektrárny mají poměrně dlouhou životnost a jejich výstavbu je třeba plánovat dopředu a s rozvahou. Posuzovat je pak nutné nejen ekonomické parametry. Poslední dobou totiž vstupují významněji do hry také politické představy o nízkoemisní energetice budoucnosti.

Existuje celá řada přesvědčivých studií, které dokazují, že by země jako Spojené státy, Maroko nebo Turecko mohly do roku 2050 přejít na nízkoemisní energetiku bez využití fosilních paliv jen za přispění solární energie a bioplynu.

Podobnou vizi má i Dánsko, které se do poloviny tohoto století chce

zbavit fosilních paliv, a to především za pomoci energie z větru, moře a masivních úspor.

Na stole je celá řada scénářů. Pro země Evropské unie, která klade velký důraz na ochranu klimatu, je klíčovým dokumentem Roadmap 2050, tedy jakýsi cestovní plán evropské energetiky. Jeho cílem je do roku 2050 snížit emise skleníkových plynů o 85 až 90 procent oproti roku 1990.

Na jeho základech se evropské země zavázaly plynule zvyšovat podíl obnovitelných zdrojů, účinnost procesů využití energií a snižovat emise skleníkových plynů. Ty by měly do roku 2030 poklesnout o 40 procent oproti roku 1990. Podíl obnovitelných zdrojů na výrobě energií by měl dosáhnout nejméně 27 procent, což v případě elektřiny

představuje 47 procent. A energetická efektivita by se měla zvýšit o 27 procent.

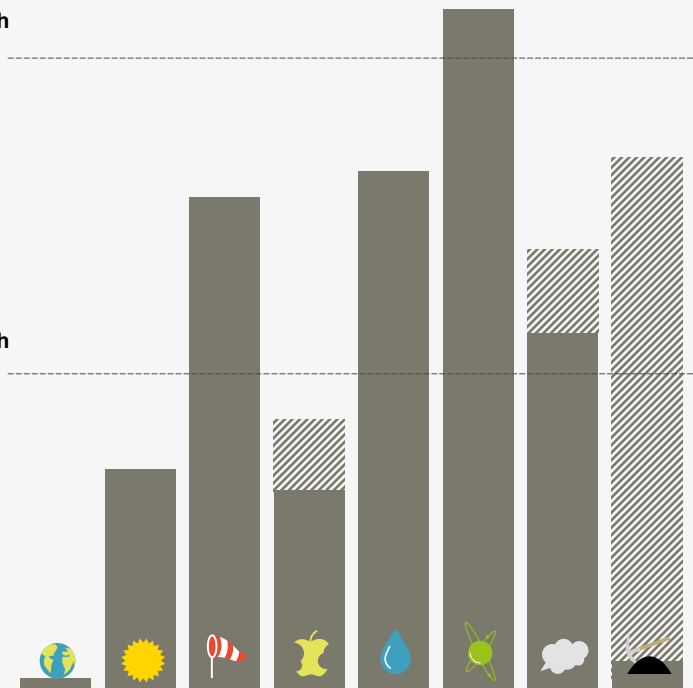
Někteří však optimismus příznivců obnovitelných zdrojů a bezemisní energetiky mírní a nabádají k opatrnosti.

Energetičtí experti World Energy Council sestavili dva možné scénáře dalšího rozvoje energetiky, které nazývají hudební terminologií Jazz a Symfonie. Jedná se o světový pohled, takže evropské zelené ambice brzdi asijská emisně náročná energetika.

V obou scénářích mají stále nezapomenutelnou roli fosilní zdroje včetně uhlí. V roce 2050 by měl jejich podíl v globálním energetickém mixu dosahovat hodnoty 77 (Jazz), respektive 59 procent (Symfonie).

2000 TWh
za rok

1000 TWh
za rok



Scénář Symfonie (obnovitelné zdroje)

Celková výroba 8500 TWh / rok

Zdroje:



Geotermální energie



Solární energie



Větrná energie



Biomasa



Voda



Jaderná energie



Plyn



Uhlí



Zdroje s technologií ukládání oxidu uhličitého

Zdroj

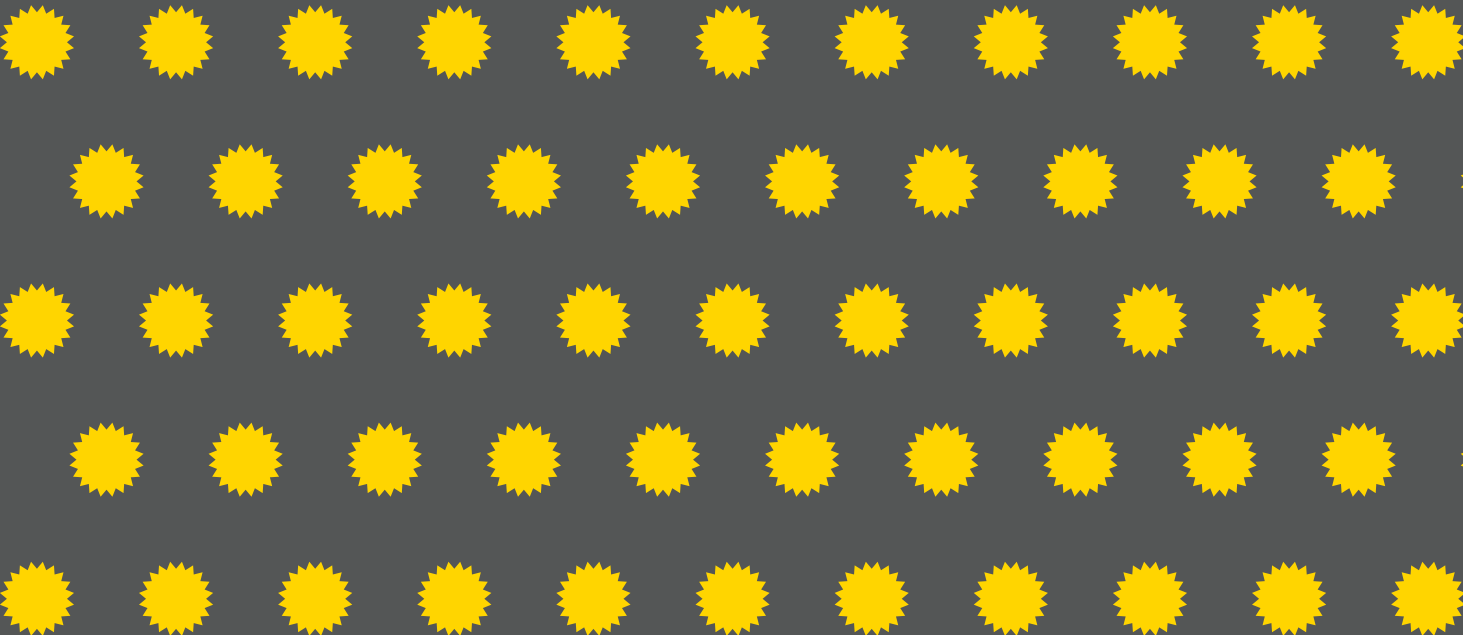
World Energy Council

Jazz je scénář postavený na přirozeném rozvoji energetiky s minimálními zásahy jednotlivých zemí. Počítá s prudkým nárůstem spotřeby energií, v nichž budou s drtivou převahou dominovat fosilní paliva, tedy uhlí spolu se zemním plynem.

Symfonie, označovaná také za zelený scénář, sází na regulaci a podporu bezemisní energetiky formou dotací. Předpokládá mírnější nárůst spotřeby energií, protože řada subvencí se zaměří na snižování energetické náročnosti. Fosilní paliva budou mít i v tomto scénáři v roce 2050 nadpoloviční podíl (59 procent). Dominantními palivy pro výrobu elektřiny však má být voda, slunce, uhlí a zemní plyn. V Evropě to bude stále jaderná energie, uhlí s technologií ukládání skleníkových plynů, voda a vítr.

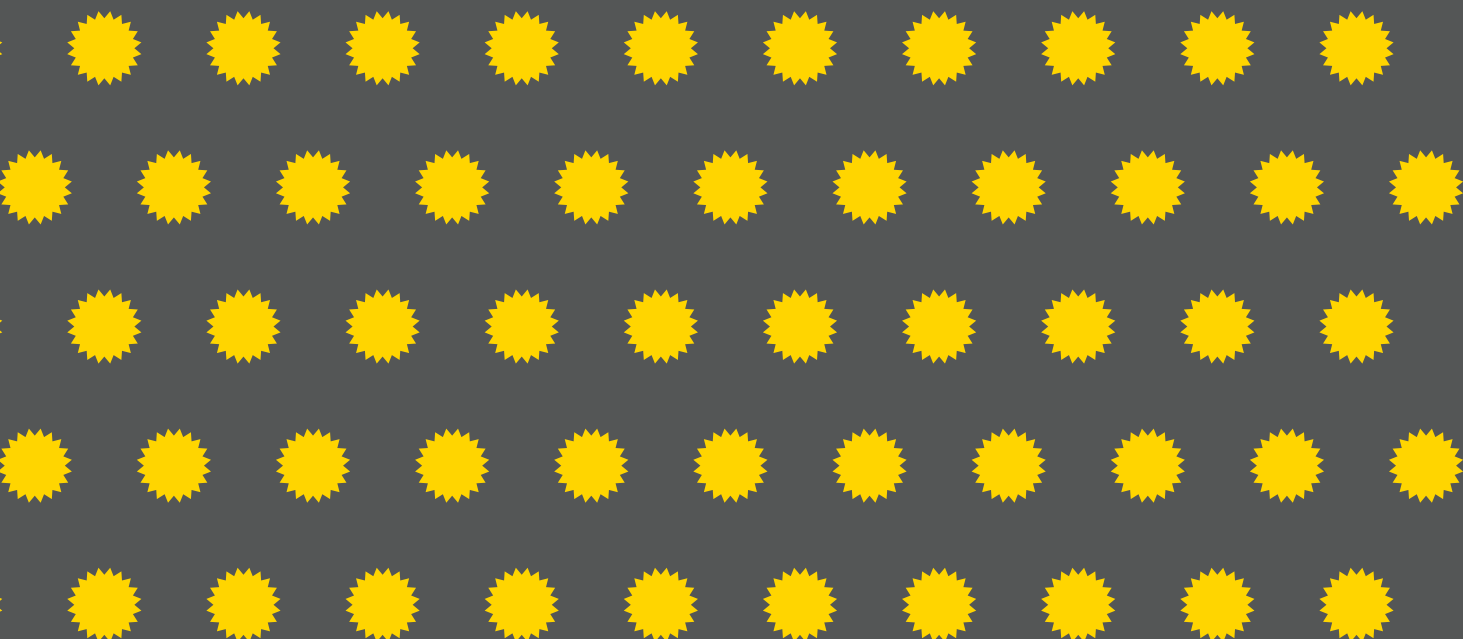
Oba scénáře mají společný jeden ze základních bodů – spotřeba elektřiny navzdory snahám řady zemí o značné úspory stále poroste, v celosvětovém měřítku nejméně na dvojnásobek oproti roku 2010. V Evropské unii se spotřeba elektřiny zvýší zhruba o polovinu.

Zdroje a výroba



Evropu ovládnou obnovitelné zdroje

⚡ Obnovitelné zdroje jsou
budoucností energetiky.
V roce 2050 se v Evropské unii
budou podílet na energetickém
mixu z více než 50 procent.



Čisté Česko



Martin Libra

Přednáší na Technické fakultě České zemědělské univerzity. Zaměřuje se na solární energii, fyziku plazmatu a vakuové čerpací systémy.

⚡ K zajištění trvale udržitelného rozvoje je nezbytná hospodárnost ve spotřebě energie, například zaváděním úsporných technologií a rovněž co možná nejefektivnějším využíváním stávajících energetických zdrojů. Obnovitelné zdroje energie zaujaly významné místo v energetickém mixu všech států. V Evropské unii největší podíl jejich využití (nad 50 procent) mají Rakousko a Švédsko, naopak nejmenší (pod 10 procent) Belgie a Velká Británie. Česko se s 11 procenty pohybuje pod unijním průměrem. Dá se předpokládat, že do roku 2050 výrazně klesne podíl fosilních paliv a stoupne podíl zelených a jaderných zdrojů.

Obnovitelné zdroje jsou dlouhodobě nevyčerpatelné a bezemisní, na druhé straně jsou neregulovatelné v případě fotovoltaických a větrných elektráren a mají méně příznivý faktor využití, tedy poměr mezi energií získanou a vloženou. Zabírají mnohem větší plochu než fosilní zdroje a rovněž mají nižší účinnost přeměny energie i nižší využití instalovaného výkonu. Například blok jaderné elektrárny s výkonem 1000 MW zabere plochu půl kilometru čtverečního. Sluneční elektrárna o stejném výkonu by zabírala plochu 20 kilometrů čtverečních, pořizovací ceny se přitom příliš neliší. Celoroční využití jaderné elektrárny se však pohybuje kolem 90 procent, využití fotovoltaické

elektrárny ve střední Evropě se pohybuje maximálně do 15 procent. Množství vyrobené elektřiny je tedy ve sluneční elektrárně mnohem menší než v jaderné či uhelné elektrárně se stejným výkonem.

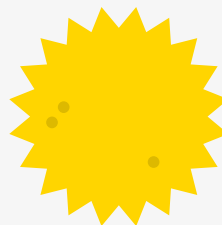
Dá se tedy předpokládat, že do roku 2050 se budou postupně omezovat velké fotovoltaické elektrárny a plocha bude navracena k zemědělskému využití. Fotovoltaika bude spíše montována na střechy v podobě menších systémů a tato plocha bude tak účelně využita. Už dnes se tak děje v sousedním Německu, kde je poměr instalací na polích a na střechách jedna ku devíti, tedy opačný než u nás.

Větrné elektrárny budou konstruovány na vyšších věžích než dnes, s výškou kolem 200 metrů. Ve větších výškách jsou lepší větrné podmínky, navíc méně ovlivněné přízemními vrstvami a terénními překážkami.

Co se týče vodní energie, potenciál velkých přehrad je v Česku téměř vyčerpan. Nové malé vodní elektrárny ještě vznikají, ale energie v nich vyrobená se v celostátním měřítku projevuje minimálně. Problém akumulace energie v souvislosti s uvedenou instalací neregulovatelných obnovitelných zdrojů si vyžádá výstavbu nových přečerpávacích elektráren. Existuje projekt přečerpávání přes přehradní hráz Orlík a dá se očekávat i realizace nových projektů.

Není vyloučeno, že i rychlé jaderné reaktory čtvrté generace a možná i fúzní reaktory konstruované po polovině 21. století budou nazývány obnovitelnými. Nebude to sice obnovitelnost v pravém slova smyslu, ale přeměna neštěpitelných izotopů na štěpitelné může být chápána jako určitá forma obnovitelnosti, protože zaručí dostatek energie v dlouhodobém časovém horizontu tisíců let, stejně tak to zaručí i fúzní reakce.

Obnovitelné zdroje budoucnosti

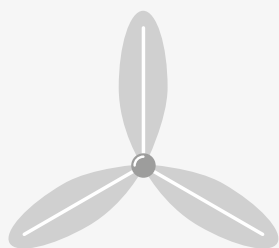


Slunce

⚡ Slunce zalévá zemi každou hodinu větším množstvím energie, než kolik jí lidstvo dokáže vyrobit za celý rok. Proto řada vědců sází právě na tento nevyčerpatelný zdroj. Současné komerční solární články převádějí na elektřinu jen 10 až 15 procent světla, které na ně dopadá. Vesmírné a vojenské technologie pracují s mnohem vyšší účinností křemíkové vrstvy, ze které se solární panel skládá. Hlavní překážkou komerčního využití je tedy zatím jeho cena. Náklady na fotovoltaické panely se snižují v průměru o čtyři procenta ročně, za poslední tři roky to ale bylo dokonce o 14 procent. V budoucnu tak bude možné stavět i celé silnice, které by mohly elektřinu nejen vyrábět, ale i akumulovat, případně napájet elektromobily. V laboratořích se testují také nátěrové hmoty, které jsou schopné po dopadu slunečního záření vyrábět elektrický proud a bude je možné použít třeba i na okenní sklo.

⚡ Dosud byl evropský rozvoj obnovitelných zdrojů dán zejména jejich masivní podporou. V budoucnu by ale měly být vlivem technologického pokroku plně konkurenceschopné a tvořit základ moderní evropské energetiky. Třeba Německo si dalo za cíl využívat v roce 2050

z obnovitelných zdrojů až 80 procent spotřebovávané elektrické energie. Největší podíl chce přitom získávat z přímořských větrných parků. V Česku, které má oproti Německu odlišné přírodní podmínky, je největší potenciál rozvoje v malých fotovoltaikách.



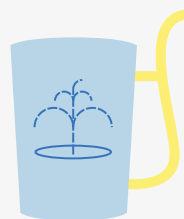
Vítr

⚡ Nejenže počet větrných elektráren, ať už na pevnině, nebo na moři, neustále roste, získávají také stále nový tvar. V nabídce jsou jak klasické vrtule, různé spirály, tak i jednoduché tyče, které se ve větru vlní jako rákosí a svým pohybem ve svých základech vyrábějí elektřinu. Japonští vědci dokonce nedávno uložili turbosoustrojí klasické větrné elektrárny do konstrukce v podobě čočky. Výsledkem má být až čtyřnásobný výkon. Nový směr vývoje se zaměřuje i na využití energie stálého proudění ve velkých výškách. Tento typ elektrárny umístěná do balonu naplněného heliem.



