

Zelená horečka

**Vítězové a poražení
elektrické
budoucnosti**

Klimax

Host

**Henry
Sanderson**

Zelená horečka

**Vítězové a poražení
elektrické budoucnosti**

Klimax

**Brno
2024**

**Henry
Sanderson**

Přeložil Marek Sečkař

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice
2019/790/EU je bez souhlasu nositele práv zakázána.

© Henry Sanderson, 2022

This translation of Volt Rush: The Winners and Losers
in the Race to Go Green is published by arrangement
with Oneworld Publications

Translation © Marek Sečkař, 2024

Czech edition © Host — vydavatelství, s. r. o., 2024
(elektronické vydání)



ISBN 978-80-275-2221-7 (PDF)

ISBN 978-80-275-2222-4 (ePUB)

ISBN 978-80-275-2223-1 (MobiPocket)

Claudii a Jamiemu

Obsah

Úvod	11
1. Doba bateriová	17
2. Zmařené naděje: Komplikovaná historie elektromobilu	21
3. Průlom: Lithium-iontová revoluce	33
4. Čínský bateriový král	45
5. Čínská lithiová horečka	61
6. Poklad pohřbený v Chile	87
7. Potíže s kobaltem	107
8. Vzestup kobaltového obra	115
9. Krvavý kobalt	145
10. Špinavý nikl	177
11. Magnát zelené mědi	197
12. Poslední hranice: Těžba v mořských hlubinách	217
13. Reduce, Reuse, Recycle: Uzavřený kruh	239
14. Nejzelenější baterie na světě	251
15. Znovuzrození cornwallského hornictví	263
Závěr	279
 Poděkování	 283
Poznámky	287
Rejstřík	309

Úvod

*„Výrobu baterií musíme zvýšit na tak šílenou úroveň,
že si to lidé dnes ani nedovedou představit.“*

ELON MUSK, VÝKONNÝ ŘEDITEL TESLY¹

V půli roku 2020, zrovna v době, kdy svět strnul v lockdownu, jsme se rozhodli, že si koupíme elektrické auto. Našemu synovi bylo sedm měsíců a já začal vážně přemýšlet o jeho budoucnosti. Uvažoval jsem, zda je svět schopen jednat dost rychle, aby zmírnil nebezpečí klimatické změny. Akcie Tesly stoupaly k nebesům a společnosti nechybělo mnoho k tomu, aby se stala nejhodnotnější automobilkou na světě, přestože zatím produkovala jen zlomek z jedenácti milionů aut, která dokáže do světa za rok vypustit Toyota. Elektromobil Tesla Model 3 se v dubnu stal v Británii nejprodávanějším vozem a naši přátelé už měli jasno. Věděl jsem, že ani my nemůžeme čekat a že budoucnost našeho syna bude záviset na rozhodnutích, která učiníme právě teď. Pandemie sice zastavila globální ekonomickou aktivitu, ale situace i tak vypadala neradostně. V důsledku vlny veder na Sibiři se globální teploty vyšplhaly na druhé nejvyšší místo v historii. Všeobecně známé dopady změny klimatu vyplývající z naší spotřeby fosilních paliv si rozhodně nedaly přestávku. A tak jsem nabídl naše staré dvoudveřové benzinové auto na prodej a začal se ohlížet po elektrice na leasing. Google mě informoval, že jeden z často zadávaných dotazů zní: „Budou auta na benzin bezcenná?“

Elektromobily se staly etickou spotřebitelskou volbou. Byla to svůdná představa: můžeme změnit svět jen tím, že lehce upravíme svůj stávající životní styl, přičemž míra oběti bude zcela nepatrná. Investovat raději do zeleného fondu než do fondu

indexového; místo auta na benzin si koupit elektrické. Na BBC jsem se dověděl, že způsob, „jak cestuji do práce nebo i jak běhám po obchodech, obnáší rovněž jedno z největších každodenních klimatických rozhodnutí, jakým čelíme“.² Leasingová společnost, jejíchž služeb jsem využil, nabízela svět, kde auta „jdou ruku v ruce s životním prostředím“. Představoval jsem si, jak budu v budoucnosti své auto nabíjet, a uvažoval o tom, jak začneme vnímat auta na benzin. Bude ježdění takovým autem jednoho dne působit jako akt bezohledného vandalizmu, jako zcela asociální provokace?

Sedm let jsem strávil v Pekingu. Bylo to v samém závěru třicetiletého čínského automobilového boomu a dosud jsem si moc dobře pamatoval na to, jak se tam tenkrát žilo: suché škrábání v hrdle, vlastní horký dech pod rouškou (dávno před covidem) a tísnivý pocit v hrudníku. Vzpomínám si, jak jsem trčel na obřích dálničních obchvatech a rudá koncová světla aut přede mnou se ztrácela v soumraku barvy špinavé břčky; měl jsem pocit, že z toho více než dvacetimilionového města nikdy neuniknu. Byly chvíle, kdy Peking připomínal výjev ze soudného dne planety. Čínská poptávka po autech působila jako nezadržitelný parní válec — puzení neustále konzumovat, jež pozře celá města, takže nakonec budeme muset stavět nová města jenom pro auta.

Růst, jímž během mého života prošel čínský automobilový trh, je alarmující. Chceme-li změnu klimatu nějak významně ovlivnit, musíme rychle rozšířit naši flotilu elektrických aut. V současnosti jezdí po celém světě asi deset milionů elektromobilů, což není ani dvojnásobek počtu aut v Pekingu a představuje to pouhé jedno procento celkového množství aut na světě. Po celém světě jezdí dnes více než jedna miliarda aut. Také autobusy a nákladní vozy budeme muset nahradit jejich elektrickými verzemi, a k tomu ještě lodě, trajekty, a dokonce i letadla.

K tomu všemu budeme potřebovat baterie v množství, jaké jsme si ještě před pár lety ani nedovedli představit. Zakladatel Tesly, jihoafrický rodák Elon Musk, vybudoval v nevadské poušti obří továrnu na baterie, Gigafactory, v níž vyrábí články pro vlastní elektromobily a rovněž na ukládání energie z obnovitelných zdrojů. Nebyl však sám: v Číně v roce 2020 vznikaly nové továrny týden co týden.

Jako novinář ve službách deníku *Financial Times* jsem se zabýval problematikou surovin, které jsou pro výrobu elektrických aut nezbytné: patří mezi ně lithium, kobalt, nikl a měď, a k tomu ještě hliník a ocel. Čím víc jsem zkoumal dodavatelský řetězec a osoby, které s těmito kovy obchodují, tím víc mi docházelo, jaký posun v ekonomické moci přechod na elektromobilitu způsobí. Musk se svou Teslou na sebe sice poutal veškerou pozornost médií, všude kolem něj se ale rozprostíral stínový svět miliardářů, kteří byli rovněž rozhodnutí zbohatnout. Začínala skutečná zlatá horečka.

V Demokratické republice Kongo jsem sledoval, jak u malé zelenobilé letištní budovy v hornickém městě Kolwezi přistávají soukromé tryskáče, zatímco všude kolem děti i celé rodiny ručně dobývají ze země kobalt; v Chile jsem ve spalujícím žáru pouště Atacama hleděl na obří nádrže o velikosti Manhattanu, v nichž se odpařováním extrahuje lithium; a v Číně jsem jezdil do továren na výrobu baterií a zpracování lithia, které pracují dvacet čtyři hodin denně, fungují na elektřinu vyrobenou spalováním uhlí a stojí hned vedle polí, po nichž se volně procházejí buvoli. Tohle všechno bylo součástí dodavatelského řetězce elektromobilů. Řada společností dokonce plánovala, že budou tyto minerály dobývat z mořských hlubin, čímž otvíraly těžebnímu průmyslu jeden z posledních zbytků neprobádané divočiny.

