

EDÍCIA CIVILIZÁCIA

VÁCLAV SMIL
**AKO NAOZAJ
FUNGUJE SVET**



Veďcov správa
našou minulosťou,
prítomnosťou
a budúcnosťou

Niečo z ľudí, ktorí čítajú túto knihu, sa nepresťahuje na Mars. Voštor budú ďalej jesť hlavné obilniny, pestované v pôde na veľkých rozlohách a nie na sčrečkách traktorov. Niečo z nás nebude žiť v dematerializovanom stave. Poskytovanie týchto existenčných nevyhnutností však bude stále náročné.

premedia

SPOLOČNOSŤ

premedia

VÁCLAV SMIL
AKO NAOZAJ
FUNKUJE SVET

Z angličtiny preložil
Zdeněk Urban

premedia

Václav Smil: Ako naozaj funguje svet

Prvé vydanie

First published as HOW THE WORLD REALLY WORKS in 2022 by Viking, an imprint of Penguin General. Penguin General is part of the Penguin Random

House group of companies.

Copyright © Vaclav Smil 2022

Translation © Zdeněk Urban, 2022

Copyright © Vydavateľstvo Premedia

All rights reserved

ISBN 978-80-8242-109-8

Obsah

Úvodné slovo:	
Prečo potrebujeme túto knihu?	7
1. Ako porozumieť energii:	
Palivá a elektrina	19
2. Ako porozumieť produkcii potravín:	
V podstate jeme fosílna palivá	51
3. Ako porozumieť materiálnemu svetu:	
Štyri piliere modernej civilizácie	85
4. Ako porozumieť globalizácii:	
Stroje, mikročipy a to ostatné	113
5. Ako porozumieť rizikám:	
Od vírusov cez stravu až k slnečným erupciám	147
6. Ako porozumieť životnému prostrediu:	
Jediná biosféra, ktorú máme	183
7. Ako porozumieť budúcnosti:	
Medzi apokalypsou a singularitou	221
Dodatok: Ako porozumieť číslam	247
<i>Odkazy na odbornú literatúru a poznámky</i>	<i>251</i>
<i>Pod'akovania</i>	<i>311</i>
<i>Register</i>	<i>312</i>

ÚVODNÉ SLOVO

Prečo potrebujeme túto knihu?

Každá éra si robí nárok na jedinečnosť. Pripusťme, že životná skúsenosť posledných troch generácií – teda v desaťročiach od skončenia druhej svetovej vojny – nebola taká plná veľkých premien, aké zažili tri generácie pred vypuknutím prvej svetovej vojny, no nechýbali v nej bezprecedentné udalosti a medzníky pokroku. Je naozaj pôsobivé, že v súčasnosti sa teší vyššej životnej úrovni, a to dlhšie a pri lepšom zdraví, viac ľudí než kedykoľvek v doterajšej histórii. Šťastní užívatelia týchto výhod však stále tvoria menšinu (približne jednu pätinu) dnes už takmer osemmiliardového obyvateľstva nášho sveta.

Druhým obdivuhodným úspechom ľudstva je bezprecedentné rozšírenie jeho porozumenia fyzikálnemu svetu i všetkým formám života. Naše poznanie siaha od veľkých zovšeobecnení o zložitých systémoch vo vesmírnom (galaxie, hviezdy) a planetárnom (atmosféra, hydrosféra, biosféra) meradle až po procesy na úrovni atómov a génov: čiary vyleptané do povrchu najvýkonnejších mikroprocesorov merajú iba asi dvojnásobok priemeru špirálovej molekuly ľudskej DNA. Toto poznanie sme navyše previedli do čoraz väčšieho súboru strojov, zariadení, procedúr, protokolov a zásahov, ktoré udržiavajú chod modernej civilizácie. Obrovský rozsah nášho poznania – a spôsobov, akými sme ho využili pre svoje potreby – už nedokáže postihnúť nijaká jednotlivá myseľ.

V roku 1500 ste ešte mohli stretnúť na hlavnom námestí Piazza Signoria vo Florencii pravých renesančných ľudí – po tomto období však šance na to klesali. Pravda, v polovici 18. storočia dvaja francúzski učitelia

Denis Diderot a Jean le Rond d'Alembert stále dokázali zhromaždiť skupinu erudovaných prispievateľov, aby zhrnuli vtedajšie poznanie vo forme vcelku vyčerpávajúcich hesiel v ich mnohozvážkovej* *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*.† Avšak už počas života niekoľkých ďalších generácií rozsah a špecializácia nášho poznania mnohonásobne vzrástli. Zásadné objavy siahali od magnetickej indukcie (Michael Faraday v roku 1831, základ výroby elektriny) cez metabolizmus rastlín (Justus von Liebig, 1840, základ hnojenia plodín) k teoretizovaniu o elektromagnetizme (James Clerk Maxwell, 1861, základ všetkej bezdrôtovej komunikácie).