Biomasa

⚡ Biomasa má vyšší ambice než se stát pouhou náplní bioplynových stanic. V budoucnosti může ve formě bakterií zajišťovat i levnou produkci vodíku. Pokud se tento proces podaří dostat do větších měřítek, získáme levný zdroj paliva pro vodíkové články. Testují se i mikrobiální palivové články, které za pomoci rostlin produkují elektřinu přímo. Ty dokážou vygenerovat 0,4 wattu na čtvereční metr, což je více, než se získá kvašením biomasy. Do budoucna se má účinnost procesu vyšplhat až na šestnásobek. Střecha o ploše 100 metrů čtverečních by tak mohla zásobovat elektřinou rodinný dům se spotřebou 2800 kWh za rok.



Vřídlo

⚡ Podobně jako energie slunce je geotermální potenciál nevyčerpatelný. Geotermální elektrárny jsou velmi stabilní a ekologické, produkují současně elektřinu i teplo a výborně zapadají do konceptu decentralizované energetiky. Geotermální energii lze z malé hloubky využít běžnými tepelnými čerpadly, hloubková tepelná čerpadla pak umožní vytápět celá sídliště. Nejlepším příkladem využití této energie je Island, který jí vyhřívá i chodníky a silnice. V Česku je na této energii založeno hlavně lázeňství. Pro další využití je vytipováno na 60 lokalit s odhadovaným výkonem pro výrobu elektřiny zhruba 250 MW a na vytápění přibližně 3500 MW.

Pokrok přichází z Asie



Jan Mlynář

Pracuje v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Působí na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT. Je expert na techniku termojaderné fúze.

⚡ V případě jaderné energetiky není rok 2050 až tak vzdálený, jak bychom si možná přáli. Do té doby se u nás jaderné elektrárny principiálně nezmění, půjde nejspíš stále o tlakovodní reaktory generace 3+. Proces schvalování a výstavby jaderné elektrárny je totiž časově nesmírně náročný a jen těžko lze od malé středoevropské země očekávat, že bychom v tomto oboru vsadili na inovativní projekty, které zatím nebyly v praxi ozkoušeny.

Tím narážím zejména na možnost vybudování jaderné elektrárny 4. generace, která by spolu s posílením bezpečnosti měla přinést buď dlouhodobou udržitelnost jaderné energetiky, nebo výrazně vyšší účinnost díky vysokoteplotním reaktorům. Snad alespoň část elektřiny v evropské síti bude v roce 2050 pocházet z tohoto zdroje, byť v tuto chvíli bohužel vyspělé země do vývoje nových štěpných reaktorů prakticky neinvestují.

Asi jedinou divokou kartou v časovém horizontu 35 let tak zůstává myšlenka instalaci malých „bezúdržbových“ jaderných reaktorů s výkonem do 300 megawattů. Ty by se stávaly rovnou u výrobce, jemuž by se po spotřebování paliva vracely. Takový

způsob výroby by mohl znamenat výraznou úsporu nákladů i snazší kontrolu.

Chci se také zmínit o svém oboru, jaderné fúzi. Jde o velmi slibný, v určitém smyslu převratný princip uvolňování energie. Už přes 40 let ovšem víme, že technické požadavky na udržení fyzikálního plazmatu při potřebných extrémně vysokých teplotách znamenají, že již zkušební projekt musí být dostatečně velký, a tím pádem i nákladný.

Nedávno se ale podařilo shromáždit potřebné prostředky pro realizaci mezinárodního projektu ITER na výstavbu zkušebního fúzního reaktoru. Ten se nyní buduje v Evropě díky zásadním výsledkům, kterých bylo dosaženo i za přispění českých expertů. Evropa zároveň vydala dokument Fusion Roadmap, který specifikuje nutné podmínky pro spuštění první fúzní elektrárny před rokem 2050. Je tedy šance, že malá část naší elektřiny bude mít v polovině století původ v této technologii.

Na skutečnosti, že za 35 let budeme stále provozovat štěpné reaktory dnešního typu, není nic špatného. Neznamená to ale, že se v samotných elektrárnách nic nezmění. Jejich řídicí, bezpečnostní a komunikační systémy budou stále sledovat poslední vývoj. Zdokonalené technologické procesy přispějí k dalšímu zvýšení jejich bezpečnosti, účinnosti, výkonu a využití. Budoucí jaderné elektrárny budou také nejspíš více investovat do systémů pružné regulace výkonu, protože se to na trhu s podporou obnovitelných zdrojů energií vyplatí.

Nesmíme zapomínat, že Evropa není středem světa. V poslední době to dokonce ani nevypadá, že by se

o budoucnosti energetiky rozhodvalo právě tady. V příštích padesáti letech o ní (včetně jaderné fúze) nejspíš rozhodne Asie. To ovšem nemusí být pro naši vlast nijak špatná zpráva. Máme mimořádně silnou tradici a rozsáhlé zkušenosti v jaderných oborech. Pokud ji bude možné zachovat a prohloubit, pokud se nám a našim potomkům podaří svými nápady a špičkovými výrobky přispět ke zdokonalení jaderných zdrojů v roce 2050 kdekoli na světě, může to být z hlediska globální energetiky významnější než jakékoli regionální úspěchy a prohry.

Palivo v reaktoru s postupnou vlnou vydrží přes dvě lidské generace.

Reaktor smrsknutý do vagonu

⚡ Česko je zemí, která si know-how v oblasti energetiky udržuje na vysoké úrovni. Možnostem současných i nových jaderných reaktorů se věnují v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži nebo na katedře jaderných reaktorů na ČVUT. Jeden z aktuálních projektů se zabývá možností nasazení malých modulárních reaktorů s výkonem do 300 MW.

Jen pro představu: jsou tak malé, že se vejdou na železniční vagon, a mají modulární uspořádání. Samotnou elektrárnu tedy bude možné složit z více reaktorů a energetická společnost si jich koupí přesně tolik, kolik výkonu bude potřebovat. Podle Mezinárodní agentury pro atomovou energii bude do roku 2040 vyrobeno 500 až 1000 těchto reaktorů v různých výkonových variantách.

Zatím nejnadějněji vypadá projekt sodíkového reaktoru s názvem S4. Náplň rychlého a prakticky

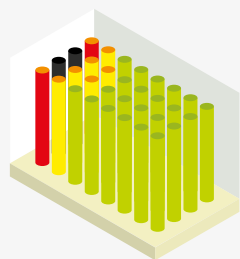
bezúdržbového reaktoru má vydržet 20 až 30 let. Palivové tyče jsou složeny ze směsi uranu, zirkonia a plutonia a chlazení zajišťuje tekutý sodík. Reaktor má dosáhnout až 130 MW tepelného a 50 MW elektrického výkonu, tedy dvacetkrát nižšího výkonu než temelínské reaktory.

Naopak jen pomalu postupuje vývoj reaktoru s postupnou vlnou (Travelling Wave Reactor – TWR), na němž pracují USA, Japonsko, Rusko a Čína. Patří mezi takzvané množivé neboli rychlé reaktory. Ke svému nastartování potřebují jen malé množství obohaceného uranu, který „zažehne“ štěpnou reakci. Zbytek paliva tvoří přírodní nebo očištěný uran. Jaderná reakce neprobíhá v celém reaktoru naráz, ale postupně. Palivo „shoří“ podobně jako silné poleno. Reakce by se měla samovolně udržovat nejméně 40 let. Pak stačí celý reaktor jednoduše vyměnit. Celý proces se ale zatím neobejde bez

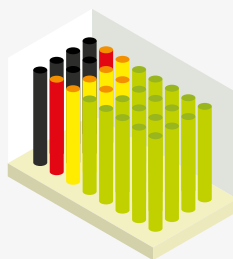
zásahu zvenčí. Aby se zabránilo přehřívání aktivní zóny, musí se v průběhu jaderné reakce prohazovat palivové tyče.

Alternativou je i takzvaný thoriový reaktor, na jehož vývoji pracuje také Česko spolu s Indií, Francií, Čínou a Austrálií. Palivem je thorium roztavené v soli fluoridu lithia. Součástí tohoto reaktoru je i částicový urychlovač. Jeho výhodou je, že se kapalné palivo v reaktoru postupem času zcela spotřebuje nebo rozloží na neradioaktivní odpad. Zásoby levného thoria nám podle současných znalostí vystačí na statisíce let globální spotřeby.

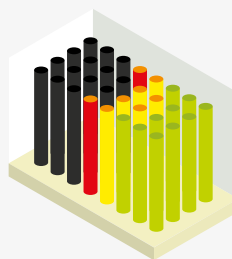
3 roky



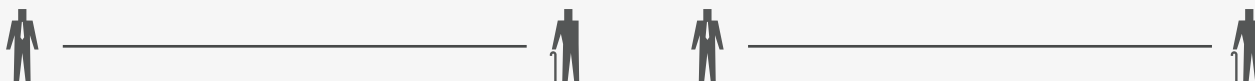
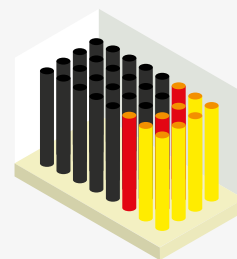
10 let



30 let



60 let



Velká energetika v šoku



Michal Šnobl

Poradce skupiny J&T pro oblast energetiky, komentátor, investor a minoritní akcionář skupiny ČEZ.

⚡ Evropská elektroenergetika se dala do pohybu. Změny nabraly v posledních pěti letech tak rychlé a nezadržitelné tempo, že celý, dlouhá léta stabilní sektor zažívá doslova šok. Velké evropské elektroenergetiky ztratily značnou část své hodnoty, zásadně zchudly a logicky váhají s některými, ať už finančně či časově, náročnými investicemi. Hrají o budoucnost. Jejich nejistotu zvyšuje i fakt, že kormidla změn v tomto sektoru se místo očekávaného „trhu“ dočasně chopili evropští politici. Dříve hýčkaní národní „mazánci“ si nyní jen těžko zvykají na odklon politické „přízně“ z národní úrovně směrem ke klimatickým cílům Evropské unie. Ukazuje se, že prosazování témat EU, jako např. ochrana klimatu či rozvoj obnovitelných zdrojů energie, nejen prodražuje započatý proces přeměny energetiky skrze nejrůznější formy podpory, ale také podněcuje technologický pokrok a urychluje přeměnu evropské energetiky. Časem se tak může ukázat, že počáteční vysoké náklady budou tímto opodstatněny.

Zaklínadlem nových zítřků evropské energetiky se stal pojem „decentralizace“, přiblížení výroby energie a místa její spotřeby formou rozvoje většího množství malých zdrojů. Nejde o novou myšlenku, ale

o trend vyvolaný všeobecným technologickým pokrokem. Víze chytrých sítí, strmě klesající investiční náklady solárních a větrných zdrojů, zlevňující a stále se vylepšující možnosti akumulace elektřiny v bateriích, transport a skladování elektřiny vyrobené v solárních či větrných elektrárnách formou plynu (německý projekt Power 2 Gas), stejně jako stále běžnější dostupnost plynových mikrokogenerací rozjely trend, který do budoucna změní postavení „velké“ energetiky. Celý proces charakterizuje silně „konkurenční“ zkracování investičního cyklu, zvyšování energetické účinnosti a tlak na úspory. Úspěch konceptu posiluje stále viditelnější spotřebitelská poptávka po těchto řešeních, a to od průmyslových gigantů k malým podnikatelům a dnes už běžně i drobným spotřebitelům. S poptávkou roste dostupnost, klesá pořizovací cena, což nakonec zřejmě definitivně zlomí trend. Není žádnou náhodou, že ke změně v energetice dochází právě nyní, na sklonku investičního cyklu, který gradoval v osmdesátých letech minulého století. Dožívající „velké“ elektrárny procházejí nyní jakýmsi testováním životaschopnosti pro budoucnost. Budoucnost energetiky změní nové technologie, o kterých se před třiceti lety nikomu ani nezdálo. Na druhou stranu nelze předpokládat, že nové koncepty v energetice zcela a rychle vytěsní dosavadní tradiční přístupy výroby elektřiny a tepla. Některé atributy „staré“ energetiky přežijí, jiné nikoli.

S dlouhou životností energetických zdrojů nebyl k zásadním změnám po desetiletí žádný důvod ani motivace. Soubor o přerozdělení části koláče spotřeby elektřiny začíná v tom pravém slova smyslu tedy až nyní. Motorem a zároveň garantem této přeměny energetiky v Evropě není samotná EU,

ale Německo. Bohatá země s nejsilnější ekonomikou v Evropě a zároveň země s největším vlivem na formování společné energetické politiky EU, jejíž produkce obnovitelných zdrojů kryje už nyní až 30 procent celoroční spotřeby. Ač zejména mezi slabšími členy mohou vznikat s tímto nastavením energetiky problémy, tento proces ve své přirozenosti již nejde zastavit. Do potíží se tak dostávají zejména finančně a časově náročné projekty – plány na nové, velké jaderné elektrárny. Za předpokladu plnění emisních cílů a funkčního trhu s emisemi se časem v obdobné situaci ocitnou „špinavé“ uhelné zdroje. Naopak zřejmě ožijí ty plynové.

Ač je víze elektroenergetiky roku 2050 stále v mlze, základní rysy se začínají objevovat. Decentralizace posílí roli distribučních společností, velcí výrobci elektřiny značně oslabí. Jsem dokonce přesvědčen, že s mnohými, ještě dnes velkými evropskými jmény tohoto sektoru se v horizontu dvaceti let už nemusíme vůbec setkat. Náhrada je ale na cestě. Budou to tisíce menších zdrojů na plyn se schopností pružně reagovat na potřeby spotřebitele. Zdroje využívající nejen klasický zemní plyn, ale i plyn břídlícový, plyn z biometanových stanic nebo ten „syntetický“ – produkt Power 2 Gas stanic. S pokrokem akumulace elektřiny, ať cestou baterií nebo plynu, poroste dál velmi rychle význam obnovitelných zdrojů ze slunce a větru.



Plány na výstavbu nových plynovodů

— — — Plánované koridory



Hlavní koridory

Vedlejší koridory

Elektrina i teplo z plynu

⚡ Spolu s nárůstem podílu obnovitelných zdrojů se zvyšuje potřeba elektráren, které jsou schopné vykrývat náhlé výpadky jejich výroby. Vedle vodních elektráren jsou pro tyto účely vhodné plynové zdroje. A s rostoucím trendem k decentralizaci výroby to budou stále častěji malé plynové kogenerační jednotky.

Ty dokážou s 90procentní účinností vyrábět elektrinu, teplo a poměrně ekologicky zásobovat

menší obec nebo městskou čtvrť. Toto řešení v Česku rozvíjí společnost ČEZ, která provozuje již více než 100 kogeneračních jednotek v zemi. Cílem je vybudovat takzvaný virtuální elektrárenský blok v podobě po republice různě rozestých kogeneračních jednotek o celkovém výkonu 200 MW.

Na ekonomiku provozu může mít v případě plynových elektráren vliv revoluce v podobě těžby břidlicového plynu. Ta se však v Evropě

prosazuje jen velmi obtížně. Na starém kontinentu jsou pro těžbu mnohem horší podmínky než v USA – poměrně husté osídlení a přísné ekologické předpisy. Břidlicový plyn představuje alternativu ke klasickému plynu, jehož dovoz může být problematický z bezpečnostních důvodů. To by ale měly částečně řešit plány na výstavbu nových plynovodů a LNG terminálů. V současné době jsou regasifikační terminály v 19 zemích.

Hlad po energii poroste



Pavel Noskiewicz

Dlouhodobě se věnuje vzdělávání a výzkumu v oblasti energetiky. Specializuje se na uhelné zdroje a spalovací zařízení.

⚡ Ve škole nás učili, že uhlí je palivo na staletí, zatímco ropa a v té době začínající zemní plyn na desetiletí. Určitě na tom něco bude, protože současné odhady světových zásob fosilních paliv uvádějí životnost zásob uhlí zhruba na 1000 let, plynu na 450 a ropy na 150 let.

Uhlí jako spolehlivý a dostupný zdroj energie umožnilo v průběhu 18. století nebývalý technický rozvoj, o němž dnes hovoříme jako o průmyslové revoluci a jemuž vděčí současná civilizace za dosaženou technickou a ekonomickou úroveň. Navzdory neustálým nepochybně dobře míněným snahám nalézt nové, nevyčerpatelné a k životnímu prostředí přátelské zdroje energie, absolutní spotřeba uhlí ve světě neustále roste a v současné

době je jeho podíl na globální spotřebě energie něco málo přes 30 procent. Stejně tak trvale roste globální spotřeba energie, zajišťovaná z téměř 90 procent fosilními palivy. Tento růst je vyvolán růstem populace a rozvojem civilizace, přinášejícím zvyšování energetických potřeb. Za této situace se nelze odvracet od žádného dostupného zdroje, protože celosvětový hlad po energii nepochybně trvale poroste. Dobrou zprávou je, že ze známých světových zásob fosilních paliv bylo do současnosti spotřebováno něco přes jedno procento.