Kovy a minerály nám denně umožňují nabíjet iPhony a přepravovat elektřinu z místa na místo. Digitální technologie v nás

vzbuzují dojem, že žijeme v éterické ekonomice zcela odpoutané od hmotného světa. Ve skutečnosti ale těžíme více minerálů než kdykoli v dějinách a tato závislost bude v budoucnu jen narůstat.* Navzdory řečem o umělé inteligenci, o „internetu věcí“ a o tom, že nás v bezprostřední budoucnosti ovládnou roboti, se naše společnosti v mnoha ohledech nevymanily z praktik minulosti, kdy poptávka po ropě vedla Evropany k tomu, aby si rozparcelovali Blízký východ.

Důsledky přechodu nebudou pouze ekonomické, ale také environmentální. Těžba a zpracování těchto minerálů vyžaduje velké množství energie a znečišťuje místní ekosystémy. Tento fakt se v debatách o přechodu na obnovitelnou energii a elektromobily často vůbec nezmiňuje. Každý výrobek, který použijeme, však přispívá ke globálním emisím, jak těžbou surovin, tak výrobou. Odhaduje se, že těžební průmysl produkuje zhruba deset procent globálních emisí uhlíku. A je to průmysl, bez něhož se neobejdeme: abychom mohli vyrobit ocel, potřebujeme uhlí, a abychom mohli vyrobit baterie, potřebujeme lithium, nejjednodušší kov na světě, který vykazuje nejvyšší elektrochemický potenciál. Revoluce elektromobility je ve své podstatě zelená, ale v procesu jejího uskutečnění budeme muset přijmout řadu rozhodnutí, která ovlivní jak životní prostředí, tak globální dynamiku moci.

Zvěstovatelé zelené energie se většinou domnívají, že budoucnost bez fosilních paliv se obejde rovněž bez konfliktů. Známý aktivista Bill McKibben napsal, že „kdyby svět jel na slunce, nepral by se o ropu“.³ Tuto myšlenku zopakoval tvůrce iPodu Tony Fadell, který pro časopis *Wired* prohlásil: „Pokud budeme mít velmi levné a vysoce účinné technologie pro ukládání ener-

* Analytici americké makléřské firmy Bernstein vypočítali, že na každé jedno procento růstu HDP je potřeba množství vytěžených surovin zvýšit o dvě procenta.

gie, povede to k tomu, že zmizí války, protože nikdo už nebude bojovat o ropné rezervy.“⁴ Poptávka po surovinách potřebných k vybudování infrastruktury čisté energie má však stejný geopolitický rozměr, jako měla dříve poptávka po ropě. Země schopné zajistit si místo v nových dodavatelských řetězcích čisté energie na tom vydělají, zatímco ty ostatní budou trpět.

Přechod na čistou energii již nyní zvýšil geopolitické napětí mezi Západem a Čínou. V minulém desetiletí získala Čína dominantní postavení jak v čistých energetických technologiích, jako jsou baterie a solární panely, tak i v dodavatelských řetězcích surovin, na nichž tyto technologie stojí. Řada těchto materiálů sice není v zemské kůře nijak vzácná, ale do použitelné podoby se většinou zpracovávají v Číně. Je pravděpodobné, že lithium a kobalt v mém autě pocházejí z Austrálie a z Konga, ale zpracovány byly v Číně a baterii z nich vyrobila čínská společnost.* Elektrinu patrně vygenerovaly solární panely z polykrystalického křemíku, které vyrobila čínská společnost s pomocí energie z uhelných elektráren v provincii Sin-ťiang. A měď byla téměř určitě rafinována v některé ze stovek čínských hutí. Bez Číny se k zelené, bateriemi poháněné budoucnosti neposuneme. Směřujeme sice k větší energetické nezávislosti, tyto dodavatelské řetězce však zůstávají naší největší slabinou.

Kniha, kterou máte v rukou, vypráví příběh těchto dodavatelských řetězců a osob, jež za nimi stojí. V příběhu vystupují některé z nejtajuplnějších světových společností pohybujících se v byznysu s přírodním bohatstvím; soukromé čínské společnosti skupující doly v Chile, Austrálii a Indonésii; a také největší automobilky na světě jako Tesla a Volkswagen. Doufám, že

* Odkazy na „Kongo“ v období po roce 1964 se v této knize vztahují na Demokratickou republiku Kongo (Kongo-Kinshasa), nikoli na Kongo-Brazaville.

tato kniha vybaví čtenáře k tomu, aby v problematice našeho odchodu od fosilních paliv kladl správné otázky. Zdroje, které potřebujeme, jsou pohřbeny v zemské kůře; jaké environmentální a společenské náklady jsme tedy ochotni nést, abychom je vytěžili? Nebudeme-li toto téma pečlivě zkoumat, všechno zlo zůstane skryto pod závojem korporátního „greenwashingu“, jehož se dopouštějí společnosti po celé délce dodavatelského řetězce. Stojíme dnes na prahu revoluce elektromobility, což znamená, že jako spotřebitelé máme jedinečnou příležitost dotlačit společnosti k tomu, aby udělaly, co se patří, a všechny tyto neblahé jevy vyřešily. Vůči zeleným technologiím bychom se neměli stavět nepřátelsky, ale ani bychom neměli být naivní. Věk ropy zanechal na tváři dvacátého století hlubokou jizvu. Musíme udělat všechno pro to, aby si průmysl naší zelené budoucnosti počínal lépe.

1. Doba bateriová

„Melanž musí téct. Nová melanž.“

ELON MUSK, VÝKONNÝ ŘEDITEL TESLY¹

Koncem září 2020 vystoupil Elon Musk na pódium a v září jasného kalifornského slunce promluvil k parkovišti zaplněnému vozy Tesla, jež se sjely na výroční setkání akcionářů společnosti ve Fremontu. Musk tuto událost, přezdívanou „Battery Day“, celé měsíce intenzivně propagoval (sliboval, že to bude „insane“). Kvůli covidu-19 seděli účastníci za volanty nablýskaných vozů Model 3 a Model Y a na tvářích měli roušky. Pozdravili Muska disonantním troubením klaksonů, jako kdyby to byli zoufalí řidiči, kteří cestou do práce uvízli v dopravní zácpě. „Tohle je skutečně nový přístup. Máme zde vlastně teslácké autokino,“ prohlásil Musk.² Účastníci měli všechny důvody ke spokojenosti. Akcie Tesly během pandemie prudce stoupaly a dělaly z ní nejhodnotnější akciovou společnost na světě, přestože se na globálním trhu s automobily podílela pouze jedním procentem. Při současné valuaci měl každý z automobilů Tesla, v nichž seděli, hodnotu zhruba jeden milion dolarů. To byl pozoruhodný obrat ve srovnání se situací před pouhými několika lety, kdy se Tesla ocitla na pokraji bankrotu, a ať dělala co dělala, produkci elektromobilu Model 3 se jí nedařilo zvyšovat. Tesla, jež zahájila existenci jako agilní startup ze Silicon Valley vyrábějící vozy pro boháče, se nyní stala skutečnou automobilkou. Dosáhla úspěchu na jednom z nejvražednějších trhů na světě, jenž je trvale postižen extrémně nízkými maržemi. Podařilo se jí vyběhnout z bezvýchodné situace, v níž elektromobily už více než století vězely, a vyvinout produkt, který si lidé skutečně chtěli koupit. A vedle toho si vytvořila i zástup

oddaných fanoušků, kteří Muskovi doslova viseli na rtech a o svých teslách bez zábran tweetovali.