V roku 1872, sto rokov po vydaní posledného dielu *Encyclopédie*, bol už akýkoľvek súhrn dobového poznania nútený uchýliť sa k forme povrchného výkladu rýchlo sa zväčšujúceho rozpätia tém. Dnes, po ďalšom jeden a pol storočí, sa už nedajú v tomto duchu zhrnúť naše znalosti dokonca ani v rámci úzko vymedzených špecializácií. Pojmy ako „fyzika“ alebo „biológia“ viac-menej strácajú význam a sú len opisné a odborníci vo fyzike častíc by mali veľké ťažkosti, ak by mali naozaj porozumieť čo len prvej strane novej výskumnej štúdie z oblasti vírusovej imunológie. Táto atomizácia poznania, samozrejme, vôbec neuľahčuje rozhodovanie vo verejných záležitostiach s vedeckým obsahom. Vysoko špecializované odvetvia modernej vedy sa stali takými tajomnými, že mnohí ich aktéri sa musia odborne pripravovať až do veku tridsať či tridsaťpäť rokov, kým sa skutočne naplno zapoja do novodobého spoločenstva zasvätených.

Nuž a potom síce majú rovnakú skúsenosť z takého dlhého „tovarišstva“, ale až pričasto sa nedokážu zhodnúť na najlepšom konaní. Pandémia SARS-CoV-2 zreteľne preukázala, že nesúhlas v rámci komunity odborníkov sa môže rozšíriť až k takým zdanlivo jednoduchým otázkam a rozhodnutiam, ako či nosiť, alebo nenosiť tvárové rúško. Na konci marca 2020 (tri mesiace po začiatku pandémie) Svetová zdravotnícka organizácia stále radila nenosiť, ak daná osoba nebola nakazená, a obrat nastal až začiatkom júna 2020. Ako si potom môžu ľudia bez špeciálnych znalostí zvoliť, na ktorú stranu sa postaví? Majú vôbec ešte hlbší zmysel odborné dišputy, ktoré sa dnes až pričasto končia úplným

* 28 dielov, vydaných v rokoch 1751 až 1772 – pozn. prekl.

† Franc.. Encyklopédia alebo systematický slovník vied, umení a remesiel – pozn. prekl.

stiahnutím alebo aspoň výrazným oklieštením predtým dominujúcich sebavedomých tvrdení?

Pretrvávajúce neurčitosti a dišputy tohto typu však neospravedľujú mieru, v akej väčšina ľudí nerozumie zásadám fungovania moderného sveta. Pochopenie toho, ako sa pestuje pšenica (2. kapitola), ako sa vyrába oceľ (3. kapitola), a uvedomenie si faktu, že globalizácia nie je ani nová, ani nevyhnutná (4. kapitola), totiž nie je to isté, ako žiadať od niekoho, aby si osvojil femtochémiu (skúmanie chemických reakcií v časovom meradlách okolo 10^{-15} sekundy, Ahmed Zewail, Nobelova cena v roku 1999) či polymerázovú reťazovú reakciu (rýchle kopírovanie DNA, Kary Mullis, Nobelova cena v roku 1993).

Prečo má teda väčšina ľudí v moderných spoločnostiach také povrchné poznatky o tom, ako naozaj funguje svet? Zvyčajne sa to vysvetľuje zložitostami moderného sveta: ľudia majú neustále do činenia s takzvanými čiernymi skrinkami, ktorých pomerne jednoduché výstupy vyžadujú len málo pochopenia toho, čo sa odohráva v ich vnútri, alebo vôbec nijaké. Platí to pre také všadeprítomné zariadenia ako mobilné telefóny a laptopy (účel splní naštukanie jednoduchého dotazu), ako aj pre hromadné procedúry typu očkovania (určite najlepší celoplanetárny príklad v roku 2021, typicky pri tom chápete len to, že treba, aby ste si vyhrnuli rukáv). Vysvetlenie tohto deficitu porozumenia však spočíva v čomsi viac ako len ťažkaní si na to, že rozmach nášho poznania vyžaduje špecializáciu, čo na druhej strane znamená čoraz plytkejšie porozumenie základným veciam, ba neraz ich úplnú nezalost.