Česká energetika byla historicky vybudována na uhlí a ještě dnes je kapacita známých uhelných zásob schopná zajistit produkci energie na nejméně jedno století. V posledních letech podíl uhlí na produkci energie postupně klesá, stále je však dominantní, vyšší než 40 procent. Odklon od uhlí je aktuální trend ve vyspělých zemích, hledajících „čistší“ zdroje energie, jenže environmentální požadavky logicky nemohou mít nejvyšší prioritu. Ta přísluší bezpečnosti, spolehlivosti dodávky a ekonomické dostupnosti. Právě zde představuje domácí zdroj energie výhodu.

Současná nevalná pověst uhlí jako zdroje je nekriticky vyvolána falešnými vizemi čisté energie z přírody, přitom stále více chápeme, že nic takového

nemůže v reálném světě existovat. Technický pokrok dokáže negativní vlivy uhelných zdrojů stále více eliminovat a na obhajobu uhlí lze říct, že za nic nemůže. Na vině je nejčastěji nedokonalá nebo nevhodně použitá technologie. Současné technologie využívání uhlí jsou schopny zajistit dostatečně vysokou účinnost transformace energie a přijatelně potlačit negativní environmentální vlivy. V příštích desetiletích lze těžko očekávat uplatnění zásadně nových a převratných technologií již jen proto, že energetický hardware se prostě nemůže vyvíjet stejně rychle jako dejme tomu výpočetní a informační technika.

Naprosto zásadní význam má dostupnost domácího uhlí pro teplotní rozšíření. Mimořádně rozšířené systémy dálkového vytápění zásobují teplem zhruba 1,6 milionu domácností, vyrábějí pětinu domácí produkce elektřiny, z toho polovinu s vysokou mírou využití energie paliva. A tím palivem je téměř ze 70 procent uhlí. Jeho nedostatek by způsobil kolaps s vážnými ekonomickými a sociálními následky. Bude-li nám zdravý rozum zachován, zůstane i v polovině tohoto století uhlí pro českou energetiku významným zdrojem energie.

Uhelná evoluce



⚡ V bezemisní energetice nezůstane pro uhelné elektrárny současnosti místo. K přechodu k ní však zbývají ještě desítky let, po které bude hrát uhlí nezastupitelnou roli.

Uhelné elektrárny budoucnosti budou mít rychlý náběh, aby v soustavě mohly dobře doplňovat obnovitelné zdroje, budou vysoce účinné a s přidáním vhodných technologií mohou být i zcela bezemisní.

Pro příklady nemusíme chodit daleko. Jedna z nejmodernějších uhelných elektráren světa stojí v německém Neurathu nedaleko Kolína nad Rýnem. Má úctyhodný výkon 2200 MW a její výhodou je nejen vysoká účinnost (až 43 procent), ale především rychlá odezva na potřeby sítě. Nová elektrárna dokáže během pouhé čtvrt hodiny upravit svůj výkon o 1000 MW, a regulovat tak časté výkyvy obnovitelných zdrojů, především slunce a větru.

Ani Česko nezůstává pozadu. Nejmodernější tuzemskou elektrárnou (a jednou z nejmodernějších ve střední Evropě) se již brzy stane nový vysoce ekologický blok v Ledvicích o výkonu 660 MW. Teplota páry bude dosahovat 600 stupňů Celsia, což umožní zvýšit účinnost elektrárny na 42,5 procenta. Emise skleníkových plynů se díky vysoké účinnosti sníží o 20 procent.

Právě vysoká účinnost nových technologií uhelných elektráren je důvodem, proč se energetici nechtějí uhlí jako paliva vzdát a stále pracují na dalších vylepšeních.

Technologií nedaleké budoucnosti se nejspíš stane systém kombinovaného zplyňování uhlí (IGCC). Jeho účinnost by podle expertů měla kolem roku 2050 přesáhnout 55 procent.

IGCC je spojením dvou technologií – tlakového zplyňování uhlí a paroplyňovacího cyklu. Elektřinu vyrábějí spalovací turbíny, které využívají plyn z uhelných zplyňovacích reaktorů. Zbytkové teplo plynů spolu s teplem reaktoru se navíc využívá pro výrobu páry, která pohání klasické parní turbosoustrojí.

Emise uhlíkových plynů z IGCC jsou o čtvrtinu nižší než u nejmodernějších práškových ohnišť a řádově nižší než u starších kondenzačních elektráren. Pokud se taková elektrárna spojí s některou z technologií ukládání uhlíku pod zem, budou emise nulové.

Nově navržené zařízení by mohlo využívat pouze odpadní teplo z elektrárny, které by se vhánělo do uzavřené kruhové arény a vytvořilo rychlý proud vzduchu podobný tornádu. Elektřinu by pak vyráběly

turbíny osazené po bocích celé stavby. Zařízení o velikosti 25 metrů by tím vyprodukovalo dodatečný výkon zhruba 200 MW. O projekt se zajímá řada investorů a je jen otázkou času, kdy se poznatky z již fungujícího prototypu začnou využívat v praxi.

Úspory a spotřeba



Energie budoucnosti: sám vyrobím, sám spotřebuji

⚡ Výroba se přesouvá směrem
ke spotřebitelům, kteří si volí
vlastní energetické řešení.
Elektřina také ve velké míře
nahrazuje ostatní zdroje.
Výroba i spotřeba je tedy
v roce 2050 mnohem čistější
a úspornější.



Energetická revoluce



Pavel Cyrani

Člen představenstva a ředitel divize obchod a strategie skupiny ČEZ. Reprezentuje Český svaz zaměstnavatelů v energetice v evropské asociaci Eurelectric.

⚡ Píše se rok 2050. Technologický pokrok změnil energetiku během posledních pár desítek let téměř od základu. Obrovské změny doznala výroba elektřiny, její přenos i způsob spotřeby. Bylo to období plné velkých výzev, které se nám však podařilo zvládnout.

Výrazně jsme snížili emise oxidu uhličitého a čistou energii dnes získáváme zejména z moderních jaderných elektráren a nové generace obnovitelných zdrojů. Elektrická energie nahradila fosilní paliva v řadě oblastí dopravy, průmyslu i vytápění.

Zvládli jsme také nejpalčivější změnu v české energetice první poloviny 21. století, tedy postupné ukončování těžby v hnědouhelných lomech a útlum výroby navazujících uhelných elektráren. I v roce 2050 si Česká republika nadále ve výrobě elektrické energie zachovává vysokou míru soběstačnosti.

Centrálním zdrojům, které napájejí především důležitá průmyslová centra i velké aglomerace, zdatně sekundují zdroje lokální. Mnohem větší část elektřiny se vyrábí přímo v místech, kde ji lidé zároveň ihned využívají.

Fotovoltaické panely výrazně zlevnily. Lidé je mají nejen na střechách, ale jsou i součástí zdí budov jakožto funkční omítka, a dokonce i v oknech, v podobě zatemňovacích fólií. Výroba elektřiny ze slunce se stala přirozenou součástí energetického hospodářství téměř každého rodinného či bytového domu, obchodních či kancelářských center i průmyslových objektů. Případné přebytky energie z fotovoltaických panelů se ukládají v bateriích, nejčastěji umístěných ve sklepích. Díky tomu mohou domácnosti svítit, topit a fungovat mnoho hodin nezávisle na okolní síti, tedy v rámci takzvaného ostrovního provozu. Elektřinu už proto není nutné přenášet na velké vzdálenosti.

Hlavní poslání přenosové a distribuční sítě se tak během posledních desetiletí posunulo od vlastního přenosu a stabilní dodávky elektrické energie k chytrému řízení všech prvků dnešního nestále se organicky proměňujícího systému. Výroba z velkých centrálních i malých lokálních zdrojů na straně jedné je v dokonalé rovnováze se spotřebou firem i domácností na straně druhé. Přenosové i distribuční soustavy propojené napříč Evropou chytře balancují výrobu i spotřebu jak na úrovni jednotlivých spotřebitelů, tak na úrovni celého

kontinentu. Místy přirozeně vznikají ostrovní provozy, které chytré datové sítě podle potřeby následně spojují zpět do celků, a díky tomu automaticky udržují rovnováhu v energetické soustavě. Systém tak dokáže efektivně řešit havarijní situace, nebo jim dokonce i předcházet, stejně jako dokáže čelit velkým výkyvům v dodávce či spotřebě.

Svět energetiky je v roce 2050 rozmanitý. Bezproblémové fungování velkých a složitých celků však stále zajišťují velké, silné a stabilní společnosti. Podobně jako IT sektor prošel od velkých sálových počítačů k počítačům osobním a nakonec se vrátil k centralizovanému zajišťování služeb pomocí cloudu, může i zákazník velké energetické firmy pohodlně využívat různé služby, kdykoliv potřebuje, aniž by musel řešit, zda právě odebírá elektřinu ze sítě či z vlastních zdrojů.

Celý proces transformace, který v roce 2050 dokončujeme, se podařilo zvládnout v rámci přirozeného dožívání a obměny potřebné energetické infrastruktury. Díky tomu jsme udrželi náklady tohoto přerodu, a tedy i ceny pro jednotlivé spotřebitele pod kontrolou.

Píše se rok 2050 a živý organismus energetiky se dál rychle mění. Stejně jako my.

Spotřebitelé jako výrobci

⚡ Evropská energetika směřuje k decentralizaci. Zatímco nyní máme centralizovanou výrobu s velkými elektrárnami, které musí přenášet elektřinu ke spotřebitelům na dlouhé vzdálenosti, decentralizovaná výroba doplněná inteligentními sítěmi umožní, aby elektřina z velkého množství malých zdrojů byla spotřebována přímo v místě výroby.

Tento trend již započal. Na sklonku minulého tisíciletí se o zabezpečení české spotřeby elektřiny postaralo několik stovek elektráren. S nástupem obnovitelných zdrojů, především solárních instalací, se jejich počty vyhouply na desítky tisíc.

Je to výhodnější. V elektrických sítích dochází při přenosu na velké vzdálenosti ke ztrátám, které jsou přímo úměrné vzdálenosti, na níž je elektřina přenášena. Další ztráty vznikají v transformátorech při převádění elektřiny z velmi vysokého na nízké napětí, které je běžně používané v domácnostech. V roce 2013 se podle Energetického regulačního úřadu v českých sítích „ztratilo“ přes čtyři tisíce GWh elektřiny. Tedy téměř tolik, kolik se jí spotřebuje v celém Jihočeském kraji.

V decentralizované síti bude velké množství elektřiny proudit od výrobců ke spotřebitelům na nízkém napětí – do myčky nádobí ze sousedova solárního panelu nebo z nedaleké kogenerace.

Změní se tedy i role energetických firem, které budou tato řešení nabízet

a provozovat. Současně ale zabezpečí dodávky z centrálního systému těm, kteří energeticky soběstační být nemohou, tedy třeba velkoměstům nebo velkým podnikům.



Energetika postavená na obnovitelných zdrojích má i strategický aspekt. Snižuje závislost evropských států na energii dovážené ve formě fosilních paliv, s vysokými náklady a z nestabilních regionů světa.

Na druhé straně platí, že model decentralizované energetiky je zatím dražší než klasická centrální energie a dosud se rozvíjel převážně s využitím dotací. Přejít na tento model bude navíc vyžadovat nemalé investice do nahrazení výrobních zdrojů a výstavby inteligentních sítí, které umožní spotřebitelům i energetikům sledovat toky elektřiny v reálném čase a efektivněji plánovat výrobu a odběr. Jejich neoddelitelnou součástí budou také technologie akumulace vyrobené energie, které umožní řešit časový nesoulad mezi výrobou a spotřebou. Jednu takovou síť již testuje energetická společnost ČEZ ve Vrchlabí. Na podobných projektech pracují i další evropské energetické společnosti ve Španělsku, Itálii, Francii nebo v Německu.

Energie z vlastních zdrojů



⚡ Energeticky nezávislé oblasti začínají vznikat už v této době, zatím až na výjimky na úrovni vesnic. Pro příklady nemusíme chodit daleko. První tuzemskou energeticky soběstačnou obcí se již v roce 2006 staly středočeské Kněžice.

Obec s necelými 500 obyvateli díky bioplynové kogeneraci a kotli na biomasu vyrobí více energií, než spotřebuje. Podobné projekty vznikají po celé Evropě. Jejich základem mohou být všechny typy obnovitelných zdrojů – od bioplynu přes biomasu, geotermální energii až po větrné a solární elektrárny.

Obvykle jde o kombinaci několika zdrojů, které se vhodně doplňují. Například německý energetický park Morbach kombinuje větrnou a solární energii s bioplynovou stanicí. Malá německá obec Jühnde zase produkuje z chlévské mrvy tolik bioplynu pro vytápění a vaření,

že se toto město stalo nezávislým na státní plynárenské soustavě. Na stole jsou i záměry, které kombinují obnovitelné zdroje s technologiemi skladování energie. Například Japonsko má v úmyslu do roku 2020 vybavit 85 procent domácností palivovými články nové generace, které pohání vodík levně získaný přirozeným procesem extrakcí z biomasy.

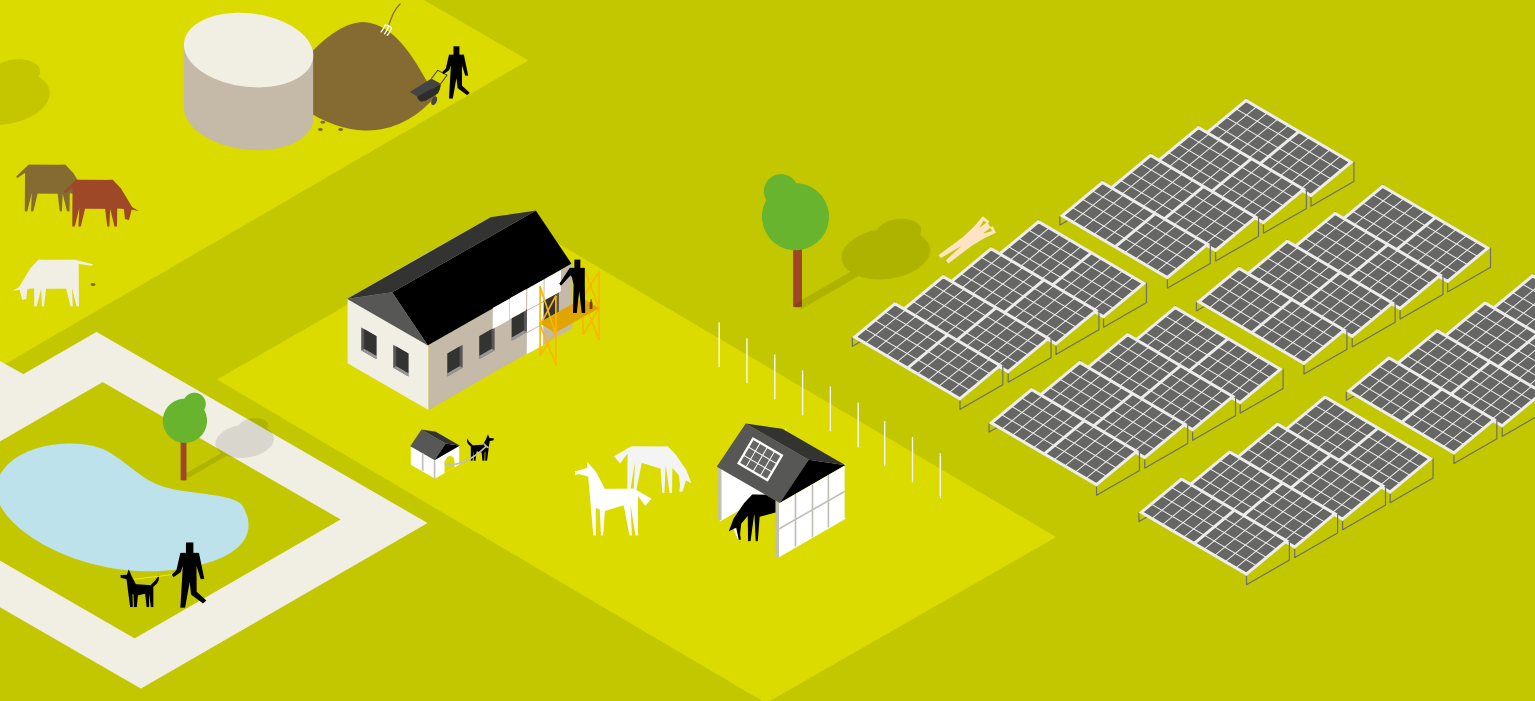
Skupina ČEZ zase od roku 2010 testuje pilotní projekt Smart Region Vrchlabí. Instaluje tam lokální výrobní zdroje, dobíjecí stanice pro elektromobily, inteligentní měřidla smart meters a zkouší inteligentní sítě smart grids. Ty podporují obousměrnou komunikaci a sbírají informace o aktuálních potřebách výroby a spotřeby energie, které se dále využívají k efektivnímu nakládání s elektřinou.

Kolem roku 2050 bude v Evropské unii celá řada energeticky

soběstačných obcí a městských částí. Jejich základem se stanou malé domovní nebo blokové kogenerace či trigenerace (společná výroba elektřiny, tepla a chlazení), doplněné výkonnými solárními panely spolu s využitím nejmodernějších technologií v oblasti úspor a inteligentních sítí.

Zajímavou alternativou na cestě za energetickou nezávislostí se pro řadu obcí může stát energetické využití odpadu. Ve spojení s kogenerací dosahují moderní spalovny odpadů až osmdesátiprocentní účinnosti. Technologie vybavené účinnými filtry přitom vypouštějí minimální emise. Jen v Česku se ročně vyprodukuje 4,6 milionu tun komunálního odpadu, což představuje 450 kilogramů na jednoho obyvatele. V současné době je pod vedením Technologické agentury ČR prováděn výzkum využití směsných komunálních odpadů, které již nelze dále materiálově využít.