Battery Day znamenal další krok v Muskově životní misi (jejíž součástí je i kolonizace Marsu). Vykračoval si po pódiu v černém tričku, v ruce svíral mikrofon a vysvětloval plán Tesly snížit cenu baterie na polovinu a vyrábět elektromobil pro masový trh za dvacet pět tisíc dolarů. Tú! Tú! Navzdory všemu humbuku a nadšení byl elektromobil dosud příliš drahý na to, aby mohl soupeřit s benzinem. Byla to ambice připomínající počín z doby před více než sto lety, kdy Henry Ford vypustil na trh svůj Model T: nabídl auto, které si mohl dovolit i prostý dělník, čímž zvěstoval příchod motoristického věku. Auta byla až dosud luxusní záležitost, ale Ford byl pevně rozhodnutý, že jejich cenu stlačí pod úroveň průměrné roční mzdy. A zrovna tak jako Ford za tím účelem zavedl pohyblivou montážní linku, Musk potřeboval rozšířit výrobu baterií. Tesla bude muset do roku 2030 zvýšit výrobu baterií stonásobně — dost na to, aby mohla vyrábět zhruba dvacet milionů aut ročně, prohlásil.

A to byla jenom Tesla. V době, kdy probíhal Battery Day, se všechny velké automobilky na světě — od General Motors až po Volkswagen — už zavázaly, že přejdou na elektřinu. A více než dvacet zemí také oznámilo, že v budoucnu úplně zakážou prodej benzinových a dieselových vozidel.

Potom Musk vypustil bombu. Tesla získala práva na čtyřtisícihektarový pozemek v Nevadě, kde má v plánu těžit lithium, kov, který je klíčovou ingrediencí při výrobě každé baterie pro elektromobil. A bude přitom používat obyčejnou kuchyňskou sůl. V USA je dost lithia na to, abychom mohli elektrifikovat celý americký vozový park, pravil Musk. „Vezmeme ze země hroudu hlíny, vybereme z ní lithium a pak tu hroudu hlíny dáme zpátky tam, kde byla. Bude to vypadat skoro stejně jako předtím. Nebude to vypadat nijak hrozně. Bude to krásné,“ vysvětloval.

„Na zemi je toho zatracenýho lithia taková spousta, že by se jeden zbláznil.“³

Aby však byla Tesla schopna dosáhnout svých cílů, musela by mít k dispozici až čtyřnásobek stávající světové produkce lithia. Mezinárodní agentura pro energii předpověděla, že poptávka po lithiu stoupne do roku 2030 třicetkrát a do roku 2050 více než stokrát. USA skoro žádné lithium, kobalt ani nikl neprodukovaly a disponovaly jen malou částí objemu mědi potřebného pro vybudování nabíjecích stanic a elektrické sítě. Totéž platilo o Evropě.

Pokud šlo o Muskův lithiový projekt, nedalo se očekávat, že by z něj vzešly nějaké kovy v dohledné budoucnosti. Svými slovy však chtěl pobídnout k činu spící těžební průmysl. Připomínalo to věty, které o sto let dříve pronášel Fordův hlavní pobočník Charles Sorensen: „Kdyby nám druzí neposkytli dost oceli pro naše potřeby, vyrobili bychom si ji sami. Nic jiného v tom nebylo.“⁴

Mezitím se však Musk musel spolehnout na zelené barony — společnosti, jež kontrolovaly nově se formující dodavatelský řetězec čisté energie. O sto let dříve zajistil Fordův Model T bohatství prvním firmám provozujícím ropné vrty a rafinerie, což vedlo ke vzniku globálního ropného průmyslu a obřích mezinárodních společností. Nyní Musk spouštěl podobnou surovinovou horečku. „Melanž musí téct... nová melanž,“ prohlásil Musk. Odkazoval tím na sci-fi román *Duna* z roku 1965, kde se líčí boj o kontrolu nad planetou produkující koření potřebné pro mezihvězdné lety a prodloužení života. Tím kořením byla nyní malá skupinka kovů — lithium, kobalt, měď a nikl.

Tak začala doba bateriová.

2. Zmařené naděje: Komplikovaná historie elektromobilu

„Řešením je elektřina. Nevřčí to, neskřípou tam žádné ozubené převody, nejsou tam všechny ty páky, ve kterých se ani nevyznáte. Neslyšíte to skoro až děsivé nejisté tepání a hrčení mocného spalovacího motoru. Není tam žádný oběh vody, který by mohl selhat, není tam žádný nebezpečný páchnoucí benzin a žádný hluk.“

THOMAS EDISON¹

„Doufám, že do roka začneme s výrobou elektrického automobilu. Nerad mluvím o věcech, na které dojde až za rok, nyní jsem ale ochoten sdělit vám něco o svých plánech.

Skutečnost je taková, že s panem Edisonem už pár let pracujeme na elektrickém automobilu, který by byl levný a praktický. Montovaly se zkušební prototypy a dnes už nemáme pochybnosti, že tato cesta povede k úspěchu. Až dosud spočíval problém v tom, jak vyrobit lehkou úložnou baterii, která by bez dobíjení vydržela na dlouhou vzdálenost. Pan Edison s takovou baterií už nějakou dobu experimentuje.“

HENRY FORD²

Náš elektromobil jsem si jel vyzvednout jasného a chladného prosincového dne, hned poté, co v Británii skončil druhý lockdown. Silnice byly rušné a byla z nich cítit první příchut svobody — krátké uvolnění před Vánocemi. Vlastnictví auta

poskytovalo bezpečný způsob, jak se za pandemii dostat z domu, a odstraňovalo nutnost přicházet do styku s lidmi z jiných domácností. Napadlo mě, že se automobil vrátil ke svému původnímu příslibu — umožňoval vydat se, kamkoli chceš a kdykoli se ti zlíbí. Byl to koncept, který vystihoval americkou kulturu a nakonec definoval celý západní svět. Já sám jsem s tím konceptem vyrůstal. Elektromobil nyní sliboval všechny výhody, které auto obnášelo, ale bez pocitu viny, který se v poslední době začal s vlastnictvím vozu pojít. Změny, jimiž prošel britský energetický mix, a tudíž i původ energie, která měla pohánět můj vůz, byly skutečně pozoruhodné. Podíl uhlí v britském energetickém mixu spadl ze čtyřiceti procent v roce 2013 na pouhá dvě procenta. A byly i dny, mnoho dní, kdy to byla nula. Spalovali jsme méně uhlí než v roce 1882, kdy byla postavena vůbec první uhelná elektrárna. Mé auto bude napájeno energií z větru a slunce. Byla to lákavá představa — vidina, že budu jezdit na energii z obnovitelných zdrojů.

Než jsem se svého auta na benzin zbavil, vzal jsem je na prohlídku do servisu v jedné úzké uličce ve východním Londýně, kterému vládl energický a podnikavý Jak. Otevřel kapotu a podíval se na motor. Vynechávají válce, oznámil mi. Zíral jsem na motor, jako by to bylo nějaké exotické zvíře na pokraji vyhynutí. Obklopoval nás řev a dobře známý pach motorů. Jak strávil celý život opravováním motorů a bylo jasné, že je miluje. „Motory jsou vlastně úplně jednoduché, když jim rozumíte,“ prohlásil. Zeptal jsem se ho na elektromobily a on si povzddechl: „Elektrická auta jsou OK, ale budou mít i nevýhody,“ řekl. „Trápí je dětské nemoci.“

Pravdu jsem měl brzy zjistit. Na cestě pro Teslu mě doprovodil můj otec, jehož celý život proběhl ve znamení ropy. Narodil se v iráckém Kirkúku, kde můj dědeček řadu let pracoval pro Iraq Petroleum Company — konsorcium čtyř největších

světových ropných společností. Zůstal tam i po revoluci v roce 1958, kdy iráčtí důstojníci svrhli krále, který se těšil podpoře Západu. Byla to doba, kdy globálním ropným trhům dominovaly západní ropné společnosti, jež si Blízký východ rozdělily mezi sebou. Jejich snahy vedly k rychlému růstu automobilové kultury v Evropě a v Americe. I já jsem stejně jako můj otec vyrostl v éře automobilu — celková vzdálenost ujetá v autech i množství vlastněných aut ve druhé polovině dvacátého století prudce rostly. Jak v roce 2001 poznamenali výzkumníci z MIT, byl to „zlatý věk“ mobility.³