Dvomi dôležitými príčinami tohto deficitu porozumenia boli urbanizácia a mechanizácia. Od roku 2007 žije viac ako polovica ľudstva v mestách (vo všetkých vysokopriímových krajinách je to vyše 80 percent) a na rozdiel od priemyselňovaných miest 19. a začiatku 20. storočia spadajú pracovné miesta v moderných mestských oblastiach prevažne do sféry služieb. Väčšina moderných obyvateľov miest je tak oddelená nielen od spôsobov, akými produkujeme potraviny, ale aj od spôsobov, akým konštruujeme a montujeme stroje a zariadenia, a rastúca mechanizácia všetkej výrobnéj činnosti znamená, že len veľmi malý diel globálnej populácie v súčasnosti pôsobí vo sfére zabezpečovania našej civilizácie energiou a materiálmi, ktoré spoluvytvárajú moderný svet.

V Spojených štátoch sú teraz iba asi 3 milióny mužov a žien (vlastníkov fariem a najatých pracovníkov) priamo zapojených do produkcie

potravín – teda ľudí, ktorí priamo orú polia, vysievajú semená, rozhadzujú hnojivo, plejú burinu a zbierajú plodiny (zber ovocia a zeleniny je, čo sa týka potreby pracovnej sily, najintenzívnejšia časť celého tohto procesu) a starajú sa o hospodárske zvieratá. Ide o necelé 1 percento obyvateľstva krajiny! Preto nečudo, že väčšina Američanov vôbec netuší alebo má len určité vágne predstavy o tom, ako vznikol chlieb či mäsové rezne na ich stoloch. Pšenicu žnú kombajny – žnú však aj sóju alebo šošovicu? Ako dlho trvá, kým sa z malého prasiatka stane bravčová kotleta: týždne alebo roky? Obrovská väčšina Američanov to proste nevie – a zďaleka v tom nie sú sami. Čína je najväčší výrobca ocele na svete – každý rok jej vytaví, odleje a vyvalcuje takmer miliardu ton, ale toto všetko vykonáva necelých 0,25 percenta z 1,4 miliardy obyvateľov Číny. V blízkosti vysokej pece sa niekedy v živote ocitne alebo odlievaciu linku s červenými pásmi žeravej tečúcej roztavenej ocele uvidí len naozaj nepatrný percentuálny podiel čínskeho obyvateľstva. A toto oddelenie sa od reality je prítomné na celom svete.

Ďalšou hlavnou príčinou nedostatočného a stále klesajúceho porozumenia základným procesom, ktoré nám poskytujú energiu (vo forme potravín alebo palív) a trvanlivé materiály (či už kovy, nekovové minerály, alebo betón) je, že ľudia sa na ne začali pozerat' ako na čosi staromódne – ak nie priam zastarané – a mimoriadne nudné v porovnaní so svetom informácií, dát a digitálnych zobrazení všetkého druhu. Príslovečné najlepšie mozgy nejdú do pedológie (veda o pôde) a nepokúšajú sa vyrobiť lepší cement. Namiesto toho ich priťahuje práca s takpovediac otelesnenými informáciami, čo sú v súčasnosti len prúdy elektrónov v nespočetnom množstve mikroelektronických zariadení. Títo profesionáli od právnikov a ekonómov až po programátorov a finančníkov dostávajú nadpriemerne vysoké odmeny za prácu, ktorá je úplne oddelená a vzdialená od materiálnych realít života na Zemi.

A nielen to: mnohí z takých uctievačov dát dospeli k presvedčeniu, že elektronické toky odstránia nevyhnutnosť tých čudných starobylých materiálnych potrieb. Veď polia nahradí mestské poľnohospodárstvo na vyvýšených platformách a syntetické produkty napokon nahradia potrebu pestovať či chovať akúkoľvek potravu. Dematerializácia, ktorej hybnou silou bude umelá inteligencia, ukončí našu závislosť od tvarovania más kovov a spracovaných minerálov. Nakoniec to azda zvládneme aj bez prostredia Zeme: kto ho už len bude potrebovať, ak sa chystáme

spozemšťovať Mars? Toto všetko, samozrejme, nie sú len nesmierne uponáhľané predpovede. Sú to fantázie živene spoločnosťou, v ktorej sa rozhojnili klamlivé správy a realita a fikcia sa natoľko prepletili, že ľahkoverné mysle, citlivé na vplyvy kultových vízií, veria v to, čo by bystrejší pozorovatelia v minulosti nemilosrdne vnímali a posúdili ako tvrdenia na hranici uveriteľného či ako úplné bludy.