Elektřina poráží uhlí i ropu



⚡ Důležitou roli v budoucnosti energetiky sehraje elektrifikace spotřeby. To znamená, že čistá elektřina postupně vytlačí jiná, méně ekologická paliva, jako je uhlí nebo ropa. Například většina topných systémů přejde v polovině jednadvacátého století na elektřinu. Evropský plán snižování emisí skleníkových plynů počítá i s rozsáhlou dekarbonizací topení a dopravy.

Důvodem je nejen přechod k bezemisní energetice, ale také energetická nezávislost, o kterou Evropská unie usiluje. V současné době je z více než 50 procent závislá na dovozu energií ze zahraničí, za což každoročně utratí přes 400 miliard eur.

Spotřeba elektřiny v evropských zemích bude narůstat i přes rozsáhlé úsporné programy. Podle dokumentu Roadmap 2050 se v Evropské unii zvýší do roku 2050 o 40 procent na necelých 5000 TWh. To je pro

představu 70násobek současné roční české spotřeby elektřiny.

V našem regionu, kam patří vedle Česka také Slovensko, Maďarsko, Rakousko a Švýcarsko, vzroste spotřeba elektřiny oproti současnosti téměř na dvojnásobek.

Důvodem bude především nahrazení kotlů na uhlí a na plyn elektřinou, ale také změny v dopravě. Drtivá většina z 270 milionů automobilů bude poháněna elektrickým nebo hybridním pohonem. Plánovaný rozvoj elektromobilů si tak podle Roadmap 2050 vyžádá v příštích 35 letech dodatečných 690 TWh elektřiny, tedy téměř 15krát více než v roce 2010.

Spotřeba elektřiny pro vytápění domácností a podniků se má zvýšit ze 150 TWh v roce 2020 na 500 TWh v roce 2050. Klíčovou technologií se mají stát tepelná čerpadla, která po roce 2040 začnou

vytlačovat nejen kotle na uhlí, ale i plynové systémy.

Proti tomuto trendu půjdou úspory. Odborníci upozorňují, že další vývoj v této oblasti bude značně závislý nejen na rozvoji technologií, ale také na ekonomické situaci jednotlivých členských zemí a na cenách energií. Pokud budou příliš nízké, bude nízká také motivace spotřebitelů zavádět úsporná opatření. Evropská unie ale může přijít s různými pobídkami vzhledem k tomu, že si dala za cíl zvýšit energetickou účinnost do roku 2030 o 27 procent.

Moderní energetika je o úsporách



Jiří Beranovský

Jednatel a konzultant v poradenské společnosti EkoWATT CZ. Expert na udržitelnou výstavbu a úspory energie.

⚡ Obvyklá zkušenost ukazuje, že pokud se začne šetřit, klesá kvalita. Energie jsou však komodity, u kterých se úspory vyplácí jak ekonomicky, tak růstem kvality. Jak je to možné? A jak může vypadat život s energetickými úsporami v budoucnosti?

Staré klišé říká, že šetření energií je pro lidstvo cesta zpět. Přece nebudeme vypínat světlo a svítit loučemi. Relativně nedávný vývoj v energetických úsporách nás však může nechat klidnými. Ukázalo se, že to není třeba. Úspory energií za poslední roky jsou značné a uživatelský komfort vysoký.

Budoucnost patří v našich zeměpisných šířkách zcela jistě nulovým domům, nebo alespoň pasivním, které budou mít vytápěcí systém pouze pro přitápění, případně budou mít pouze krb pro záložní účely. Pro ohřev vody a přitápění se použijí kvalitní tepelná čerpadla a fotovoltaické panely s bateriemi zabezpečí elektrinu.

Zatímco u domácností jsou

největší možnosti úspory právě u vytápění, v případě podniků je to osvětlení a vnitřní technické vybavení. Regulace podle potřeby nebo přítomnosti osob je samostatným odvětvím, které zefektivňuje provoz osvětlení, vytápění, chlazení i ventilace. I v této oblasti lze dosáhnout značných úspor.

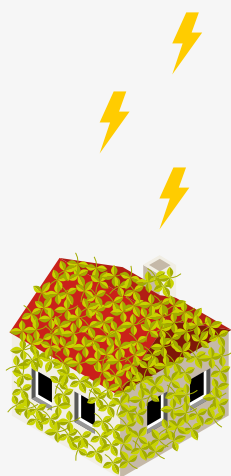
Podíváme-li se na jednotlivé spotřebiče, například nejnámější a nejstarší domácí „robot na chlazení potravin“ – lednička – zaznamenal jenom za poslední roky energetického štítkování od roku 2002 posun od C do A kategorie, tedy z 500 kWh na 150 kWh za rok. To samé platí například i o pračkách, nehledě na to, že k nim postupně přidáváme i sušičky, které výrazně snižují čas určený k žehlení prádla. Podobný trend lze vysledovat i u robotických vysavačů a sekaček. Například automatická sekačka nemusí na práci vidět, nevadí jí déšť a nedělá hluk, může tedy pracovat i v noci, a přitom neruší sousedy.

V současné době jdou proti tomuto trendu pouze IT technologie. Jejich současný překotný vývoj poněkud upozadil jejich globální dopady na spotřebu energií, ale i lokální dopady na peněženky uživatelů. Používáme tak laciné výrobky s vysokou spotřebou. Například routery a ostatní wi-fi zařízení mají běžně až sedm wattů, a pokud jsou zapojeny celoročně, nastává stejný problém jako kdysi se spotřebiči ve stand-by režimu, jejichž spotřeba klesá až nyní.

Lepšímu využití energií tedy nahrává průmyslový rozvoj baterií a časové rozložení spotřeby, robotizace vede k úspoře materiálů a energií, k tvorbě nových a zatím neznámých pracovních míst a odvětví. Budoucnost však může jít ještě dál. Kdo z nás by rád nepřenechal starosti se sháněním nové pračky, myčky či ledničky někomu jinému? Představte si situaci, kdy nám spotřebič dodá až do domu náš dodavatel elektřiny a my mu platíme za jeho využití. Na nás bude pouze rozhodnutí, zda si vypere hned, což bude dražší, nebo až se to bude dodavateli energie hodit, což bude levnější. Tento model by měl pozitivní vliv na celý trh, protože prodejci spotřebičů by byli motivováni dodavateli energií, aby dodávali kvalitní výrobky s nízkou spotřebou. Je to tedy výhodné nejen pro zákazníka, ale i pro životní prostředí.

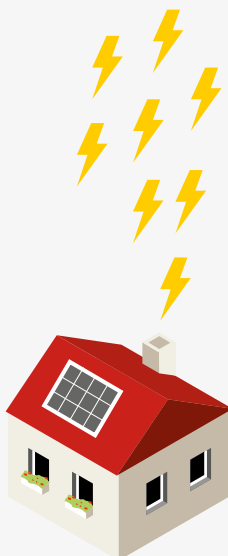
Roční spotřeba na vytápění

⚡ Většina domů bude v následujících desetiletích vybavena moderními systémy rekuperace vzduchu, které sníží spotřebu tepla na minimum. Podle současných plánů by se takové domy měly stavět povinně už od roku 2020. Inteligentní elektroměry zase budou regulovat jednotlivé spotřebiče, a hlídat tak spotřebu elektriny. Úsporný dům poloviny jednadvacátého století bude díky inteligentním systémům, zateplení a vlastní výrobě spotřebovávat jen zlomek energií.



**Pasivní
a nulové
domy**

15–0 kWh/m²



**Současné
a nízkoenergetické domy**

150–50 kWh/m²



**Starší
výstavba
domu**

250 kWh/m²

Úsporná domácnost v roce 2050

Větrná elektrárna

Malé větrné elektrárny budoucnosti nebudou mít podobu nevzhledné vrtule. Mnohé prototypy mají tvary, které si nezadají s uměleckými díly, a vyrábějí elektřinu i při nejmenším náznaku větru.

Chytré elektrospotřebiče

Mají nejvyšší úspornou třídu a jejich provoz má na starosti chytrý řídicí systém. Jakmile se členové domácnosti uloží ke spánku, vše nepotřebné automaticky vypne a zapne pračku nebo myčku nádobí.

Tepelné čerpadlo

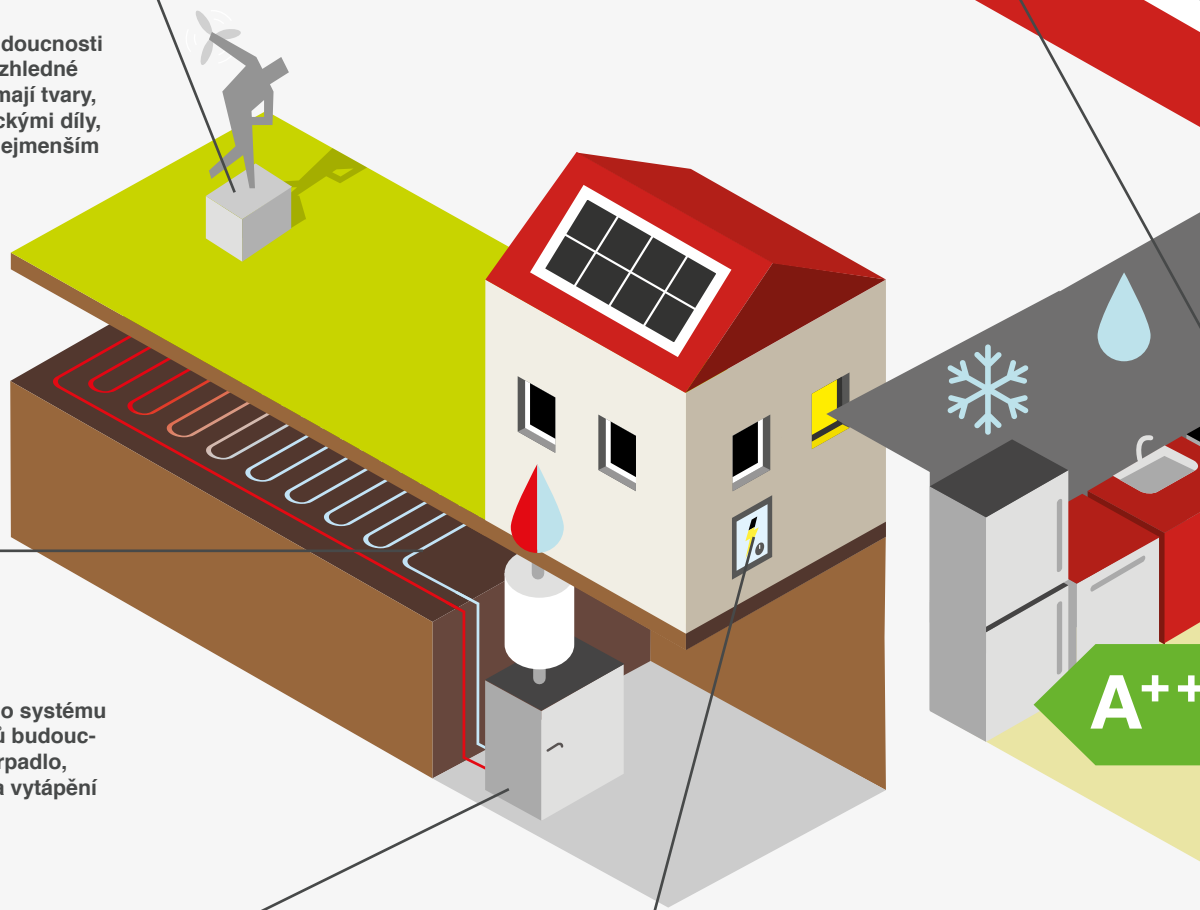
Součástí každého topného systému nízkoenergetických domů budoucnosti se stane tepelné čerpadlo, které zajistí teplou vodu a vytápění ve většině měsíců roku.

Kogenerační kotel

Bude vyrábět teplo i elektřinu. Jako palivo bude sloužit zemní plyn nebo bioplyn.

Chytrý elektroměr

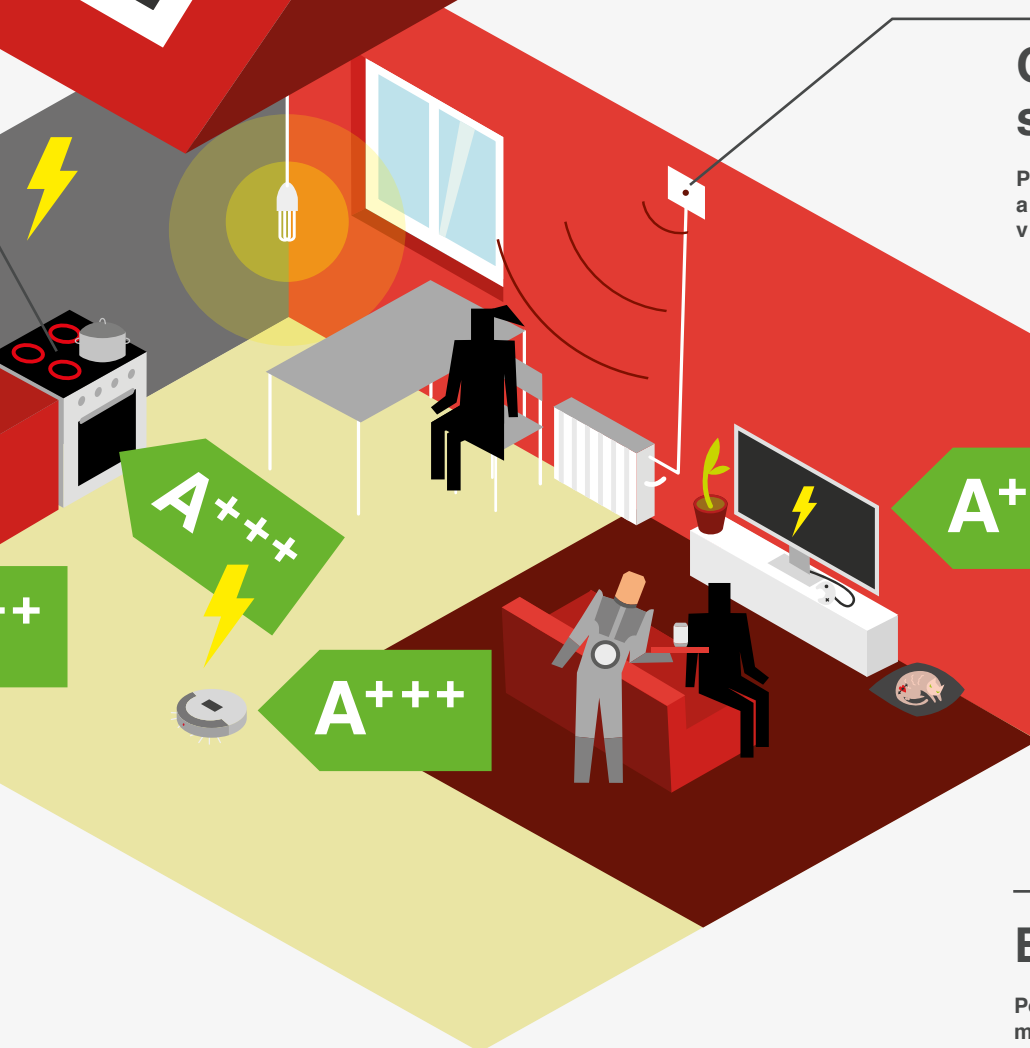
Bude součástí každé domácnosti. Je základem chytrých sítí – dokáže přenášet data v reálném čase, a to nejen o spotřebě, ale i o výrobě elektřiny v každém odběrném místě.





Solární panely

Jsou běžné na střechách rodinných domů. Alternativou mohou být solární šindele, které jsou schopny snížit účet za elektřinu až o 70 procent. Průhledné nebo poloprůhledné solární fólie se vkládají i do fasád nebo oken.