Dorazili jsme do Thorpe Parku, místa, kam jsem jako dítě často jezdíval kvůli velkolepé vodní skluzavce. Nyní byl však zábavní park dočasně mimo provoz a místo něj tam svůj stánek rozložila Tesla. V zimním slunci se třpytily celé řady zářivých Tesel dovezených z Kalifornie. Před kanceláří jsme vystáli frontu na klíčky, což — jak se ukázalo — byly dvě černé klíčové karty. Muž za přepážkou mě informoval, že jakmile vyjedeme z parkoviště, software vozu přestane na chvíli pracovat, ale nemáme si prý dělat starosti, klidně můžeme řídit dál. Z jeho tváře jsem vyčetl, že jakékoli další otázky jsou zbytečné. Pokynul k parkovišti a řekl mi, že můžu vyrazit. Nikdo nás k autu nedoprovodil a neřekl nám, jak funguje. „Děkujeme vám, že urychlujete přechod na ekologickou energii,“ psalo se na letáku. S otcem jsme se znovu ocitli na chladném vzduchu. Vyhledali jsme naše auto a s jistými obavami nastoupili. Musel jsem oskenovat QR kód a chvíli jsem se potýkal s velkým dotykovým displejem, který hned začal zjišťovat, zda je k dispozici update softwaru. Zastavil jsem mladíka, který procházel kolem, a požádal ho o pomoc. Zeptal jsem se ho, kde je zadní stěrač, a on se rozesmál. „Tesly nic takového nemají,“ řekl mi.

A potom jsme se rozjeli, potichoučku, jako kdyby tomu něco chybělo. Zkrátka se to dalo do pohybu! Klouzal jsem po

vozovce nehlučně jako větroň. Byl jsem natolik zvyklý na přítomnost spalovacího motoru, na jeho vrčení a vibrace, že mi zprvu připadalo, jako bych o cosi zásadního přišel. Nebyl tam žádný motor, který by auto zahřál a jehož teplem by se roztekla námraza. Místo toho zněl jen ženský hlas, který mě vedl po každé odbočce na kruhovém objezdu, zatímco jsem skroloval na velkém displeji a hledal nějakou rozhlasovou stanici. Chvilí jsem měl pocit, jako bych seděl v obřím golfovém vozíku. Jakmile jsem ale najel na dálnici, tyto myšlenky mě brzy opustily, neboť auto akcelerovalo až děsivě rychle. Uvědomil jsem si, že americký vynálezce Edison měl pravdu: elektřina je skutečně řešení. Už v roce 1909 řekl Edison příteli u oběda: „Z těch spalovacích motorů se mi dělá zle, jenom na to pomyslim — je to takové plýtvání.“⁴

Kvůli softwaru, kterým je Tesla vybavena, začali mnozí truchlit nad soumrakem automobilového věku. Spisovatel Matthew Crawford říká, že auta, především ta autonomní neboli samočinně řízená, nebudou nic víc než počítače na kolech. Manažeři ze Silicon Valley „chtějí mít všechno zabezpečené proti pitomcům a dosahují toho tak, že z nás ze všech dělají pitomce“.⁵ Bruce McCall, někdejší reklamní manažer pracující v automobilovém průmyslu, publikoval podobný žalozpěv v časopisu *New Yorker*, kde prohlásil, že měl to štěstí, že si užil „romantiku řízení v jeho zlatém věku“.⁶ „Moje generace byla dost možná poslední generací nadšených automobilistů,“ napsal. „Od doby, kdy jsem vymýšlel reklamy na auta, se automobily vyvinuly v emočně neutrální velké spotřebiče, jež mezi sebou soupeří spíše v oblasti zábavy než v oblasti výkonu a riziko omezují technologickými vychytávkami, které nahrazují potřebu rozhodovat se. Je to dobré pro bezpečnost a bezpochyby je to progresivní — ale vede to k budoucnosti, v níž budeme všichni jen pasažéři v automatických samočinně řízených blobech.“

Podle mě však tito autoři opomenuli jednu zásadní věc: význam elektromobilu nespočívá v elektronice nebo v softwaru, jakkoli to všechno působí luxusně. Tou úžasnou novinkou je baterie — tisíce článků v aluminiové schránce na spodní straně vozu. Právě inovace v oblasti baterií učinily elektromobil možným. Znamenalo to, že nejen nějaký do techniky zažraný miliardář, ale i člověk jako já může přejít na elektřinu a vydat se bez obav na čtyři sta kilometrů dlouhou cestu. Znamenalo to těžce vydobyté vítězství nad motorem s vnitřním spalováním.



V létě roku 1896 měl Thomas Edison na kontě první použitelnou žárovku a fonograf a říkalo se mu „kouzelník z Menlo Parku“. Vypadalo to, jako by se mu vynálezy denně hrnuly z hlavy bez jakéhokoli omezení. V době, kdy mu bylo jen něco přes čtyřicet, si během jediného dne poznamenal sto dvanáct nápadů na nejrůznější možné vychytávky, mezi nimiž byl stroj na sběr bavlny, elektrický klavír a také „inkoust pro nevidomé“.

Oproti tomu Henry Ford byl tehdy jen neznámý inženýr z Michigany zaměstnaný u detroitské společnosti Edison Illuminating Company, jež byla součástí Edisonova elektrického impéria a starala se o parní stroje vyrábějící elektřinu. Ve volném čase pracoval Ford v dílně u svého domu na svém prvním benzinovém autě zvaném „Quadricycle“ (čtyřkolka). Když však jednoho deštivého rána v červnu roku 1896 vyrazil se svým prototypem do ulic, nedostalo se mu příliš vřelého přijetí. Vozidlo mělo dvouválcový motor o výkonu čtyř koňských sil umístěný pod sedátkem a místo volantu jakousi kormidelní páku. Když ale projížděl se svým čtyřkolovým motorovým vozem ulicemi Detroitu, lidé byli naštvaní, „neboť to dělalo strašný randál a plašilo to koně. Také to blokovalo dopravu“.⁷

Ford Edisona zbožňoval a na konferenci, která se toho léta konala v Oriental Hotelu v Manhattan Beach v Brooklynu, se mu podařilo pořídit několik snímků velikána, jak podřimuje na hotelové verandě. Na konferenci se sešli elektrotechnici a manažeři ze všech Edisonových elektrických společností po celých Spojených státech. Dvanáctého srpna, třetího dne konference, se na Forda usmálo štěstí, když se dostal na recepci, jíž se účastnili někteří z předních hráčů amerického elektrického průmyslu. Edison tam byl jako čestný host. Delegáti debatovali o elektromobilech a bateriích, ale potom, když konverzace na chvíli utichla, Fordův šéf z Detroitu oznámil, že „zde tento mladík postavil auto na benzin“.⁸ Nálada v místnosti se zřejmě změnila — byla to přece jen konference věnovaná elektřině. Někdo u stolu se Forda zeptal na další podrobnosti, načež Ford začal vysvětlovat princip své benzinové čtyřkolky, jejíž konstrukce mu zabrala tři roky. Edison byl trochu nahluchlý a příliš Fordovi nerozuměl, a tak si k němu Ford přisedl. Edison kladl další a další otázky a Ford mu na zadní stranu jídelního lístku načrtl detaily. Když skončil, Edison praštil pěstí do stolu a prohlásil, že se vydal správným směrem a musí pokračovat. Takové povzbuzení znamenalo pro mladého Forda víc než celý svět; následujícího dne ho Edison pozval, aby se s ním vrátil do města stejným vlakem. Ford odjel do Detroitu plný nadšení a odhodlaný pustit se do výroby druhého modelu svého vozu.