Nikto z ľudí, ktorí čítajú túto knihu, sa neprestahuje na Mars. Všetci budeme ďalej jesť hlavné obilniny, pestované v pôde na veľkých rozlohách poľnohospodárskej krajiny, a nie na strechách mrakodrapov, ako si predstavujú prívrženci takzvaného mestského poľnohospodárstva. Nikto z nás nebude žiť v dematerializovanom svete, v ktorom niet využitia pre také nenahraditeľné prírodné služby, ako sú vyparovanie vody a opelenie rastlín. Poskytovanie týchto existenčných nevyhnutností však bude stále náročnejšie, pretože veľká časť ľudstva žije v podmienkach, z ktorých spomenutá bohatá menšina vyšla už pred viacerými generáciami, ako aj preto, že rastúci dopyt po energii a materiáloch pôsobil na biosféru tak stresujúco a rýchlo, že sme ohrozili jej schopnosť udržať si toky a zásoby látok a energie v medziach zlučiteľných s jej dlhodobým fungovaním.

Uvedme aspoň jedno kľúčové porovnanie: v roku 2020 nebola priemerná ročná spotreba energie na hlavu približne 40 percent svetovej populácie (3,1 miliardy ľudí, čo zahŕňa takmer všetkých ľudí v subsaharskej Afrike) vyššia ako zodpovedajúce hodnoty dosiahnuté v Nemecku a vo Francúzsku v roku 1860! Na to, aby sa týchto 3,1 miliardy ľudí priblížilo k prahu dôstojnej životnej úrovne, budú musieť aspoň zdvojnásobiť – ale ak by sa dalo, radšej strojnásobiť – využívanie energie na hlavu a popritom znásobiť dodávky elektriny, výrazne posilniť produkciu potravín a vybudovať základnú mestskú, priemyselnú a dopravnú infraštruktúru. Tieto požiadavky nevyhnutne povedú k ďalšej degradácii biosféry.

A ako sa vyrovnáme s rozvíjajúcou sa zmenou klímy? V súčasnosti sa prejavuje široký konsenzus, že musíme *niečo* urobiť, aby sme zabránili mnohým značne neželateľným dôsledkom. No aké konanie, aká zmena správania by fungovali najlepšie? Pre tých, ktorí ignorujú energetické a materiálne imperatívy nášho sveta, ktorí uprednostňujú mantry zelených riešení pred poznaním, ako sme sa dostali až do tohto bodu, je liečebný predpis ľahký: treba len dekarbonizovať – prejsť od

spalovania fosílného uhlíka k premene nevyčerpatelných tokov obnoviteľných energií. Reálnym kameňom úrazu je tu však neúprosný fakt: sme civilizácia fungujúca na fosílnych palivách, ktorej technické a vedecké pokroky, kvalita života a prosperita spočívajú na spalovaní obrovských množstiev fosílného uhlíka. Od tohto kriticky dôležitého determinantu našich osudov jednoducho nemôžeme odísť v horizonte niekoľkých desaťročí, o rokoch ani nehovoriac.

Úplnú dekarbonizáciu globálnej ekonomiky do roku 2050 si možno aktuálne predstaviť len za cenu nemysliteľného globálneho ekonomického ústupu alebo ako výsledok mimoriadne rýchlych premien spočívajúcich na takmer zázračnom technickom pokroku. Kto rozumný však dobrovoľne pristúpi k tomu prvému, keď nám stále chýba akákoľvek presvedčivá cenovo dostupná globálna stratégia, ako aj technické prostriedky na uskutočnenie toho druhého? Medzera medzi túžobnými želaniami a realitou je tu obrovská. V demokratickej spoločnosti však nijaká súťaž myšlienok a návrhov nemôže racionálne postupovať bez toho, aby nemali všetky strany k dispozícii aspoň malú dávku relevantných informácií o reálnom svete a prestali neustále predvádzať svoje predpojatosti a rozvíjať tvrdenia bez akejkoľvek súvislosti s fyzikálnymi možnosťami.

Táto kniha je pokusom zmenšiť predmetný deficit porozumenia a zrozumiteľne vysvetliť niektoré najzásadnejšie, rozhodujúce reality, ktoré určujú naše prežitie a prosperitu. Vôbec v nej nemienim robiť predpovede ani načrtávať úžasné či depresívne scenáre toho, čo má prísť. Napokon, tento dnes populárny – avšak neustále chybujúci – žáner netreba vôbec rozširovať. V dlhšom výhľade sa totiž nevyhnutne vyskytne toľko nečakaných zmien a posunov a toľko zložitých interakcií, že to nedokáže predvídať nijaké myšlienkové úsilie, či už jednotlivca, alebo kolektívne. Nebudem sa ani stavať za nijakú špecifickú (predpojatú) interpretáciu reality, či už vyznieva ako zdroj zúfalstva, alebo neobmedzených priaznivých očakávaní. Nie som ani pesimista, ani optimista. Som vedec, ktorý sa pokúša vysvetliť, ako naozaj funguje svet. Toto porozumenie využijem, aby sme si lepšie uvedomili budúce obmedzenia i príležitosti.