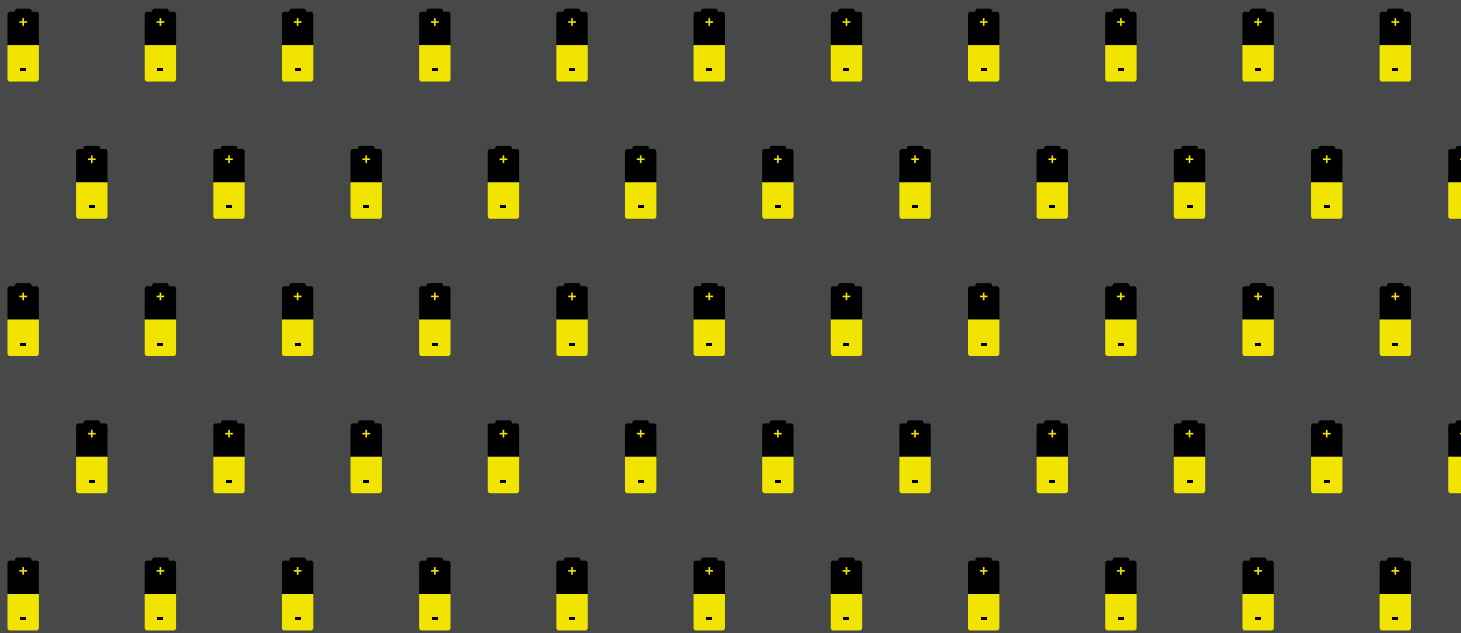
Chytrý řídicí systém

Pohybové čidlo, které snižuje teplotu a šetří náklady na vytápění, když v místnosti nikdo není.

Baterie

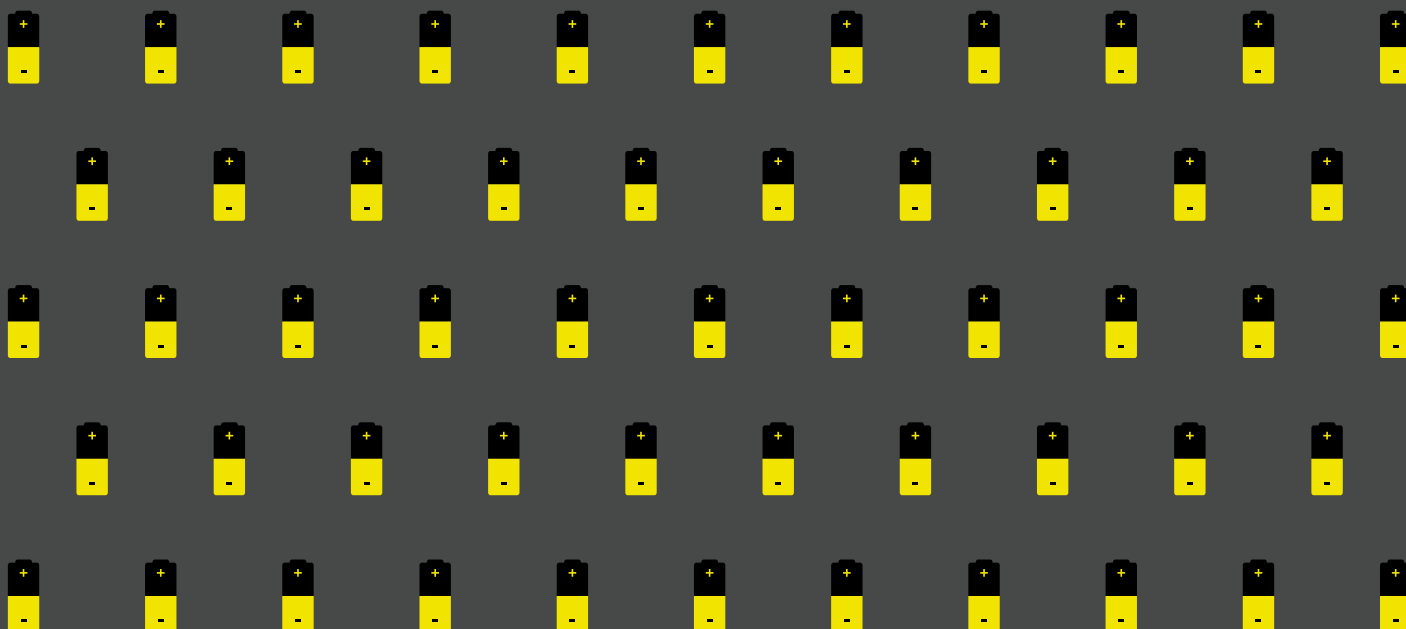
Pokud dům nevyrobí dostatečné množství elektřiny, dodává ji z vysokokapacitní baterie, do které se v případě přebytku energie ukládá.

Přenos a skladování



Chytrá energetika usnadní život

⚡ Základem budoucí energetiky
se stanou chytré sítě, které
budou k vykrývání výkyvů
využívat moderní technologie
skladování elektřiny.



Chytré sítě spoří

⚡ Jaké budou elektrické sítě budoucnosti? Chytré. Takzvané smart grids budou monitorovat každou událost v síti, každé zapnutí vypínače, každé zahájení výroby v místním podniku a každou kilowatthodinu vyrobenou místní solární nebo větrnou elektrárnou. Vše zaznamenají do databázi a zároveň budou připravovat nejvhodnější modely výroby a spotřeby elektřiny v síti.

K tomu, aby vše fungovalo, jak má, bude nutné instalovat u odběratelů chytré elektroměry. Ty už řada zemí zavádí ve velkém. Nejdále jsou například v Itálii, Finsku nebo Dánsku. Na Vrchlabsku je testuje i energetická společnost ČEZ.

Chytrý elektroměr poskytuje přehled o modelech spotřeby elektřiny v jednotlivých domácnostech nebo oblastech. Díky propojení s řídicím systémem inteligentního domu bude možné třeba regulovat teplotu v závislosti na okolních podmínkách, aby se nepřetápěl nebo nevychlazoval. Také bude řídit nabíjení elektromobilu i další spotřebiče v bytě, takže pračka nebo myčka nádobí se spustí v době, kdy je elektřina levnější nebo když si to zákazník bude přát. Umožní mu to sledovat a regulovat vše na dálku, třeba prostřednictvím aplikace v mobilním telefonu.

Když bude elektřina v jednom místě systému chybět, chytré sítě ji okamžitě nahradí z jiných oblastí. V ideálním případě budou sítě veškeré výkyvy předvídat a připraví se na ně. Toky elektřiny budou schopné měnit v řádech milisekund.

Podle předpovědi počasí zjistí, kdy začne foukat vítr v oblasti větrných parků, a automaticky připraví celou soustavu na náhlý přísun většího množství elektřiny: dají pokyn k vypnutí některých větších zdrojů, zapnou napájení akumulčních kamen v domácnostech, a pokud to bude možné, začnou elektřinu ukládat například v připojených

elektromobilech nebo přečerpávacích elektrárnách.

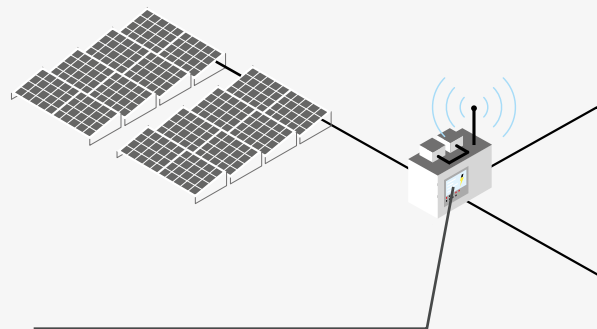
Samotné chytré sítě doplní nové elektrické dálnice, což je vedení ultravysokého napětí 5000 kV, které dokážou přenášet výkon až 10 000 MW na vzdálenost 3000 kilometrů s minimálními ztrátami. Taková supersíť bude schopna dopravit elektřinu z oblastí s vysokou výrobou, třeba z větrných farem v Severním moři nebo solárních parků v Africe, do průmyslových oblastí s vysokou spotřebou. Vzhledem k dalšímu očekávanému rozmachu obnovitelných zdrojů je budování těchto supersítí velmi reálné. Věnuje se jim například evropský dokument e-Highway2050.

Ještě na větší vzdálenosti, až tisíců kilometrů, a se ztrátami pouhých několika procent je možné přenášet elektřinu prostřednictvím supravodivých kabelů. Háček je v tom, že tyto kabely musí být doplněny o chladič jednotku, což technologii výrazně prodražuje. Výroba supravodičů pro běžnou teplotu tedy zatím zůstává tajemstvím, ale v budoucnu by mohly umožnit skutečně globální zásobování energií.

Bezdrátový přenos elektřiny na velké vzdálenosti lidstvo do roku 2050 nejspíš nevyřeší. Několik technologií se sice testuje, zatím však vykazují příliš vysoké ztráty nebo nejsou bezpečné. Například mikrovlnná technologie, kterou využívá klasická mikrovlnná trouba, dokáže přenést více než 90 procent elektřiny, v takovém měřítku však může být nebezpečná.

Větší šanci na rozvoj má technologie tlumených elektromagnetických vln, která se sice nehodí k přenosu elektřiny na větší vzdálenosti, může však nabíjet elektrospotřebiče v bytě nebo v rodinném domě. Je tedy reálná šance, že se do poloviny jednadvacátého století zbavíme alespoň syndromu zadrátovaného bytu, dnes nezbytného systému rozbojek, prodlužovaček a nabíječek s koncovkami všemožných tvarů a velikostí.

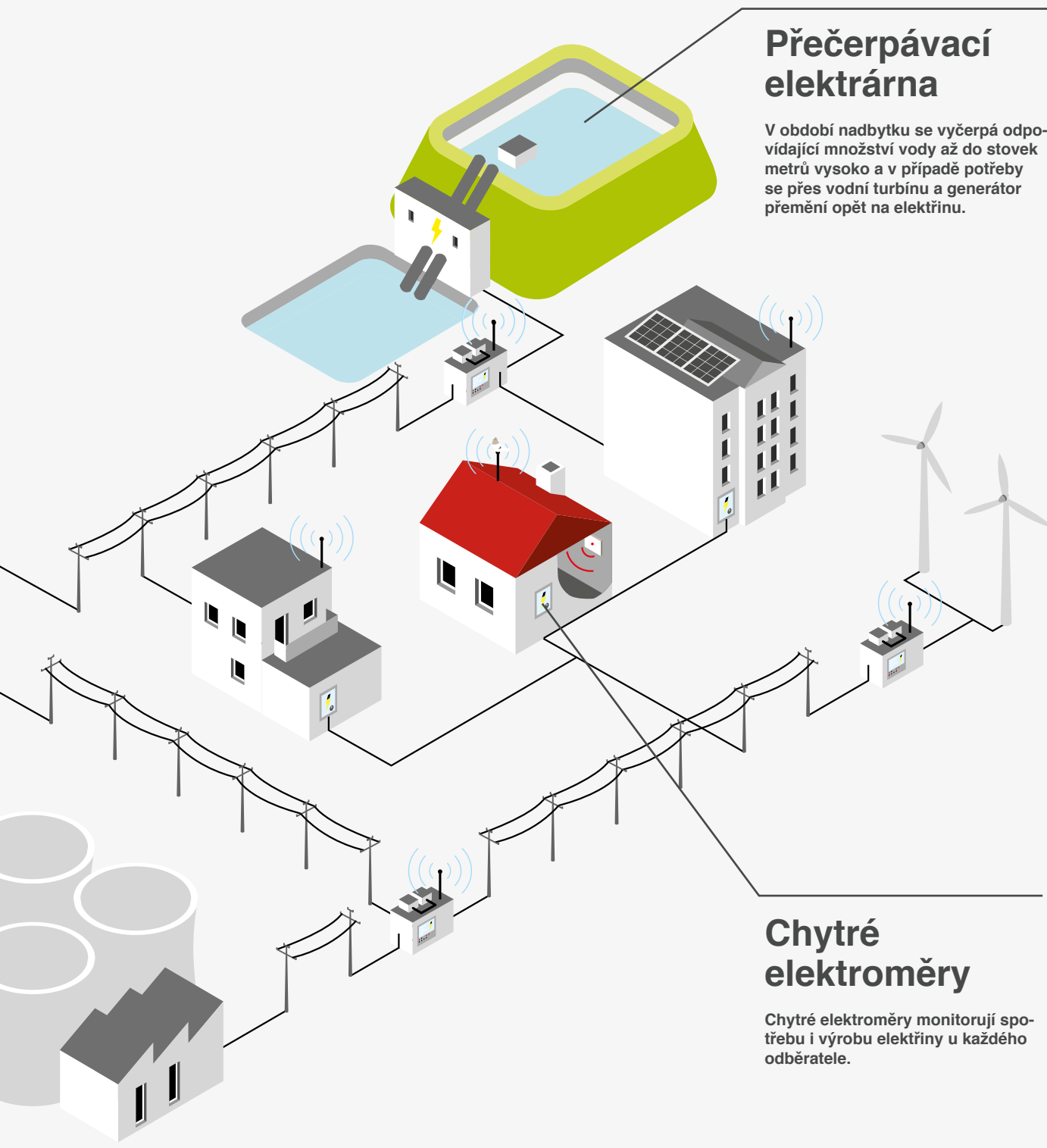
⚡ Chytré sítě umožní zásobování elektřinou z velkého počtu obnovitelných zdrojů i z klasických elektráren, aniž by výkyvy ve výrobě působily problémy.



Trafostanice

Trafostanice v chytré síti dbá na to, aby výroba a spotřeba elektřiny byly vyvážené a aby se co možná nejvíce elektřiny spotřebovalo v místě výroby. Dává pokyny k připojování a odpojování jednotlivých zdrojů.





Přečerpávací elektrárna

V období nadbytku se vyčerpá odpovídající množství vody až do stovek metrů vysoko a v případě potřeby se přes vodní turbínu a generátor přemění opět na elektřinu.

Chytré elektroměry

Chytré elektroměry monitorují spotřebu i výrobu elektřiny u každého odběratele.

Energie řízené přes mobil

⚡ Pro rozvoj energetiky tohoto tisíciletí budou stále důležitější informační technologie. Ty umožní nejen řídit toky elektriny v celé soustavě, ale i v podnicích, firmách a domácnostech.

Virtuálními elektrárnami, inteligentními sítěmi nebo chytrými měřiči vše teprve začíná. Na ně se budou nabalovat další informační systémy, a to nejen na straně energetických společností, ale i u odběratelů.

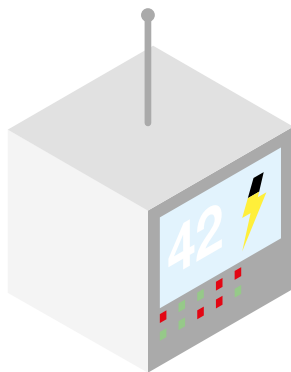
Základem energetické sítě domácnosti nebo malého podniku se stane tablet nebo mobilní telefon. Z něho bude možné díky bezdrátovým senzorům, vypínačům a termostatům přesně regulovat odběr elektriny jednotlivých spotřebičů. Bude například možné nastavit teplotu v jednotlivých místnostech vytápěných elektrinou, zapínat a vypínat světla v celém bytě nebo dát pokyn pračce, že má počkat na levný proud a začít prát.

Na jednu stranu by bylo dost otravné mít pořád při ruce mobilní telefon a obsluhovat domácí síť. Tvůrci nových systémů proto většinu věcí zautomatizují. Do mobilu, tabletu nebo do počítače se zadají pouze vstupní data, tedy požadovaná teplota v té které místnosti a čas jejího spuštění. O zbytek se postará sám systém.

Senzory budou sledovat pohyb obyvatel v bytě a samy vyhodnotí režim spotřeby.

Když například obyvatelé ulehnou ke spánku, systém kontroluje všechna světla, vypne spotřebiče a postupně sníží teplotu. Ještě před tím, než obvykle vstávají, převede dům automaticky do režimu vyšší spotřeby. Zvýší teplotu v obytných

místnostech, zapne spotřebiče, jako je televizor nebo rádio, do stand-by režimu a začne ohřívat kávu v kávovaru. V systému se dá nastavit i teplota vhodná pro kočku nebo psa. Když systém zjistí, že jsou sami doma, přizpůsobí teplotu jejich potřebám.



firmu Nest Labs, která vyrábí chytré termostaty. Ty jsou schopny měřit spotřebu energií v domácnosti a na základě získaných dat nastavovat potřebnou teplotu, což snižuje účty za energie v průměru o pětinu.

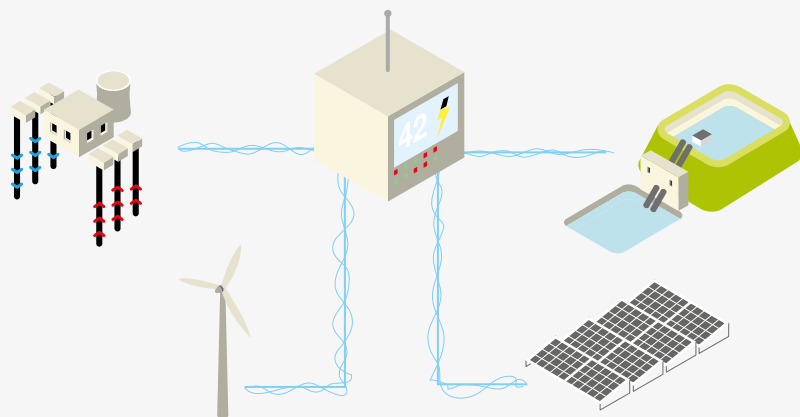
Podobné automatické systémy měření lze nastavit i pro malý nebo větší podnik. V praxi to funguje například tak, že tisíce drobných senzorů důsledně monitorují veškerou výrobu v továrně a vyhodnocují, v jakých podmínkách je neefektivnější.