Přestože Edison Forda povzbuzoval, zůstával nadále přesvědčený, že větší potenciál skýtají vozy elektrické. Už v roce 1895 postavil elektrickou tříkolku.⁹ Zjistil však, že baterie nemají dostatečnou kapacitu. Stávající olověné akumulátory považoval Edison za „lacinou návnadu, humbuk, podfuk ze strany výrobců“.¹⁰ V roce 1900 však už nedokázal odolat pokušení a pokusil se vymyslet vlastní, lepší baterii. V květnu toho roku, na prahu optimistického nového století, stál na západním ná-

břeží Manhattanu a čekal na trajekt do Jersey City. Ulice byly plné koňských povozů a vzduch čpěl močí a hnojem. Celé dvě hodiny tam Edison stál a zapisoval si do deníčku nápady:

Omezená nákladová kapacita. Ucpané ulice. Výsledek — rozklad a s ním spojené výlohy...

Řešení: Elektrinou poháněné nákladní vozy zabírající poloviční prostor na ulici, dvojnásobná rychlost, dvojnásobná nebo trojnásobná přepravní kapacita... Nezbytný vývoj: Pojezdové ústrojí — snadné. Motor — snadné. Řízení — snadné. Baterie — (?)“

Ten otazník symbolizoval počátek Edisonova úsilí o vynalezení lepší baterie, projektu, jemuž věnoval následujících devět let. Mělo to být jedno z nejobtížnějších období jeho kariéry, během něhož utrpěl celou řadu nezdarů. Edison věřil, že vývoj baterie je jen otázkou nalezení správných materiálů. Dominantní technologií pro uchovávání elektřiny byly v té době olověné akumulátory, jež v roce 1859 vynalezl Francouz Gaston Planté, ty však byly příliš velké a neskladné a unikala z nich kyselina sírová, která sloužila jako elektrolyt. Edison si představoval stejné vlastnosti, jako jsou ty, o něž vývojáři usilují i dnes: chtěl baterii, do níž by bylo možné uložit v poměru k hmotnosti velké množství energie, baterii, která by vydržela mnohonásobné opětovné vybití a nabití a kterou by bylo možné převážet za jakýchkoli podmínek. „Kdyby chtěla příroda dávat do baterií pro pohon vozidel olovo,“ prohlásil Edison se svým typickým optimismem, „nestvořila by ho tak těžké.“¹²

Edison se do toho úkolu pustil v pravou chvíli. Na přelomu století se v automobilovém průmyslu stále ještě mohl prosadit takřka kdokoli. Reklamy na automobily v novinách inzerovaly směsici parních, benzinových i elektrických vozidel, která mezi

sebou soupeřila o zájem ze strany spotřebitelů. Byly zde vozy jako Perry Louis Electric, Columbia Electric Runabout a Riker Electric Tricycle. Byla to doba objevů a vynálezů a dalo se očekávat, že rovněž technologie baterií brzy pokročí, aby mohla potřeby „kočáru bez koní“ uspokojit. Auta na benzin neměla žádné zjevné výhody: byla hlučná, vypouštěla páchnoucí dým a musela se startovat těžkou klikou, která vám v případě zpětného nárazu mohla klidně zlomit ruku. Parní vozy byly sice výkonné, ale musela se do nich pravidelně dolévat voda. Zdálo se, že nejlepší volbou jsou vozy elektrické, přinejmenším na meziměstské cesty: byly jednodušší a nevyžadovaly žádné řazení.

A skutečně, v roce 1900 představovala benzinová auta pouze dvacet dva procent celkového počtu vozidel v USA, zatímco elektrická třicet osm procent a parní dokonce čtyřicet procent.¹³ Roku 1887 byla v Richmondu ve Virginii zavedena elektrická tramvajová síť a elektrické tramvaje začaly ve veřejné dopravě nahrazovat tramvaje tažené koňmi. Řada společností v New Yorku také poskytovala elektrickou taxislužbu. Společnost Electric Vehicle Company nabízela v New Yorku a okolí v letech 1897–1907 k pronajmutí elektrické vozy a stala se největším výrobcem vozidel a největším vlastníkem a provozovatelem motorových vozidel v USA.¹⁴ Měla v plánu vytvořit celostátní flotilu elektrických taxíků a poskytovat mobilitu jako službu, tedy koncept podobný tomu, jaký dnes využívá Uber.

Edison investoval do akumulátoru veškerou svoji neuvěřitelnou pracovní etiku. Usiloval o baterii, která by měla ve srovnání se soudobými olověnými akumulátory trojnásobnou energetickou hustotu. Začátkem roku 1901 už měl k dispozici více než stočlenný tým, který mu s vývojem nové baterie pomáhal. V květnu, na výročním setkání Amerického institutu elektroinženýrů, byla baterie oficiálně představena světu. Edison nejprve experimentoval s kadmíem a nakonec se rozhodl, že kladnou

elektrodu vyrobí z niklu, zápornou ze železa a jako elektrolyt mu poslouží hydroxid draselný. Edison použil v kladné elektrodě také drobné vločky grafitu — jež měly o řadu desetiletí později posloužit jako klíč k lithium-iontové baterii — smíchané s hydrátem niklu. Tisk byl nadšením bez sebe a považoval novinku za stejně přelomovou, jako byl kterýkoli jiný Edisonův vynález. „Edisonův nejnovější úspěch je patrně předurčen k tomu, aby přinesl stejné změny, jako tomu bylo v případě elektrického světla,“ napsaly noviny *Rochester Democrat and Chronicle*.¹⁵ V roce 1903, tedy ve stejném roce, kdy Ford založil svoji automobilku, se Edison před jistým reportérem vychloubal, že postaví elektrický vůz, který „v dlouhodobém výhledu porazí jakýkoli benzinový stroj, anebo s ním přinejmenším bude držet krok“.¹⁶

Zdálo se, že je scéna připravena na revoluci v oblasti baterií. *New York Times* napsaly, že „Edisonova baterie projde zřejmě rychlým vývojem a povede k často předvídanému a nesmírně žádoucímu vykazání koní z městských ulic“.¹⁷ Při dojezdu téměř sto mil měl být nový elektrický vůz díky rostoucímu množství dobíjecích stanic po celé zemi vhodný pro venkov stejně jako pro města, předvídal list. Edison souhlasil. „Ano, nová baterie vyřeší koně — ne najednou, ale postupně,“ prohlásil. „Cena automobilů klesne.“¹⁸ Edison i tisk však poněkud předbíhali. Pravda byla taková, že navzdory spoustě testů, kterým ji Edison podrobil, nebyla baterie dosud připravena. Mikroskopickými póry z ní unikal elektrolyt a články rychle ztrácely kapacitu. Zákazníci si brzy začali stěžovat. Edison byl nucen přistoupit k bolestnému rozhodnutí: všechny baterie na trhu na vlastní náklady stáhl z prodeje, zastavil výrobu a začal znovu od začátku.

Vrátil se do laboratoře, kde řídil dva týmy, které pracovaly dvacet čtyři hodin denně a snažily se problémy vyřešit. Trvalo to až do roku 1909, než Edison baterii zdokonalil — výsledkem

byl robustní niklový akumulátor A-12 v ocelovém pouzdře se dvěma vyčnívajícími tyčemi na kladnou a zápornou elektrodu. „Konečně je baterie hotová,“ napsal si Edison v létě toho roku.¹⁹ Do toho podniku vložil více než milion dolarů ze svých vlastních peněz.

Avšak zpoždění, s nímž se zdokonalená baterie dostala na trh, se ukázalo jako osudové. V letech, jež Edison strávil vylepšováním své baterie, šel motor s vnitřním spalováním od úspěchu k úspěchu a neustále zvyšoval latku, s níž se baterie musely srovnávat. O rok dříve představil Ford svůj Model T, z něhož se brzy stalo masově vyráběné auto. Edisonovy velkolepé řeči kolem předchozího modelu baterie vzbudily v lidech přesvědčení, že elektromobily nikdy nedostojí očekávání uživatelů. „Nemístné sliby deníků o baterii, která vydrží dvě stě mil, se ukazují velikou překážkou při uvádění elektrických vozidel,“ poznamenal jistý nadšenec v roce 1909.²⁰ Na konci desetiletí se poměr sil mezi Edisonem a Fordem změnil. Ford, jemuž bylo nyní čtyřicet osm let, se stal multimilionářem, automobilovým magnátem a jedním z nejbohatších lidí v Americe. Benzinová auta v tomto závodě zvítězila.