Také skúmanie je vždy selektívne. No každá zo siedmich kľúčových tém, ktoré som vybral, aby sme ich bližšie preskúmali, úspešne prechádza skúškou existenčnej nevyhnutnosti: v ich zvolenom rade niet

nijakej ľahkováŕnosti či povrchnosti. Prvá kapitola tejto knihy ukazuje, ako naše vysoko energetické spoločnosti trvale zvyšovali svoju závislosť od fosílnych palív všeobecne a od elektriny, najflexibilnejšej formy energie, konkrétne. Porozumenie týmto realitám slúŕi ako mimoriadne potrebná korekcia dnes beŕných tvrdení (zaloŕených na slabom porozumení zloŕitým realitám), ŕe sa môŕžeme poponáŕhať s dekarbonizáciou globálnej dodávky energie a ŕe zaberie len dve-tri desaťročia, kým sa budeme môcť spoliehať výlučne na obnoviteľné premeny energie. Hoci čoraz väčší diel výroby elektriny presúvame na nové obnoviteľné zdroje (slnečné a veterné, v protiklade s uŕ dávno úspešne zavedenou hydroenergetikou) a na cesty vychádzame s čoraz početnejšími elektrickými automobilmi, dekarbonizácia nákladnej automobilovej dopravy, leteckej a lodnej dopravy bude znamenať oveľa väčšiu výzvu. To platí aj o výrobe kľúčových materiálov bez ďalšieho spoliehania sa na fosílnu palivú ako suroviny.

V druhej kapitole tejto knihy sa zaoberáme absolútne prvoradou a nevyhnutnou podmienkou nášho preŕitia: produkciou potravín. Zameriavame sa na vysvetlenie, koľko z toho, na čo spoliehame vo vzťahu k preŕitiu, od pšenice cez rajčiny aŕ k morským rakom, má jedno spoločné: to, ŕe vyŕaduje značné priame i nepriame vstupy fosílnych palív. Uvedomenie si tejto zásadnej závislosti od fosílnych palív vedie k realistickému chápaniu našej pokračujúcej potreby fosílného uhlíka: ono je síce pomerne ľahké radšej generovať elektrinu veternými turbínami alebo solárnymi článkami, a nie spaľovaním uhlia alebo zemného plynu, avšak oveľa ŕaŕšie by bolo prevádzkovať celú poľnú mašineriu bez kvapalných fosílnych palív a vyrobiť všetky hnojivá a ďalšie agrochemikálie bez zemného plynu a ropy. V kocke: ešŕ dlhé desaťročia nebude možné primerane uŕiviť obyvateľstvo našej planéty bez vyuŕivania fosílnych palív ako zdrojov energie a surovín.

V tretej kapitole vysvetľujeme, ako a prečo je chod našich spoločností udrŕiavaný materiálmi vytvorenými ľudským dôvtipom. Zameriavame sa na to, čo nazývame ŕtyrmi piliermi modernej civilizácie: na amoniak, oceľ, betón a plasty. Chápanie týchto realít odhaľuje zavádzajúcu podstatu odnedávna módných tvrdení o dematerializácii moderných ekonomík, v ktorých prevládajú ŕuŕby a miniaturizované elektronické zariadenia. Pomerný pokles materiálových vstupov na jednotku mnohých finalizovaných výrobkov patril k definičným trendom moderných

priemyselných pokrokov. V absolútnych pojmoch však materiálové požiadavky rastú dokonca i v najbohatších spoločnostiach sveta a zotrávajú hlboko pod akýmkoľvek mysliteľnými saturačnými úrovňami v krajinách s nízkym príjmom, kde vlastníctvo dobre vybudovaných domov a bytov, kuchynských spotrebičov a klimatizácie (o automobiloch ani nehovoriac) zostáva pre miliardy ľudí naďalej iba snom.

Štvrtá kapitola je príbehom globalizácie, príbehom o tom, ako sa svet stal do takej vysokej miery prepojeným dopravou a komunikáciou. Táto historická perspektíva ukazuje, aké staré (fakticky prastaré) sú počiatky tohto procesu, avšak aj to, aký nedávny je jeho najväčší – a napokon skutočne globálny – rozsah. Bližší pohľad však objasňuje, že vo vzťahu k budúcemu postupu tohto ambivalentne vnímaného (značne vychvalovaného, značne spochybňovaného a značne kritizovaného) javu popravde nič nie je nevyhnutné. Nedávno sa v tejto súvislosti celosvetovo vyskytli isté zreteľné kroky späť a objavil sa aj všeobecný trend k populizmu a nacionalizmu, no nie je jasné, ako ďaleko to všetko zájde alebo v akom rozsahu tieto zmeny zmodifikuje kombinácia ekonomických, bezpečnostných a politických úvah.