Většina podobných projektů vzniká jako open-source, jsou tedy otevřené dalším vylepšením. Nakolik budou informační technologie v budoucnu ovlivňovat naše soužití s energiemi, závisí jen na fantazii tvůrců nových řešení.

Utopie? Podobné systémy už se rozvíjejí. Například australský projekt s názvem Ninja Sphere získal letos na serveru veřejného financování Kickstarter na svůj rozjezd v přepočtu kolem 13 milionů korun. Ninja Sphere umí nejen řídit toky elektrické energie přesně podle potřeb jednotlivých členů domácnosti, ale sleduje i počasí, stará se o zabezpečení domu a spravuje rodinné finance.

Že se IT bude čím dál tím více prolínat s energetikou, dokazuje i snaha informačních společností o vstup do tohoto oboru. Například internetový gigant Google nedávno koupil

Virtuální elektrárna propojí všechny malé zdroje



Martin Cmíral

Zakladatel poradenské a investiční společnosti Leef Technologies, která se zabývá zaváděním čistých technologií v energetice a dopravě.

⚡ Píše se rok 2050, více než polovina výroby elektřiny je rozptýlena ve stovkách tisíc malých zdrojů, které jsou součástí budov. Jde o výkony v desítkách až stovekách kilowattů. Spotřeba elektřiny je ve srovnání s dneškem efektivnější, naopak podstatnou část „nové“ spotřeby tvoří elektřina pro elektromobily, výrobu vodíku jako paliva a dopravu.

Elektrická síť sice stále slouží k přenosu energie od zdrojů ke spotřebiteli, ale v podstatně větší míře je jejím úkolem vyrovnávání výroby a spotřeby. Síť je plně automatizovaná na všech hladinách, s řadou inteligentních prvků pro zabezpečení dodávky v případě poruchy. Krátké výkyvy ve výrobě a spotřebě se vyrovnávají zejména pomocí baterií, které jsou pevnou součástí sítě,

nebo v elektromobilech, které se do ní připojují.

Plně automatizovaná síť nevznikne přes noc. Bude třeba instalovat nové součástky, standardizovat komunikační rozhraní nebo nastavit podmínky využívání sítě. Jedním z kroků bude využívání takzvané virtuální elektrárny.

Její princip spočívá v pospojování malých, geograficky rozptýlených zdrojů tak, že se chovají jako jeden elektrárnský blok. Počítačové řízení přináší schopnost optimálně reagovat na různá fyzikální a obchodní omezení jednotlivých zdrojů a prodávat takto vyrobenou elektřinu na velkoobchodním trhu.

Na trhu existuje řada IT řešení a v Česku se už několik firem snaží o vytvoření ekonomicky smysluplné virtuální elektrárny. Potenciál pro její uplatnění je už dnes nezanedbatelný. V tuzemsku je zhruba 30 tisíc instalací s výkonem do 10 MW, z obchodního hlediska jsou pro zapojení nejzajímavější malé plynové kogenerační jednotky, protože výrobu v nich lze časově řídit, tedy přesouvat do času, kdy je cena na trhu nejvyšší.

Přirozeným pokračováním konceptu virtuální elektrárny bude masové rozšíření takzvaného demand-side managementu, kdy

půjde nejen o vzdálené řízení a agregaci lokální výroby, ale též spotřeby.

Důležitým prvkem demand-side managementu bude elektromobilita. Baterie elektromobilů odeberou a dodají elektřinu podle potřeby uživatele i „poptávky v síti“ a tím přispějí k balancování výroby a spotřeby.

Na rozdíl od virtuální elektrárny, jejímž podstatnějším rozvoji dnes nebrání prakticky nic, u elektromobilů zůstává významným omezujícím prvkem vysoká cena baterií. Současný vývoj na trhu, například plány společnosti Tesla a Panasonic na výstavbu továrny na baterie za pět miliard dolarů, však nasvědčuje tomu, že jejich ceny mohou v dohledné době podstatně klesnout. I kdyby se nepodařilo vynalézt žádnou novou účinnější technologii, současné Li-Ion baterie mají šanci na snížení nákladů až o 50 procent do pěti let.

Představa o odstavení velkých zdrojů a jejich nahrazení masovou výrobou v těch malých, zapojených do inteligentní sítě, se dnes stále zdá mnohým jako sci-fi. Náklady na malé zdroje a související technologie však již několik let klesají a jejich nástupu nestojí prakticky nic v cestě. Možná je chybou, že tomuto tématu se nedostává stejné pozornosti jako plánování investic do jaderných bloků, byť časově jde o stejný investiční horizont.

Hledání skladu pro elektřinu

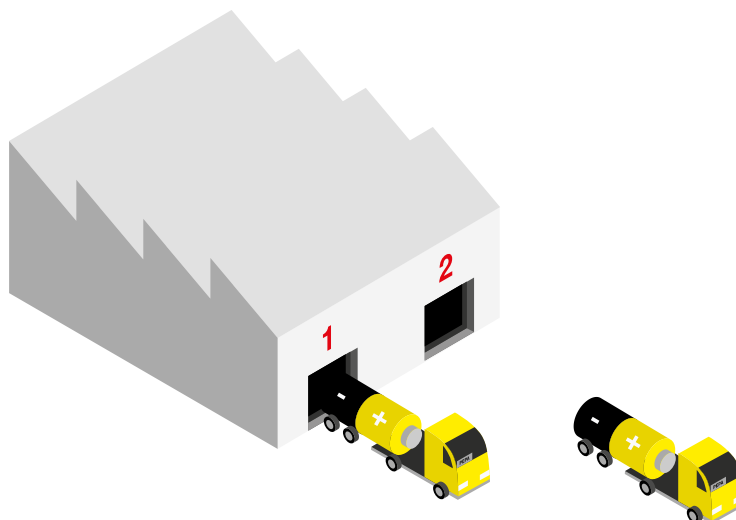
⚡ Skladování elektřiny a energie vůbec je jednou z největších výzev současné energetiky. Zatím to neumíme dostatečně efektivně ani levně. Výroba a spotřeba elektřiny na celých kontinentech se musí neustále udržovat v rovnováze, jinak hrozí přetížení a nevyhnutelný blackout.

Rostoucí počet obnovitelných zdrojů, které trpí obrovskými výkyvy ve výrobě, však řízení energetických soustav stále více komplikuje. To motivuje energetiky k hledání nových řešení.

Kolem roku 2050 by podle oficiálního dokumentu přechodu na nízkoemisní energetiku Roadmap 2050 měla být výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v Evropské unii nadpoloviční a odborníci předpokládají, že jejich výkyvy budou ze stále větší části vykrývat právě pomocí nových akumulátorů či baterií.

Zatím je 99 procent veškeré elektřiny skladováno pomocí přečerpávacích vodních elektráren. Důvod je zřejmý – při životnosti delší než 100 let má přečerpávací elektrárna ve srovnání se současnými chemickými akumulátory téměř neomezenou kapacitu nabíjecích cyklů. Díky své životnosti je oproti ostatním způsobům ukládání elektřiny také nejekonomičtější.

Na dalších řešeních pracuje celá řada energetických společností. V jejich hledáčku je hned několik nadějných technologií: od pokročilých lithium-vzduchových baterií přes systémy typu Power 2 Gas na vodíkové nebo metanové bázi až po takřka futuristické ukládání elektřiny ve smyčkách supravodičů v magnetickém poli.



Jak to bude kolem roku 2050 vypadat v praxi, naznačuje projekt energetické společnosti ČEZ, která v areálu ÚVJ Řež takové zařízení testuje v automatickém provozu. Malou fotovoltaickou elektrárnu v tomto případě doplňuje vodíková technologie. V době přebytku slunečního záření vyrábí elektrolyzátor vodík, který se skladuje v tlakovém zásobníku. V době nízkého slunečního svitu a vysoké spotřeby vyrábí palivový článek z vodíku elektřinu. Vyrobená energie je schopna pokrýt až čtrnáctidenní spotřebu rodinného domu.

Rozvoj nových systémů skladování elektřiny bude závislý na jejich ekonomické výhodnosti. Zatím jsou všechny příliš drahé a vykazují poměrně

značné energetické ztráty, což brání jejich komerčnímu rozšíření. Dle analytiků se však může již v roce 2020 vyplatit ostrovní provoz fotovoltaiky kombinované s baterií i bez dotací. Předpověď počítá se snížením nákladů na baterii v příštích šesti letech o 60 procent. Hlavním motorem těchto změn by měl být průmyslový rozvoj baterií pro elektromobily.

Proč uchovávat energii?



František Maršík

Vedoucí týmu pro výzkum palivových článků na Západočeské univerzitě v Plzni. Je autorem knih Termodynamika kontinua a Bietermodynamika.

⚡ Odhlédneme-li od v současnosti převažujícího získávání energie z fosilních paliv, jako jsou uhlí, plyn či jádro, je pokrok ve skladování energie nezbytný pro další rozvoj výroby z obnovitelných zdrojů a dle mého názoru zejména fotovoltaiky. Průměrný roční energetický výkon dopadající ze Slunce na jeden metr čtvereční povrchu Země je 340 W, což pro celou planetu odpovídá 173 tisícům TW. Pro srovnání uvažme, že celkový výkon produkovaný člověkem je v současné době pouhých 44 TW, což je téměř 4000krát méně. V případě efektivního skladování sluneční energie jí bude mít lidstvo nejen dostatek, ale zbude ještě dost na ostatní formy života.

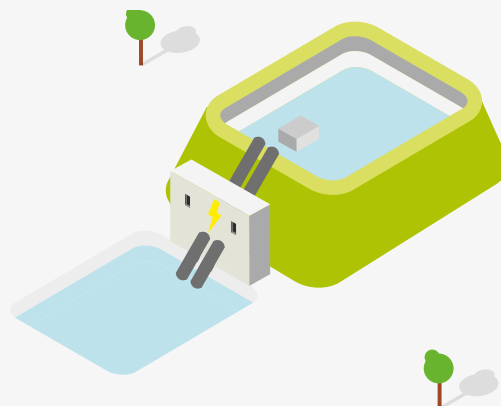
Ale zůstaňme v českých podmínkách. Pro nás je zatím z dlouhodobého hlediska nejvýhodnější skladovat energii nejlépe pomocí vodních elektráren. V období nadbytku se vyčerpá odpovídající množství vody až do stovek metrů a v případě potřeby se přes vodní turbínu a generátor přemění opět na elektřinu. Účinnost tohoto procesu je velmi vysoká – až 80 procent. Tato forma skladování je v posledním desetiletí využívána i pro energii vyrobenou fotovoltaickými panely a větrnými elektrárnami. Právě vodní elektrárny vyrovnávají jejich obtížně předpověditelnou výrobu. V Česku takto využíváme tři vodní elektrárny – Dlouhé Stráně, Dalešice a Štěchovice. Tyto stálíce budou jistě vyrábět elektřinu další desítky let, nové je však jen těžko doplní, není už pro ně u nás vhodné místo.

V budoucnu proto budeme pravděpodobně skladovat elektřinu přeměněnou na stlačený či zkapalněný plyn v podzemí, třeba v úložných zemního plynu, v solných jeskyních nebo prázdných dolech. Vhodnou příležitostí ke skladování nabízejí také elektromobily. Sériovou výrobu vodíkových aut chystá rozběhnout řada automobilů už příští rok. S těmi bude možné natankovat do pěti minut, přičemž dojezd na jedno natankování je až

700 kilometrů. V takovém vodíkovém palivovém článku se z čistého vodíku a z kyslíku získá až s 50procentní účinností elektrická energie, přičemž odpadním produktem je čistá voda. Pro autobusy a nákladní auta jsou již dokonce dostupné i jednotky o výkonu 100 kW.

Pro krátkodobé skladování jsou řešením i klasické baterie. Například kapacita lithium-iontové nabíjecí baterie je až 100 watt hodin na kilogram hmotnosti. Nevýhodou je ale dlouhá doba nabíjení v řádu desítek minut a samovybíjení, které činí při pokojové teplotě až tři procenta kapacity za měsíc. Nevýhodou je i krátká omezená doba životnosti. Pro okamžité uskladnění a uvolnění velkého množství energie jsou vhodné takzvané superkapacitory. Uskladní se v nich sice asi desetkrát méně energie než v Li-Ion bateriích, ale mohou dodávat až desetkrát větší výkon. Proto se používají například u některých hybridních automobilů a v medicíně třeba do defibrilátorů. Spolu s dalším technologickým pokrokem však můžeme čekat postupné zvyšování kapacity baterií. Vyřešení otázky skladování elektřiny pak bude znamenat velký přelom v elektroenergetice – nebude již potřeba proud přenášet skrze síť.

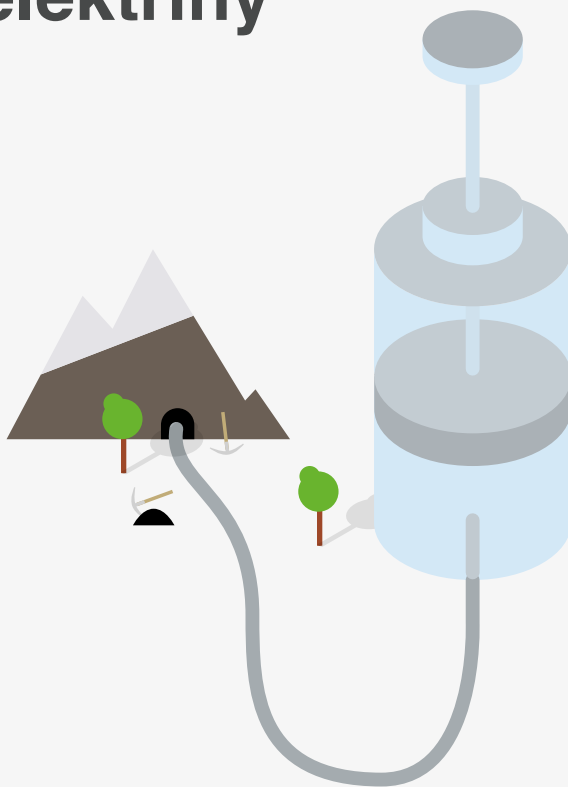
Přečerpávací elektrárna vyrovnává výkyvy ve výrobě obnovitelných zdrojů.



Přeměna energie – cesta ke skladování elektřiny

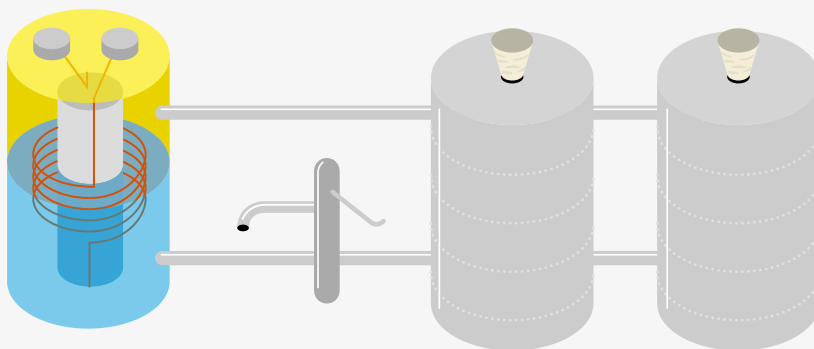
Elektřina ukrytá v podzemí

⚡ K vytvoření takového skladu na elektřinu stačí podzemní prostory, jako jsou vytěžené doly. V době přebytku elektřiny se do nich napumpuje vzduch a v případě potřeby se vrací zpět, aby poháněl turbíny napojené na generátor. Při využití tepla, které vznikne stlačováním vzduchu, se účinnost elektrárny vyplňuje až na 70 procent.