Jak napsal historik Kirsch, po krátkou dobu na konci devatenáctého století představovalo elektrické vozidlo „dominantní technologii“. Výsledek v podobě naprosté dominance benzinových aut nebyl rozhodně předurčený osudem. Přinejmenším by bylo dávalo smysl mít různé technologie pro různé účely — elektrické vozy pro cesty ve městě a benzinové vozy na delší vzdálenosti. „Představa masově vyráběných motorových vozidel v soukromém vlastnictví, dostupných každému Američanovi, by se tehdy jevila jako nic menšího než čiré šílenství,“ napsal.²¹

Kirschovo zkoumání dějin elektromobilů, jež vyšlo roku 2000, vyznělo ohledně jejich budoucnosti pesimisticky a k podobnému závěru dospěla řada dalších autorů. Automobilka General Motors tehdy stáhla z prodeje svůj elektrický vůz EV1, který původně využíval olověné akumulátory stejně jako auta vyráběná v roce 1900. Tento krok spoustu majitelů znepokojil a zklamal. Podle Kirsche to byl jen další příklad toho, jak elektromobily dovedou zklamat očekávání.

Avšak zrovna v době, kdy se Kirsch utápěl v pesimismu, došlo k pokroku v nové technologii — lithium-iontovém akumulátoru —, která měla pozici elektromobilů změnit. Ve své knize Kirsch tuto myšlenku krátce zmínil, ale hned ji zase zavrhl. „Už je to skoro sto let, co Edison sliboval lepší baterii, ale v mnoha ohledech na ni stále ještě čekáme.“²²

Rok po publikaci Kirschovy knihy jsem se šel podívat do obchodu s elektronikou na Tottenham Court Road. Majitel obchodu mi ukázal bílou obdélníkovou krabičku, do níž se daly uložit celé hodiny hudby. Působila neohrabaně a divně. Majitel mi řekl, že se to jmenuje iPod, a podal mi to, abych si to podržel. Věk digitální mobility právě začal a v těch přístrojích byla skryta zásadní věc, která to vše umožňovala — lithium-iontová baterie. Oko spotřebitele ji nevidělo, ale její dosah a vliv byly obrovské. Mezi ty, kdo z ní měli mít prospěch, patřil také elektromobil. Všechno se mělo brzy změnit.

3. Průlom: Lithium-iontová revoluce

Desátého prosince 2019 na slavnostním banketu ve Stockholmu vystoupil na pódium britský profesor chemie Stanley Whittingham a převzal Nobelovu cenu za chemii jako člen mezinárodního týmu, jehož práce v sedmdesátých a osmdesátých letech dvacátého století vedla k vynálezu lithium-iontové baterie. Královská švédská akademie věd tento úspěch konečně uznala a prohlásila, že lithiové baterie „položily základ pro bezdrátovou společnost osvobozenou od fosilních paliv a jsou pro lidstvo nanejvýš přínosné“. V publiku byl přítomen i šestadevadesátiletý John Goodenough, který v osmdesátých letech vývoj baterie inicioval na Oxfordské univerzitě a nyní se stal nejstarším člověkem, který kdy Nobelovu cenu získal. Whittingham citoval z poznámek Thomase Edisona, který se před více než sto lety o revoluční baterii rovněž pokoušel. „Existuje způsob, jak to udělat lépe. Najděte ho,“ prohlásil tehdy Edison. „Rád bych si myslel, že jsme ten způsob našli, a dosáhli jsme toho systematickým vědeckým přístupem,“ dodal Whittingham. Věda nezná disciplinární hranice, podotkl v narážce na své spolulaureáty Goodenougha a Akiru Jošinu, inženýra z Kjótské univerzity. Ten předtím pracoval pro korporaci Asahi Kasei, jež ve spolupráci se společností Sony dotáhla vývoj lithiové baterie až tak daleko, že se stala komerčně využitelnou. „Kolegové, doufáme, že nám náš objev umožní společně dosáhnout čistšího životního prostředí, učinit naši planetu udržitelnější a zmírnit dopady globálního oteplování. Díky tomu zanecháme našim dětem a vnukům čistší dědictví,“ uzavřel svůj projev Whittingham.¹

Stejné pocity vyjádřil i Goodenough, který navzdory svému věku dosud denně docházel na Texaskou univerzitu a pomáhal objevovat nové chemické postupy pro výrobu baterií. Goodenough, vysoký muž s huňatým obočím, řekl reportérům: „Musíme dostat spalování fosilních paliv z dálnic celého světa a zaměřit se na globální oteplování. Pokud chcete obnovitelnou energii... potřebujete baterii, kde ji budete ukládat.“²

Whittingham, narozený za druhé světové války v britském Nottinghamu, navštívil pár měsíců před převzetím Nobelovy ceny německou společnost Volkswagen, aby si prohlédl její nové pilotní středisko pro vývoj baterií. „Před padesáti lety, když jsme začínali, by tahle auta za mnou byla čirou science fiction,“ prohlásil šedovlasý Whittingham pózující před elektromobilem ID.3, prvním modelem, který Volkswagen nabízel na masovém trhu. „Ale dokázali jsme to. Proto jsem přesvědčen, že vždycky musíme věřit, že to dokážeme. Musíme věřit v neuvěřitelné. Potom se nám to může podařit.“³

Goodenough a Whittingham dlouho čekali, než baterie naplní svůj skutečný potenciál a umožní lidstvu osvobodit se od přílišné závislosti na ropě, benzinu a uhlí. Byla to naděje, která se zrodila v sedmdesátých letech, zrovna v době, kdy se svět začal obávat, že by mu mohla dojít ropa. A ta naděje měla původ ve zdroji, od něhož byste to asi nečekali. Vznikla ve společnosti ExxonMobil.



Sedmdesátá léta dvacátého století začala v USA prvním Dnem země, počátkem celostátní série proslovů a protestů, do nichž se zapojilo zhruba dvacet milionů Američanů a jež odstartovaly nové environmentální hnutí. Znečištění ovzduší ve městech jako Los Angeles dosáhlo skandálních rozměrů a přinutilo

městské představitele podniknout patřičné kroky. Rovněž průmyslové znečištění se po celé zemi stávalo neúnosným — v roce 1969 vzplanula v Clevelandu řeka Cuyahoga, v níž běžně plaval ropnými látkami nasáklý odpad, a dokonce i ve Washingtonu stála jen pár kroků od Kapitolu uhelná elektrárna.⁴ Americká vláda naslouchala. O osm měsíců později byl schválen první Zákon o čistém ovzduší a prezident Richard Nixon založil Agencuru pro ochranu životního prostředí. Arabské ropné embargo z roku 1973 a následně íránská revoluce vedly k všeobecným obavám o budoucnost dodávek ropy. Světové automobilky od Toyoty po Daimler-Benz se pustily do práce na vývoji elektromobilů. „Už v roce 1970 bylo zřejmé, že závislost na ropě z ciziny činí zemi stejně zranitelnou jako hrozba balistických raket z Ruska,“ napsal Goodenough ve svých pamětech.⁵ V roce 1977 publikoval iniciátor Dne země Denis Hayes knihu, která tuto náladu sumarizovala — *Rays of Hope: The Transition to a Post-Petroleum World* (Záblesky naděje: Přejít do postropného světa). Tou dobou začali vědci také varovat před důsledky globálního oteplování a koncem desetiletí vykrytalizoval tento názor ve všeobecný mezinárodní konsensus.