V piatej kapitole podávame realistický rámec na posúdenie rizík, ktorým čelíme: moderné spoločnosti úspešne odstránili či aspoň zmenšili mnohé predtým smrteľné alebo zmrzačujúce riziká – vždy však bude okolo nás veľa hrozieb. Pritom sa nám opakovane nedarí správne zhodnotiť dané riziko. Podceňujeme či preháňame nebezpečenstvá, ktorým čelíme. Na konci tejto kapitoly čitatelia celkom dobre pochopia relatívne riziká pestrej palety bežných nedobrovoľných expozícií vonkajším vplyvom i dobrovoľných činností (od nešťastných pádov v domácnosti k medzikontinentálnym letom, od bývania v meste s výskytom hurikánov k zoskokom padákom) – a keď sa spolu prekliessime cez nezmysly priemyslu výživy, uvidíme rozličné možnosti, čo by sme mohli a mali byť, aby nám to pomohlo dlhšie žiť.

V šiestej kapitole sa najprv sústredíme na to, ako by aktuálne prebiehajúce environmentálne zmeny mohli ovplyvniť tri existenciálne nevyhnutnosti: kyslík, vodu a potraviny. V druhej časti kapitoly sa zameriame na globálne otepľovanie. Táto zmena prevládla v novších environmentálnych obavách a viedla k tomu, že na spoločenskej scéne sa objavil jednak nový, takmer apokalyptický katastrofizmus, jednak úplné popieranie tohto procesu. Namiesto opisu a posudzovania týchto súpe-

riacich tvrdení (urobilo sa to v azda už priveľkom počte iných kníh) zdôrazním, že v rozpore so značne rozšíreným vnímaním nejde o nedávno objavený fenomén: základné body tohto procesu chápeme už vyše 150 rokov. Navyše, skutočnú mieru oteplenia spojenú so zdvojnásobením atmosférického obsahu CO₂ si uvedomujeme už vyše sto rokov a pred bezprecedentnou (a neopakovateľnou) podstatou tohto planetárneho experimentu sme boli varovaní už pred vyše polstoročím (nepretrúšené presné merania atmosférického obsahu CO₂ sa začali v roku 1958). Rozhodli sme sa však že tieto vysvetlenia, varovania a zaznamenané fakty budeme ignorovať. Namiesto toho sme ďalej násobili naše spoliehanie na spaľovanie fosílnych palív. To vyústilo do závislosti, ktorú sa nepodarí prerušiť len tak ľahko či lacno. Stále sa nevie, ako rýchlo to zvládneme zmeniť. Nuž a pridajte k tomu všetky ostatné environmentálne obavy a musíte dospieť k záveru, že na kľúčovú existenciálnu otázku – dokáže ľudstvo realizovať svoje ašpirácie v rámci bezpečných hraníc biosféry? – niet ľahkých odpovedí. Imperatívom tu však je, aby sme porozumeli príslušným závažným faktom. Lebo iba tak môžeme problém riešiť efektívne.

V záverečnej kapitole sa pozrieme do budúcnosti, špecificky na nedávne protikladné sklony prijímať ako svetonázor katastrofizmus (tí, podľa ktorých zostávajú už len roky, kým na modernú civilizáciu spadne konečná opona) alebo technooptimizmus (tí, ktorí predpovedajú, že sila vynachádzania nám otvorí neobmedzené horizonty presahujúce hranice Zeme, čo premení všetky pozemské výzvy na bezvýznamné stránky histórie). Ako už asi predvídate, v tom či onom z uvedeného som našiel len malý úžitok. Vo svojej perspektíve neuprednostním ani jednu z týchto doktrín. Nepredvídam nijaký bezprostredne nastávajúci historický prelom ani v jednom z týchto smerov, nevidím nijaké vopred určené výsledky, ale skôr komplikovanú trajektóriu podmienenú našimi – zďaleka neukončenými – voľbami a rozhodnutiami.

Táto kniha spočíva na dvoch základoch: hojnosti vedeckých poznatkov a polstoročí môjho výskumu a písania kníh. To prvé zahŕňa jednotlivosti od takých klasických príspevkov, ako sú priekopnícke vysvetlenia premien energie a efektu skleníkových plynov z 19. storočia, až po najnovšie zhodnotenia globálnych výziev a pravdepodobností rizík. A túto knihu o ďalekosiahlych záležitostiach by som nenapísal bez desaťročí svojich interdisciplinárnych výskumov. Výťahy z ich výsledkov obsahujú

mnohé moje ďalšie knihy. Nerád sa uchylujem k prastarému porovnávaniu líšok a ježkov (líška pozná veľa vecí, ale ježko pozná jednu veľkú), moderných vedcov zvyčajne vnímam buď ako tých, ktorí vrátajú čoraz hlbšie diery (aktuálne prevládajúca cesta k vedeckej a celkovej sláve), alebo ako tých, ktorí prehľadávajú a skúmajú širšie horizonty (aktuálne výrazne menšinová skupina).