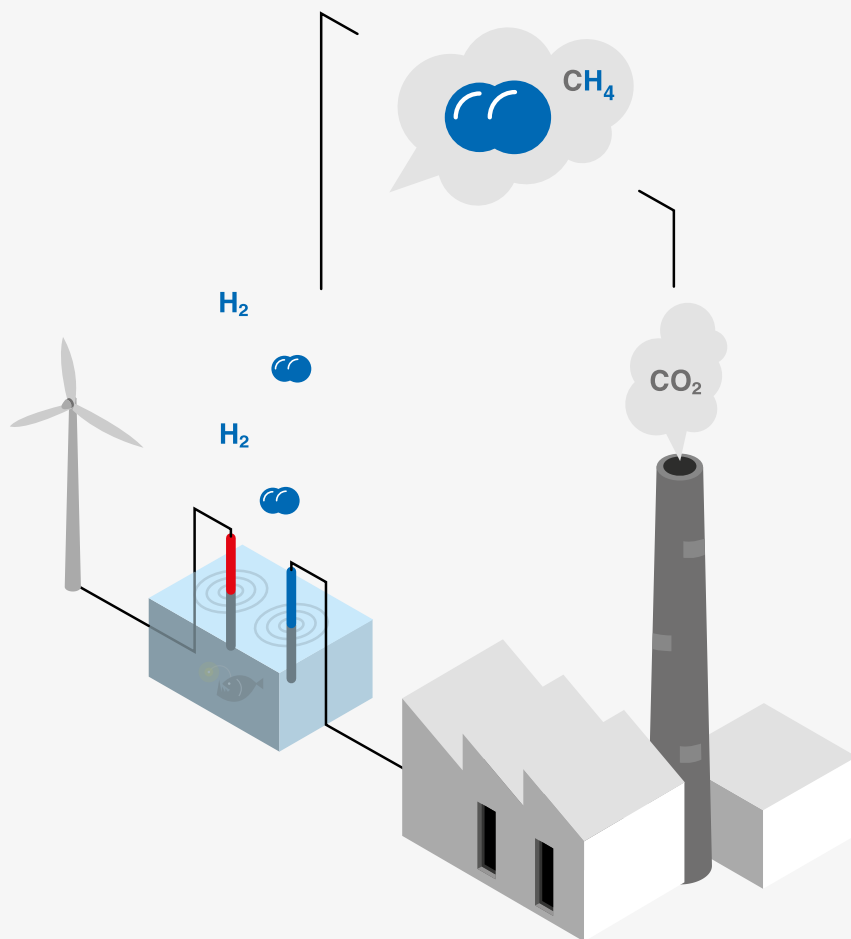
Supravodivé akumulátory

⚡ Supravodivé akumulátory obstály při experimentech při milionech cyklů nabití/vybití s účinností přes 99 procent. Elektřina se skladuje ve smyčkách supravodičů, které jsou chráněné magnetickým polem. Předpokládá se, že v budoucnu by akumulátory s kapacitou 4000 MW mohly nahradit i největší přečerpávací elektrárny. Výhodou je možnost vykrývat i ty nejmenší výkyvy v sítích s reakcí v řádech desetin sekund. Nevýhodou vysoká cena.



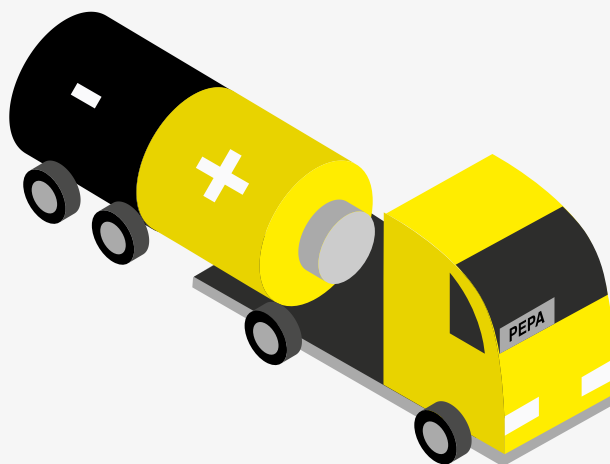
Power 2 Gas

⚡ Jde o jednu z nejnovějších technologií ukládání energie. V době přebytku se z elektřiny elektrolýzou vody vyrábí vodík. Protože vodík je obtížné skladovat, sloučí se s oxidem uhličitým na metan. Ten je možné skladovat a dopravovat na velké vzdálenosti klasickými plynovody. Metan se dá využít k vytápění, pohonu aut nebo k opětovné výrobě elektřiny. Výhodou je možnost přenášet uskladněnou elektřinu na velké vzdálenosti, nevýhodou cena a nižší účinnost celého procesu – do sítě se vrátí zhruba 40 procent uskladněné elektřiny.



Lithium – vzduchová baterie

⚡ Další novinka, která se teprve zkouší v laboratorních podmínkách. V praxi jde o velmi komplikovanou chemii a fyziku. Zjednodušeně lze říci, že lithium-vzduchové baterie vydávají elektřinu oxidací lithiových desek, tedy vstřebáváním kyslíku. Při nabíjení je reakce opačná. Takové baterie by měly až trojnásobnou kapacitu oproti současným Li-Ion bateriím. Jejich využití v horizontu zhruba 20 let se nabízí především v elektromobilech.



Technologie a pokrok



Průlom přinese zlevnění technologií

⚡ Na nových technologiích v oblasti energetiky pracují stovky vědeckých ústavů po celém světě. V testovacích laboratořích čekají na praktické využití vynálezy v oblasti elektromobility, skladování elektřiny, obnovitelných zdrojů či supravodivosti.



Elektromobilní století

⚡ Nadvláda elektrické energie jako nejdůležitějšího paliva druhé poloviny jednadvacátého století se stále výrazněji projevuje i v dopravě.

Elektromobily budou v roce 2050 mezi novými vozy tvořit drtivou většinu a zkušební lety by za sebou měly mít i první prototypy elektrických dopravních letadel.

Elektromobily zatím doplácí na krátký dojezd. To by měly vyřešit nové typy baterií, které budou nejméně čtyřikrát výkonnější, než jsou ty současné.

Už kolem roku 2020 by tak elektromobily podle samotných automobilů měly mít dojezd kolem 1000 kilometrů, což je vzdálenost srovnatelná s běžnými vozy. Podobně jako se zvyšuje dojezd elektromobilů, zkracuje se i doba nutná k jejich nabití.

První elektromobily z přelomu milénia měly dojezd kolem 100 kilometrů a nabíjely se nejméně 12 hodin. Současným elektromobilům ale stačí díky moderním rychlodobíjecím stanicím k dobíjení pouhých 20 minut a pyšní se dojezdem až 450 kilometrů.

V roce 2050 už elektromobily možná žádné dobíjecí stanice nebudou potřebovat. Vybíjí se technologie, která dobíjí vůz bezdrátově přímo z elektrického vedení pod povrchem silnice, a to jak při parkování, tak za provozu. Ve spojení s dalším vynálezem – vysoce odolnými solárními panely – mohou silnice budoucnosti sloužit jako výkonný akumulátor, který si elektřinu i sám vyrábí.

Některá další zajímavá řešení se zkoušejí v laboratořích. Například teoretický dojezd vozu na nový hliníko-vzduchový článek, do něhož stačí nalít pitnou vodu, je 1600 kilometrů.

Elektrická vozidla si nezažádají ani co do rychlosti. V praxi už byl testován model, který dokázal jet rychlostí téměř 500 kilometrů v hodině.

Rozvoj elektromobility zapadá do cílů Evropské unie snižovat emise. Elektromobily mohou chytré sítě budoucnosti také používat k vyrovnávání výkyvů z výroby elektřiny obnovitelných zdrojů. Při přebytku elektřiny v síti uloží elektřinu v bateriích a v době jejího nedostatku si ji zase mohou vzít zpět.

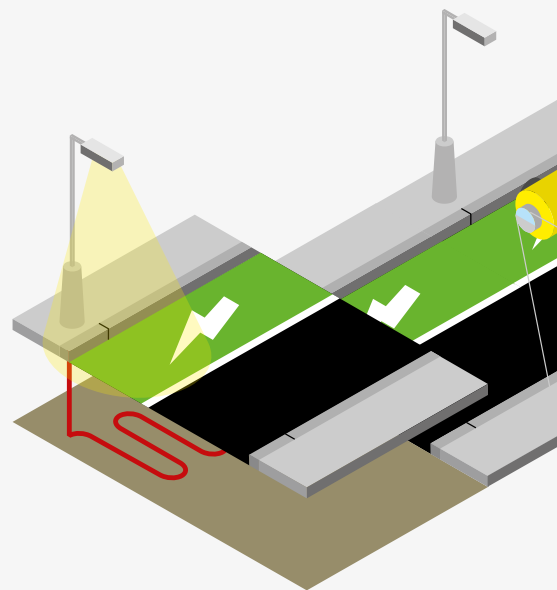
Elektromobilitu v Česku podporuje i ČEZ, který dlouhodobě testuje hned několik elektrických vozidel. Kromě toho neustále pracuje na rozšiřování své sítě dobíjecích stanic. Zatím jich má 39, včetně pěti rychlodobíjecích, a staví další. Cílem je postupně pokrýt území celé České republiky.

V Evropě je v podpoře elektromobility nejdál Norsko, kde loni tvořily elektromobily přes šest procent všech prodaných vozů. Daňové úlevy majitelům elektromobilů poskytuje také Nizozemsko, Německo nebo Francie.

Rozšíření elektromobility bude patrné i ve veřejné dopravě. Díky česko-německé spolupráci koordinované ÚJV Řež je nyní testován první vodíkový autobus ve střední a východní Evropě, ke kterému vznikla i první veřejně přístupná vodíková čerpací stanice v Neratovicích. Takzvaný TriHyBus se skládá ze tří zdrojů energie: soupravy Li-Ion baterií, vodíkového palivového článku a soupravy ultrakapacitorů (umožňují rychlé nabíjení autobusu). Jeho maximální rychlost je sice jen 65 kilometrů za hodinu, na jedno nabití však ujede až 300 kilometrů.

Dobíjecí stanice

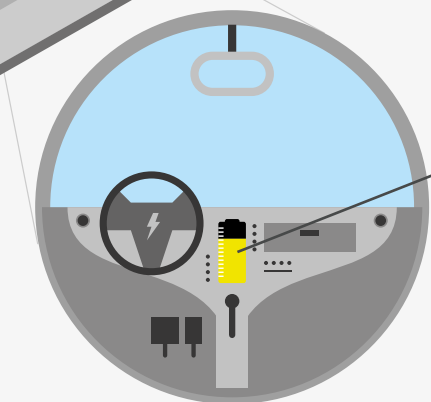
Dobíjecí stanice na parkovištích pracují na bázi indukce. Kdo bude chtít dobít elektromobil rychleji, použije rychlonabíječku – obdobu čerpacích stanic, která dobije elektromobil i za srovnatelně dlouhou dobu.





Samonabíjecí silnice

Budou mít podobu pomalého pruhu, který bude určen pro dobíjení elektromobilu za jízdy. Dobíjení elektromobilů zajišťuje indukční cívka pod povrchem vozovky.



Dojezd automobilu

Elektromobil roku 2050 ujede na plnou baterii kolem 1000 kilometrů. Tedy zhruba tolik, kolik současné vozy na plnou nádrž.

Vstup do vodíkového věku

⚡ O využití energetického potenciálu vodíku, jednoho z nejrozšířenějších plynů vesmíru, sní už několik generací. Zatím se jim to nepodařilo a je těžké odhadnout, jak daleko se dostanou do poloviny tohoto století. Nové projekty na využití vodíku v oblasti výroby a skladování elektřiny však vypadají velice nadějně. Pro masivní nasazení této technologie v energetice je nyní klíčové celý proces zefektivnit a především zlevnit.

Vůbec největší naděje se vkládají do vodíkových článků, které mohou v budoucnu najít nejširší uplatnění – od pohonu elektromobilů přes skladování elektřiny až po výrobu elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách. Důvody zvýšeného zájmu o vodík jsou zřejmé. Jde o bezemisní palivo, ze kterého při výrobě elektřiny vzniká čistá voda.

O vodíkové technologie má největší zájem automobilový průmysl. Téměř všichni výrobci z tohoto oboru disponují určitým modelem vodíkového automobilu. Rozvoj těchto aut by však musely doprovázet instalace vodíkových čerpacích stanic, kterých je dnes velmi málo.

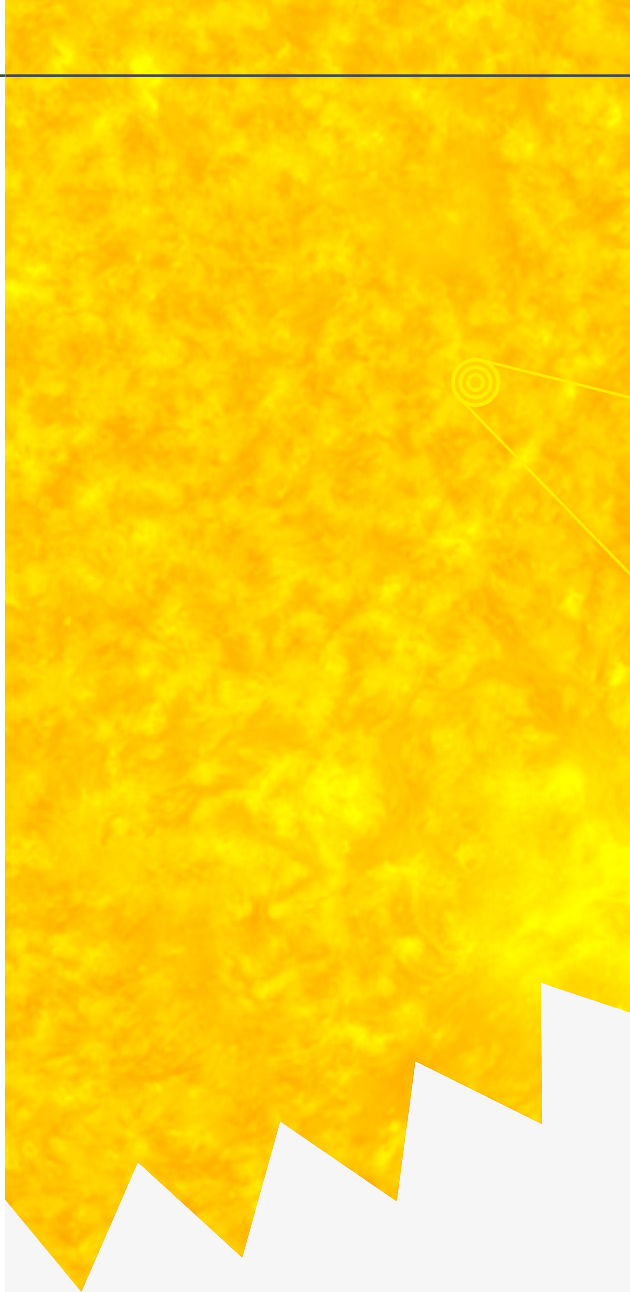
Vodíkový článek je ve spojení s elektrolyzérem možné využít také ke skladování elektřiny, což by řešilo problém s nevyzpytatelnou výrobou z obnovitelných zdrojů. V době přebytku slunečního záření vyrábí elektrolyzáry vodík, který se skladuje v tlakovém zásobníku, a v době

nízkého slunečního svitu a vysoké spotřeby vyrábí palivový článek z vodíku elektřinu.

Zajímavé je i využití vysokoteplotních vodíkových článků v kogeneračních jednotkách. Článekové kogenerace mohou být malé a lze je využít k vytápění rodinných domů i větších komplexů, kupříkladu nemocnic. Nevýhodou je zatím příliš vysoká cena, takže podobná zařízení se používají jenom výjimečně.

Největší naděje se však již řadu let upínají k jaderné fúzi. Optimisté doufají, že by mohl být „svatý grál energetiky“ do roku 2050 dobyt. Fúzní palivo je totiž schopno uvolnit asi třikrát více energie než srovnatelné množství uranu. Kromě toho je vodík dostupnější než uran a odpadní helium není radioaktivní.

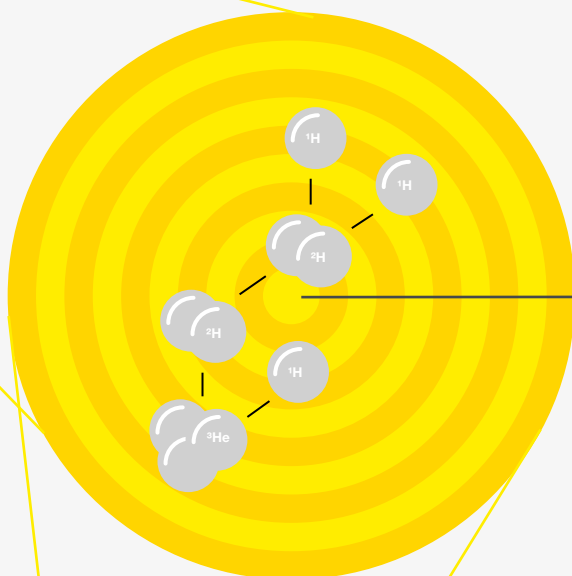
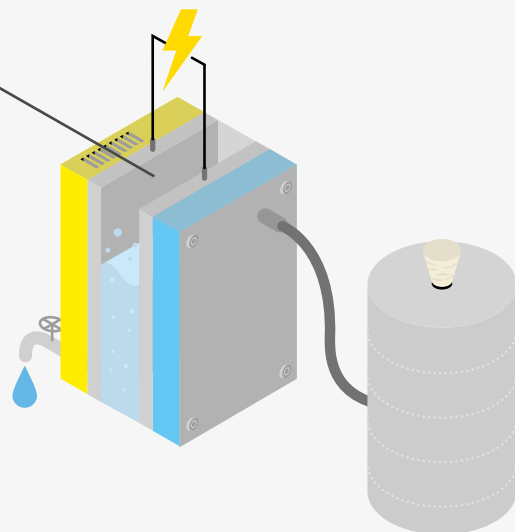
Termojaderná reakce je proces pohánějící hvězdy, při kterém dochází ke slučování atomových jader. K jejímu nastartování je zapotřebí obrovských teplot v řádu stovek milionů kelvinů. Při takových teplotách se z jakékoli látky stává plazma. Problémem tedy je, že energie vydaná na udržení fúze byla zatím vyšší, než kolik se z ní získalo. Zkušební fúzní reaktor ITER měl být mezníkem na cestě k neomezené a čisté energii, avšak pokusy o její produkci se neustále zpožďují. V plánu jsou až po roce 2026. Menší verze tohoto takzvaného tokamaku je i v Praze.