V tomto ovzduší se lidé začali znovu zajímat o baterie. Jak jsme viděli v předchozí kapitole, nebyla to žádná nová technologie, ale její kořeny sahaly ještě mnohem dál než k časům Edisona a Forda. Baterie představují způsob, jak ukládat energii chemickými prostředky. Většina baterií se skládá ze tří hlavních částí: katody (kladné elektrody), anody (záporné elektrody) a elektrolytu. Mezi oběma elektrodami probíhá chemická reakce, při níž vzniká elektrická energie. Baterie byly vynalezeny na konci osmnáctého století, když se dva italscí vědci přeli o to, co způsobuje škubnutí v končetinách rozpitvané žáby. Luigi Galvani, italský chirurg ve službách Boloňské univerzity, byl přesvědčen, že živočichové generují ve svalech zvláštní

elektrický náboj. Provedl řadu pokusů na žabích končetinách, při nichž využíval zařízení zvané Dollondův přístroj, které vytvářelo elektrickou jiskru. Jednoho dne se jeho asistent nedotkl drátku vedoucího k žabí končetině, nýbrž „zlehka přiložil hrot skalpelu ke středovému nervu ve stehně žáby. Všechny svaly na končetinách se okamžitě stáhly“.⁶ Experiment prokázal, že se žabí stehýnka stahují bez jakéhokoli přímého spojení s Dollondovým přístrojem. Galvani v pokusech pokračoval a v roce 1791 o své práci napsal kompletní pojednání. Nadále byl přesvědčen, že se mu podařilo objevit „živočišnou elektřinu“. Alessandro Volta, profesor fyziky z Pavijské univerzity, se rozhodl experiment zopakovat. Zjistil, že ke škusnutí v žabích končetinách dochází v případě, kdy se navzájem dotknou dva různé kovy, a dospěl k závěru, že právě tento kontakt elektřinu generuje. Sestavil zařízení, jež mělo vstoupit ve známost jako „Voltův sloup“, jakýsi stoh z navrstvených plíšků ze dvou různých kovů na dřevěné základně, jež byly od sebe odděleny savým papírem a navzájem propojeny drátem. Proud elektronů procházel drátem od kovu více reaktivního ke kovu méně reaktivnímu. Rozdíl v chemické reaktivitě mezi oběma kovy vytvářel volty — elektrické napětí (a také termín odvozený od Voltova jména). Voltovi se podařilo poprvé v dějinách vytvořit stálou dodávku elektřiny. Baterie měly zůstat hlavním zdrojem elektřiny až do konce devatenáctého století; dodávaly energii novým vynálezům, jako byl telegraf, jenž vůbec poprvé umožnil komunikaci na velkou vzdálenost.

Uběhlo více než sto let, než došlo v technologii baterií k dalšímu průlomu. V roce 1859 vyvinul Francouz Gaston Planté olověný akumulátor, který, jak už bylo zmíněno, vůbec poprvé umožňoval baterie opakovaně dobíjet, pokud elektrony proudily v baterii působením elektřiny opačným směrem. Olověné akumulátory ovládly trh na celá desetiletí a později byly po-

užity i v benzinových autech, kde dodávaly elektřinu světlům a vytvářely jiskru startující motor.

V roce 1967 vynalezli Joseph Kummer a Neill Weber ze společnosti Ford Motor Company sodíkovo-sírový akumulátor, který místo běžného tekutého elektrolytu využíval pevný elektrolyt keramický. Téhož roku představil Ford pokusný elektromobil Comuta, který byl postaven v Anglii. Při použití olověných akumulátorů mělo toto auto dojezd pouze šedesát pět kilometrů při rychlosti čtyřicet kilometrů za hodinu. To měla změnit právě nová baterie, která dojezd vozu protáhla až na sto třicet kilometrů na jedno nabití. „Jsme přesvědčeni, že právě toto je správná odpověď,“ prohlásil ředitel Fordovy vědecké laboratoře Jack Goldman.⁷ Baterie však fungovala pouze tehdy, pokud byly elektrody roztaveny, tedy při teplotě nad 300 °C, což bylo v běžných komerčně vyráběných vozidlech nepoužitelné. Stejně jako řada jiných slibovaných průlomů v předchozích letech i tento projekt byl nakonec odložen.

Zpráva však pomohla nastartovat další výzkum v oblasti baterií, zvláště pokud jde o pohyb iontů (atomů s elektrickým nábojem) v pevných elektrolytech (na rozdíl od dosavadních elektrolytů tekutých). Rok poté, co společnost Ford přišla se svým oznámením, začal Whittingham, jenž právě získal doktorát na Oxfordu, zkoumat tyto materiály v rámci svého působení na Stanfordově univerzitě. Spolu s dalšími studoval vodivost látky beta-alumina, komerčně dostupného materiálu, který Ford používal jako elektrolyt ve svých bateriích. V roce 1971 získal Whittingham za svou práci na tomto materiálu cenu Young Author Award, kterou udělovala Elektrochemická společnost. Na základě tohoto výzkumu ho zaměstnala společnost ExxonMobil, kde měl pracovat na alternativních energetických projektech. Potom přišel rok 1973 a udeřila ropná krize.

„Do Exxonu jsem přišel v roce 1972 a hned na začátku dalšího roku mě poslali do kurzu, kde zazněla předpověď, že těžba ropy dosáhne bodu zlomu ještě před rokem 1990,“ vzpomínal Whittingham. Exxon vytvořil svoji výzkumnou divizi v Lindenu ve státě New Jersey po vzoru Bellových laboratoří, výzkumného pracoviště financovaného společností AT&T. Pracovalo se tam na celé řadě technologií, od solárních panelů až po jaderné reaktory. „Když se podíváte do minulosti, zjistíte, že u BP dělali totéž — ropné společnosti se chtěly transformovat na společnosti obecně energetické,“ vysvětloval Whittingham. Nejprve zkoumal supravodiče, materiály schopné vést elektřinu beze ztrát při pokojové teplotě, přičemž používal materiál zvaný disulfid tantalu. Přitom zjistil, že tento materiál dokáže energii rovněž ukládat. Tantal byl však příliš těžký, a tak se rozhodl pro lehčí kov, titan. Dále potřeboval pro baterii vhodnou negativní elektrodu a rozhodl se pro lithium, protože je to nejlehčí alkalický kov, který vykazuje nejvyšší elektrický potenciál.

Whittingham věděl, že by lithium mohlo fungovat, neboť viděl obrázky japonských rybářů, kteří používali jednorázové lithiové baterie v noci při prohlížení svých sítí. Lithium, lesklý stříbřitý kov, prudce reaguje s vodou a je tak těkavé, že je v přírodě nalezneme pouze ve sloučeninách. Snadno se ale vzdává elektronu, což z něj činí skvělou volbu pro baterie. Whittinghamovu týmu se podařilo vyrobit lithiový akumulátor, který fungoval i při pokojové teplotě. Akumulátory Exxonu používaly disulfid titanu pro katodu (kladnou elektrodu) a lithium pro anodu (zápornou elektrodu); elektrody byly od sebe odděleny tekutým elektrolytem obsahujícím lithiovou sůl v organickém rozpouštědle. Začátkem roku 1973 byl Whittingham vyslán do ústředí Exxonu v Manhattanu, aby svá zjištění předložil podvýboru správní rady. Dalo mu práci, než našel správnou budo-
vu, „protože v té době ještě Exxon nepsal své jméno velkými

písmeny na stěny budov," vzpomínal. „Řekli mi, že mi dávají nanejvýš pět nebo deset minut.“

Whittinghamova stručná prezentace měla úspěch a Exxon se během několika dní rozhodl, že se pustí do byznysu s bateriemi. „Řekli: ‚Budete se tomu věnovat a postavíte vývojový tým.‘ A nakonec se pustili do výroby," vyprávěl Whittingham. „Tehdy na výzkum pohlíželi, jako by to byly ropné vrty," vzpomínal. „Je to vysoce rizikové, ale stačí, když se vyplatí jen pár procent.“ Baterie byly v roce 1977 vystaveny na přehlídce elektromobilů v Chicagu, kde dodávaly elektřinu přednímu světlometu motorky, a ropná společnost otevřela výrobní továrnu v Branchburgu v East Jersey. „Myslím, že to bylo překvapení. Za prvé, protože šlo o velkou lithium-iontovou baterii, a za druhé, protože ji dělal Exxon," řekl mi Whittingham. Exxon začal vyrábět malé baterie o velikosti knoflíku, které poháněly švýcarské hodinky, ale ropná společnost měla v úmyslu pustit se rovněž do elektromobilů a konvertovat na elektrický pohon vůz Volkswagen.