Nikdy ma nepriťahovalo vyvrátať najhlbšiu možnú diery a stať sa neprekonateľným pánom nepatrného kúsočka oblohy viditeľného z jej dna. Vždy som uprednostňoval pozorne si prezrieť danú vec v takej šírke a do takej diaľky, ako mi to len dovolili moje obmedzené schopnosti. Mojou hlavnou sférou záujmu počas celého života boli výskumy energie a jej využívania ľuďmi, keďže uspokojujúce zvládnutie tohto nesmierne rozsiahleho odboru vyžaduje skombinovať znalosti fyziky, chémie, biológie, geológie a techniky s pozornosťou k histórii a sociálnym, ekonomickým a politickým faktorom.

Takmer polovica z mojich teraz už vyše štyridsať (prevažne odbornejšie pojatých) kníh sa zaoberá rôznymi zreteľmi energie, od prieskumov všeobecnej energetiky a využívania energie v priebehu histórie, rozvinutých do šírky, po bližšie pohľady na jednotlivé kategórie palív (ropa, zemný plyn, biomasa) a špecifické vlastnosti a procesy (hustota energie, premeny energie). Druhá časť mojej autorskej produkcie prezrádza interdisciplinárne hľadanie: písal som o takých základných javoch, ako sú rast – vo všetkých jeho prírodných a antropogénnych maskách – a riziko, o globálnom životnom prostredí (biosféra, biogeochemické cykly, globálna ekológia, fotosyntetická produktivita a naše čerpanie z biosférických zdrojov), o potravinách a poľnohospodárstve, o materiáloch (predovšetkým o oceli a hnojivách), o technickom pokroku a pokroku i ústupe výroby, ako aj o histórii antického Ríma a modernej Ameriky a o japonskej strave.

Táto kniha – produkt mojej celoživotnej práce a napísaná pre najširšiu verejnosť – je nevyhnutne pokračovaním môjho dlhého pátrania po pochopení základných realít biosféry, histórie a sveta, ktorý sme vytvorili. A robím v nej znovu to, čo som utkvelo robil po desaťročia: dôrazne obhajujem odklon od extrémnych názorov. Nedávnych (čoraz hlasnejších či povrchnejších) zástancov takých postojov sklamem: nenájdu tu ani náreky nad koncom sveta v roku 2030, ani omámenie úžasnými transformatívnymi schopnosťami umelej inteligencie, ktoré majú prísť

skôr; ako si myslíme. V tejto knihe sa namiesto toho pokúšam poskytnúť základ umiernennejšej a nevyhnutne agnostickejšej perspektívy. Dúfam, že môj racionálny, vecný prístup čitateľom pomôže porozumieť, ako naozaj funguje svet a aké sú šance, že napokon ponúkne nasledujúcim generáciám lepšie výhľady.

Avšak ešte kým sa ponoríte do čítania o špecifických témach, mám tu jedno varovanie a azda aj jednu prosbu. V tejto knihe sa to priam hmýri číslami, lebo realite moderného sveta nemožno porozumieť len na základe kvalitatívnych opisov. Mnohé z týchto čísel sú nevyhnutne buď veľmi veľké, alebo, naopak, veľmi malé. S takými realitami sa najlepšie narába v pojmoch rádových hodnôt, označených celosvetovo platnými predponami. Ak nemáte základy v týchto veciach, pomôže vám v tom dodatok o tom, ako porozumieť (veľkým a malým) číslam. Preto môže byť pre niektorých čitateľov výhodnejšie, ak začnú knihu čítať od tohto dodatku na konci a potom sa vrátia na začiatok. Inak sa hneď stretieme v 1. kapitole, kde sa spoločne bližšie kvantitatívne pozrieme na energiu. Taká perspektíva by nikdy nemala vyjsť z módy.

1. AKO POROZUMIEŤ ENERGII

Palivá a elektrina

Zamyslime sa nad neškodným scenárom sťa by z vedeckej fantastiky: žiadne cestovanie k vzdialeným planétam pri hľadaní mimozemského života, ale Zem a jej obyvatelia ako ciele monitorovania na diaľku zo strany mimoriadne múdrej civilizácie, ktorá vysielala svoje sondy k blízkym galaxiám. Prečo to robia? Len kvôli uspokojeniu zo systematického poznávania a snád' aj preto, aby sa vyhli nebezpečným prekvapeniam, keby sa pre nich tretia planéta obiehajúca všednú hviezdu v istej špirálovej galaxii stala hrozbou, alebo snád' preto, že potrebujú druhý domov. Táto planéta preto periodicky hodnotí dianie na Zemi.