**Podobné reakce,
jako se děje na
Slunci, je možné
docílit pomocí
termojaderné fúze.**

Vodíková baterie

Palivový článek vyrábí elektřinu z vodíku, odpadem je čistá voda. Uplatnění mohou najít v elektromobilech, ve skladování elektřiny i v její výrobě.

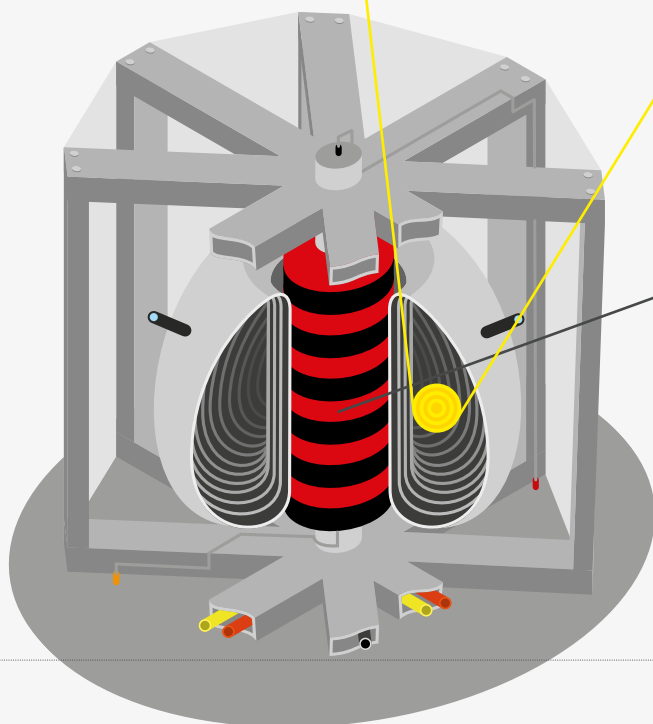


Fúze

Vzniká slučováním jader deuteria, což je izotop vodíku. Díky obrovským zásobám vodíku (na Zemi kupříkladu ve vodě) představuje zvládnutí termojaderné fúze nevyčerzpateľný zdroj energie.

Uchovávání plazmatu

Zařízení Tokamak, které vytváří toroidální magnetické pole, se používá jako magnetická nádoba pro uchovávání plazmatu. Slovo „tokamak“ pochází z ruštiny.



Technologie, které mohou změnit svět

Elektřina z virů

⚡ Na první pohled nic zajímavého – mikroskopická tyčka. Tenhle drobeček, geneticky modifikovaný bakteriofág, ovšem umí vyrábět elektřinu tím, že mění mechanickou energii v elektrickou a naopak. Vědci využili virus k vytvoření materiálu, který nasál takové množství energie, že byl schopen napájet LCD obrazovku o ploše 16 čtverečních centimetrů. Na první pokus je to úctyhodný výkon. Do budoucna by se tyto bakterie mohly stát základem kupříkladu nanosenzorů či nanorobotů v lidském těle.

Supervýkonné baterie

⚡ Průlom v oblasti skladování elektřiny bezesporu změnil celou energetiku. Stále nevíme, zda půjde o nanotechnologie, vodík, metan, lithium nebo vysokoteplotní supravodiče. Vědci například přišli i s řešením v podobě měděného drátu, který slouží nejen jako vodič elektřiny, ale také jako superkondenzátor, který je schopen část protékající elektřiny uskladnit. Jeho výhodou je velmi rychlé nabití, vysoká hustota akumulované energie a prakticky nekonečný počet cyklů.

USB revoluce

⚡ Klasické zástrčky už brzy nahradí USB řešení. Již dnes jich je na světě přes deset miliard. Jako zcela běžný zdroj elektřiny se budou nacházet v hotelových pokojích, autech, letadlech a postupně dodá USB kabel štávu i mnohem větším elektronickým zařízením. To zcela změní způsob, jakým domácnosti i firmy využijí elektřinu a ušetří náklady. Jeden USB kabel je schopen přenést data

i stejnosměrný proud. To umožňuje nastavovat priority mezi jednotlivými spotřebiči, a energie tak může proudit několika směry. Tato technologie dokáže také velmi dobře spolupracovat se solárními panely, jež vyrábějí stejnosměrný proud, který může USB kabel jednoduše přenášet. Takže když svítí slunce, kabely automaticky nabíjejí počítače, telefony i jiné přístroje na baterie. Největší přidanou hodnotou je pak propojení vícero domů prostřednictvím chytrých sítí.

Těžba energetických surovin na Měsíci

⚡ Komu se zdá energetický potenciál Země nedostatečný, může se vypravit do vesmíru. Spojené státy a Rusko chystají projekty na těžbu energetických surovin na Měsíci. Měsíční prach totiž obsahuje velké množství trínukleonového helia. Prvku, který při správném užití může vygenerovat značné množství energie. Pětadvacet tun helia 3, které je schopen přepřavit jeden raketoplán, by pokrylo energetické potřeby USA na celý rok. Otázkou je ale ekonomika celého projektu. Jen samotná elektrárna by byla velmi drahá, takže by jen těžko obstála v konkurenci s jinými zdroji.

Solární elektrárny ve vesmíru

⚡ Zlevňování technologie obnovitelných zdrojů, a zejména fotovoltaiky znamená dostatečně velký krok kupředu. Využití plochy pro jejich výstavbu bude však technologicky

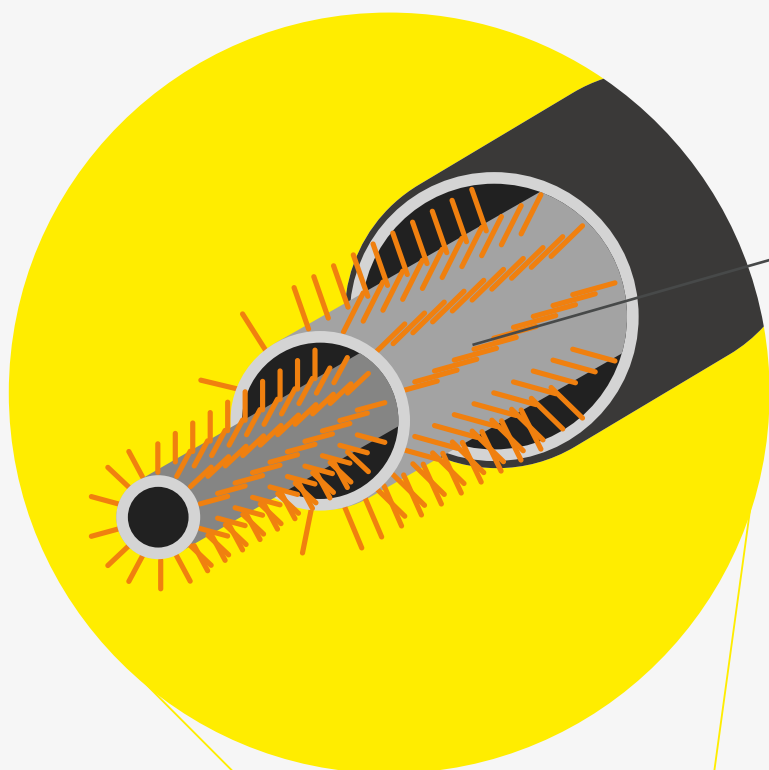
možné nejen na Zemi, ale i ve vesmíru. První plány vesmírných elektráren na oběžné dráze Země představili Japonci. Satelity mají produkovat elektřinu z výkonných solárních článků a na Zemi by se elektřina dopravovala mikrovlnami či laserem, a to s minimálními ztrátami. Problém je přesné zaměření paprsku.

Vodivé polymery

⚡ Vodiče v podobě plastů mohou v budoucnosti nečekaně rozšířit možnosti elektrotechniky. Jsou sice náchylnější na vysoké teploty, ale díky nim můžeme mít třeba zcela ohebný displej nebo pevné pásy diod vytvarované do nejrůznějších podob. Lze je také zpracovávat úplně stejným způsobem jako ostatní plasty, tedy litím nebo lisováním.

Supravodiče při pokojové teplotě

⚡ Supravodivost za pokojové teploty je snem každého energetika. Supravodivý materiál neklade žádný odpor a díky němu lze přenášet elektřinu na dlouhé vzdálenosti s minimálními ztrátami. Všechny dosud známé supravodiče je třeba chladit na velmi nízké teploty, aby získaly potřebné vlastnosti. Nejnadanějším materiálem jsou vysokoteplotní supravodiče označované jako HTS. Zatím nejvyšší teplota, při níž si tyto látky udržely supravodivost, je 135 stupňů Celsia.



Měděný drát s nanostrukturami

Vše začalo jako pokus. Vědci vzali obyčejný měděný drát a pokryli jej mikroskopickými tyčinkami. Vše uložili do dutého drátu s nanostrukturami orientovanými dovnitř.

Vodivý drát i baterie

Výsledkem je drát, který může sloužit nejen jako vodič, ale také jako baterie.

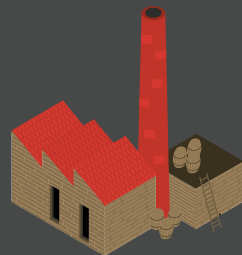


Doba uhelná



1799

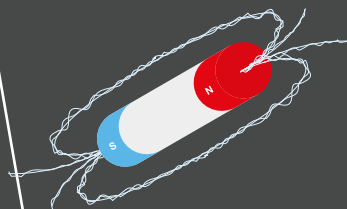
Alessandro Volta sestavil galvanický článek, a položil tak základ novému oboru fyziky.



1881

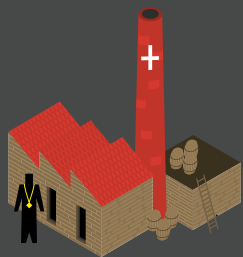
První elektrárnu na světě nechala postavit firma Pullman, zabývající se zpracováním kůží, na řece Way v anglickém Godalmingu.

1780 1800 1820 1840 1860 1880



1831

Michael Faraday objevil elektromagnetickou indukci. Tento objev položil základ všem elektromotorům.



1889

První česká elektrárna byla spuštěna v Praze na Žižkově. Jejím autorem byl František Křižík. Vyráběla stejnosměrný proud o napětí 60–110 voltů.



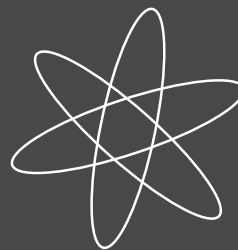
1947

Objev principu tranzistoru otevřel cestu současné elektrotechnice. Tranzistory jsou základem elektronických obvodů každého elektronického přístroje.



1879

První žárovka byla rozsvícena 21. října 1879 a svítila 40 hodin. Jejím vynálezcem byl Thomas Alva Edison.



1951

20. prosince byla na experimentálním reaktoru EBR-1 v americkém Idahu poprvé vyrobena elektřina z jaderné energie. Byly rozsvíceny čtyři žárovky. Reaktor dosahoval výkonu 200 kW.

80

1900

1920

1940

1960

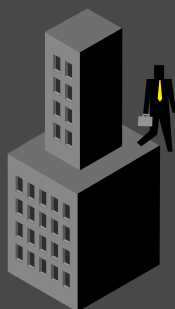
1980

Doba přechodná



1996

EU definuje společná pravidla pro vnitřní trh s elektřinou, čímž dochází k vytvoření společného evropského trhu. V červenci 2007 zahájila obchodování Pražská energetická burza.



2008

Hospodářská krize, která akcelerovala krizi energetiky způsobenou neúměrnou podporou obnovitelných zdrojů, jež vzešla z energeticko-klimatických cílů EU do roku 2020.

Doba nízkoemisní



2012

Boom břidlicového plynu v USA

2000

2005

2010

2015

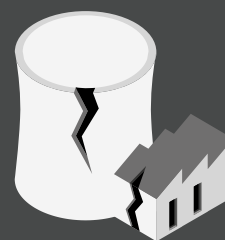
2020

20



1997

Průmyslové země se Kjótským protokolem zavázaly snížit emise skleníkových plynů o 5,2 %.



2010

Německá Energiewende neboli odklon od konvenčních technologií k obnovitelným zdrojům. Následuje havárie v jaderné elektrárně Fukušima, která tento trend potvrdí.



2030

Podíl obnovitelných zdrojů narostl v celé EU o více než 27 %, o stejné číslo se zvýšila i energetická efektivita. Energetika je výrazně ekologičtější, podíl emisí je v tomto roce o 40 % nižší v porovnání s rokem 1990.



2050

Energetice vládou obnovitelné zdroje. Na výrobě elektřiny se z velké části podílejí také domácnosti.

25

2030

2035

2040

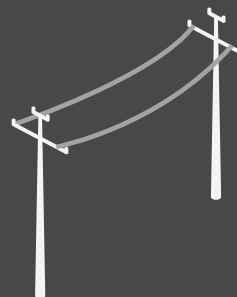
2045

2050



2020

Lithium-iontové baterie výrazně zlevňují. To umožňuje masivní rozvoj elektromobilů. V tomto roce mají dojezd již kolem 1000 kilometrů na jedno nabití.



2040

Základem distribuční soustavy jsou chytré sítě, které dohlíží na efektivní nakládání s elektrickou energií. Doplnují je energetické dálnice, které s minimálními ztrátami přenášejí elektřinu na velké vzdálenosti.

To je holt úděl



Ondřej Neff

Spisovatel české science fiction a novinář, vydavatel internetového deníku Neviditelný pes. Je autorem desítek knih a povídek.

⚡ „To jsou celí oni, Kazdovi!“ slyčela paní Helebrantová. Oknem pozorovala souseda, jak chodí po lávce na střeše a dlouhým smetákem omývá zašpiněné krycí sklo solárních panelů na střeše jejich domku. „To je pořád ejchuchů a pak stačí pár dní zatažino a je ouvej.“

„No jo,“ komentoval Helebrant, skloněný nad archem elektropapíru a sledoval fotbalový zápas Argentiny proti Novému Zélandu.

„A ty na ten elpapír furt nečum.“

„Proč ne? My máme,“ odpověděl muž a kývl ke stavovému displeji u dveří. Uklidňující zelená barva označovala, že zásoba energie je dostatečná s ohledem na výhled počasí na čtrnáct dní dopředu a pravděpodobný model spotřeby rodiny. Helebrantová se chystala peprně odpovědět, když zatrylkoval zvonek a na panelu se objevila Kazdová. Žena šla otevřít.

„Já jen, nezlobte se, paní Helebrantová, nemohla byste nás založit?

Budem dobírat patnáctýho a to počasí, chápete...“ Tvářila se zkroutěně a nastavovala bandasku.

„To je mi moc líto, paní Kazdová, ale sami máme málo, to počasí nám udělalo čáru přes rozpočet...“

„Ono by mě vytrhlo pár kilowattů, on mi začal týct mrazák a mám v něm jehněčí... Však bych vám to odvedla.“

Helebrant se mračil nad svým elpapírem. Doufal, že Kazda umí držet hubu. Oba sousedé si udělali především radost. Kazda má ve sklepě starou dvě dě telku a Kazdová byla na návštěvě u sestry v Pelhřimově a oni dva při basičce piva sjížděli staré filmy, ty zakázané, co se v nich střílí a jsou tam ženský a takové ty věci, zkrátka, vysosali elstudnu skoro do dna. Ty starý telky mají spotřebu jako blázen a při pivíčku čas běží. Jak jsem mohl vědět, že Kazda nechal zaprasený skla, uvažoval Helebrant. Naslouchal kvokavé debatě u dveří. Vstal, přešel k oknu, otevřel ho a pískl. Kazda se k němu obrátil a zavravoral na své lávce.

Jen klid, kamaráde, já ti půjčím, sděloval mu mimikou. Jen co ženský vypadnou. Kazda horlivě kýval. Pak oba krčili rameny. Jo, to je holt úděl. Chlapi se dohodnou, ale se ženskejma to prostě nejde, ty si to svoje dílo neodpustěj.

Zavřel okno a vrátil se k elpapíru. Helebrantová zavřela dveře a vešla do kuchyně.

„O nic se nepostaráš. Všechno musím já sama.“

„Mohla jsi půjčit. My máme,“ bručel muž.

„Že máme? Protože se starám! Jinak bysme neměli.“

Založila si pěsti do boku a chvilku ho nevraživě pozorovala. „Beze mě by to tu všechno spadlo. A ty vstaň od toho svýho fotbalu a namaž osu od větrníku. Nějak vrže a nenatáčí se a jede na třicet procent!“

„No jo, už jdu,“ řekl Helebrant.

V garáži našel olejníčku a pod bundu schoval ulitou kapsli s padesáti kilowatty. Podstrčí ji Kazdovi, až ta jeho megera vypadne se psem.

Helebrantová si sedla k elpapíru a poručila si Hollywoodské okénko. Napadlo ji, že Helebrant v garáži štrachá moc dlouho. Musím ho jít zkontrolovat.

Holt, to je úděl, pomyslela si. Bez ženský chlap dočista zvlčí. Ještě že se starám.

V roce 2050 je možné elektřinu skladovat na neomezenou dobu, lidé si ji vyrábějí dílem sami, dílem ji fasují v rámci sociální podpory. Jinak vše zůstává při starém.