Ceny ropy však v následujících letech klesaly a půvab elektromobilů tím pádem uvažoval. V roce 1980 porazil Jimmyho Cartera v prezidentských volbách zastánce volného trhu Ronald Reagan. Exxon Whittinghamovu technologii prodal a výzkum v oblasti lithium-iontových baterií se do značné míry vrátil do akademické sféry. „Ropná krize sedmdesátých let odezněla, vrcholový management se vyměnil, a tak jednoho dne přišli, spoustu věcí prozkoumali a řekli: ‚Vy tvrdíte, že ten trh nedosahuje ani sto milionů dolarů ročně? Tak proč se tam cpeme?‘ Myslím, že se stáhli ze všech projektů v oblasti alternativní energie, které byly v té době rozjeté," vzpomínal Whittingham. V letech 1977 až 1986 Exxon jako jeden z prvních zkoumal dopady oxidu uhličitého a problematiku změny klimatu, i tento program byl ale nakonec odložen. Koncem osmdesátých let ropný gigant

z něčeho nic prudce otočil a „stal se jedním z předních popíračů klimatické změny“.⁸

Pravdou ovšem je, že Whittinghamova lithiová baterie byla pro automobil naprosto nevhodná. Měla jen malé napětí 2,5 voltu a snadno se mohla vznítit. Lithiová anoda byla sice v elektrolytu stabilní, ale při nabíjení vytvářela dendrity, jehličkové krystaly, které mohly proniknout separátorem a způsobit v článku zkrat, který by vedl k jeho vznícení.

Úkolu nalézt pro baterii lepší materiál se chopil John Goodenough, v Německu narozený americký fyzik, s nímž jsme se potkali už na začátku této kapitoly. Počátkem osmdesátých let působil v Oxfordu a při práci přišel na novou kombinaci katodových materiálů, která umožňovala zvýšit napětí a také množství energie, které se mohlo v lithium-iontové baterii ukládat. Goodenoughův tým v Oxfordu a později na Texaské univerzitě přišel se třemi hlavními chemickými postupy, které se používají dodnes. Bez tohoto vědeckého výzkumu bychom dnes elektromobily nekupovali. „Trpělivě jsme celá ta léta prováděli základní výzkum, který se začne vyplácet až o dvacet nebo třicet let později,“ řekl mi Arumugam Manthiram, vědec v oblasti materiálů, který se narodil v malé vesnici v Indii a v roce 1985 odešel studovat ke Goodenoughovi do Oxfordu. Manthiram, kterému se říká Ram, potom následoval Goodenougha do Austinu, na univerzitu, kde Goodenough dodnes pracuje hned ve vedlejší kanceláři, přestože mu už táhne na stovku.*

Goodenough se narodil v červenci 1922 v německé Jeně a vyrůstal v lukách a lesích kolem Woodbridge ve státě Connecticut, jen sedm mil severně od Yaleovy univerzity, kde jeho otec působil na katedře historie. Manželství jeho rodičů byla

* John B. Goodenough zemřel 25. června 2023 ve věku více než stalet (pozn. překl.).

„katastrofa“ a Goodenough prožil dětství ve strachu, že ho rodiče opustí. Také měl potíže se čtením. Ve dvanácti letech ho poslali do internátní školy a později do prestižní Groton School, kde „pozitivně reagoval na řád a disciplínu a našel si přátele“.⁹ Po domově se mu nikdy nestýskalo, napsal ve své autobiografii *Witness to Grace* (Svědkiem milosti). Když byl v posledním ročníku, jeho otec se s matkou rozvedl a oženil se se svou asistentkou. Goodenough se však pečlivě připravoval na závěrečné zkoušky a nakonec se dostal na Yale — zrovna v době, kdy v Evropě začínala válka.

Na Yale si Goodenough přečetl knihu *Science and the Modern World* (Věda a moderní svět) od Alfreda Northa Whiteheada a začal se zajímat o filozofii a vědu. Promoval v roce 1943, hned poté, co mu přišel povolávací rozkaz. Do armády nastoupil jako meteorolog a válku strávil analyzováním vzorců počasí nad Azorami. Byl povýšen do hodnosti kapitána.

Na konci války získal Goodenough místo na Chicagské univerzitě, kde se mohl věnovat studiu fyziky; dopomohl mu k němu jeho starý profesor matematiky z Yale. Pohrával si s myšlenkou, že se stane křesťanským pastorem, místo toho ale po ukončení studia nastoupil do Lincolnovy laboratoře při MIT, kde pracoval na vývoji paměti RAM pro první počítače. Také se začal zabývat sloučeninami přechodných kovů, což později sehrálo klíčovou roli při vývoji lithium-iontových baterií. V roce 1970 začal podobně jako Whittingham více uvažovat o obnovitelné energii. Bylo mu ale řečeno, že laboratoř MIT spadá pod armádní letectvo, a proto by se jeho výzkum měl zaměřovat na potřeby vojska. Znechutilo ho to a rozhodl se odejít. Dostal nabídku založit vědeckou laboratoř v Teheránu, a tak se roku 1974 vydal do Íránu. Když se ale vracel zpátky domů, přišel mu dopis z Oxfordu: nabízeli mu, aby se ucházel o pozici profesora a vedoucího tamní laboratoře anorganické chemie.

Goodenough si o pozici zažádal a získal ji, přestože neměl tradiční chemické vzdělání. Nyní měl příležitost pustit se do problému energie.

Ve snaze najít lepší materiál pro katodu se Goodenough nechal inspirovat jednou bakalářskou prací z roku 1978, která se věnovala struktuře oxidů kovů. Uložil svému týmu, aby hledal vhodné kovy, které by v baterii fungovaly, aniž by byla použita anoda z reaktivního metalického lithia. Látka, kterou vyvinul, oxid kobaltito-lithný, měla vysokou strukturní stabilitu a vydržela opakovanou inzerici a extrakci iontů lithia při nabíjení a vybíjení baterie. „Tím byly vyřešeny dva velké problémy spojené se sulfidovými katodami, jež se používaly v sedmdesátých letech. Umožnilo to nejen podstatně zvýšit provozní napětí z méně než 2,5 V na zhruba 4 V, ale také sestavit článek, v němž nemusela být použita anoda z metalického lithia.“¹⁰

Přestože to vypadalo slibně a navíc dosud doznívaly důsledky energetické krize ze sedmdesátých let, žádný výrobce baterií neprojevil o patent zájem. O patentování akademického výzkumu neměla tehdy zájem ani Oxfordská univerzita — naprosto odlišná situace ve srovnání s dneškem, kdy univerzity po takových příležitostech doslova skáčou. Goodenough se dohodl s laboratoří Ústavu pro výzkum atomové energie (AERE) v britském Harwellu, aby žádost o patent podala jeho jménem, ale její právníci ho přiměli, aby podepsal, že se zříká veškerých práv.¹¹ Neuvědomil si, že by byla „jakákoli jiná možnost“, napsal ve své autobiografii.¹² Laboratoř později vydělala na patentu katody miliardy liber, ale Goodenough z toho neměl nic — dokonce ani finanční dar pro svoji Oxfordskou univerzitu.¹³

Úspěchy výzkumu, který probíhal na Oxfordu, sklídilo nakonec Japonsko. Japonský elektronický průmysl předvídal vzestup mobilních technologií a zoufale potřeboval akumulátor o nízké hmotnosti. Právě za těchto okolností poskytl poslední

Vážení čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy Zelená horečka.

Pokud se Vám ukázka líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.