Predstavme si sondu, ktorá sa priblíži k našej planéte raz za 100 rokov a je naprogramovaná tak, aby uskutočnila druhý prelet (bližšie preskúmanie) len vtedy, ak odhalí predtým nepozorovaný druh premeny energie – zmenu energie z jednej formy na inú – alebo nový fyzikálny prejav na nej založený. Vyjadrené v základných fyzikálnych pojmoch, ľubovoľný proces – nech už je to dážď, sopečný výbuch, rast rastliny, živočíšna predácia, alebo rast ľudskej rozumnosti – možno definovať ako sled premien energie a niekoľkosto miliónov rokov po utvorení Zeme by sonda zaznamenala iba taký istý premenlivý, avšak v konečnom dôsledku monotónny obraz sopečných výbuchov, zemetrasení a atmosférických búrok.

ZÁSADNÉ POSUNY

Prvé mikroorganizmy sa objavili pred takmer 4 miliardami rokov, ale sondy prelietavajúce okolo Zeme ich nezaznamenávajú, lebo tieto životné formy sú vzácne a zostávajú skryté, spojené s alkalickými hydrotermálnymi prieduchmi na oceánskom dne. Úvodná príležitosť na ich bližšie preskúmanie sa však objaví v období pred 3 a pol miliardami rokov, keď prelietavajúca sonda zaznamená v plytkých moriach prvé jednoduché, jednobunkové fotosyntetické mikróby: ako pohlcujú blízke infračervené žiarenie – ktoré susedí z dlhovlnnej strany s viditeľným svetlom – a neprodukuje kyslík.¹ Po tomto uplynú stovky miliónov rokov bez príznakov hocakej zmeny, kým začnú sinice využívať energiu viditeľného prichádzajúceho slnečného žiarenia, aby premieňali CO₂ a vodu na nové organické zlúčeniny a vylučovali kyslík.²

Toto je radikálny posun, ktorý vytvorí okysličenú atmosféru Zeme, ale uplynie ešte dlhý čas, kým bude možné vidieť nové, zložitejšie vodné organizmy a sondy zdokumentujú vznik a rozšírenie jasne sfarbených červených rias (ich farbu spôsobuje fotosyntetický pigment fykoerytrín) a oveľa väčších hnedých rias, čiže chalúh. Zelené riasy sa objavili až o takmer pol miliardy rokov neskôr a vďaka novému rozhojneniu morských rastlín získali sondy lepšie senzory na monitorovanie morského dna. To sa im vyplatí, lebo pred vyše 600 miliónmi rokov uskutočnia sondy ďalší epochálny objav: existenciu prvých organizmov skladajúcich sa z diferencovaných buniek. Tieto ploché a mäkké tvory žijúce na morskom dne (nazývané ediakarská fauna podľa miesta v Austrálii, kde sa našli ich prvé fosílie) sú prvé jednoduché živočích, ktorých metabolizmus vyžaduje kyslík a ktoré sa na rozdiel od rias, s ktorými sa pohrávajú vlny a prúdy, dokážu samy pohybovať.³

A potom začnú sondy dokumentovať to, čo sú, v porovnávacom kontexte, rýchle zmeny: namiesto prelietania nad kontinentmi bez života a čakania stovky miliónov rokov pred zaprotokolovaním ďalšieho epochálneho posunu začínajú zaznamenávať stúpajúce, vrcholiace a ustupujúce vlny vzniku, šírenia a vymierania nesmierne pestrej palety biologických druhov. Toto obdobie sa začína od takzvanej kambrijskej explózie malých obyvateľov morského dna (od čias pred 541 miliónmi rokov, keď najprv dominovali trilobity) a pokračuje príchodom prvých

rýb, obojživelníkov, suchozemských rastlín a štvornohých (a preto výnimočne pohyblivých) živočíchov. Túto pestrosť znižujú či niekedy takmer odstraňujú opakované masové vymierania a dokonca ešte ani pred 6 miliónmi rokov nenájdu sondy žiadny organizmus, ktorý by dominoval celej planéte.⁴ Onedlho sondám takmer unikne význam mechanického posunu s obrovskými energetickými dôsledkami: mnohé štvornohé zvieratá krátko stoja alebo nemotorne kráčajú na dvoch nohách a pred vyše 4 miliónmi rokov sa táto forma pohybu stáva normou u malých tvorov, podobných ľudopom, ktorí začínajú tráviť viac času na zemi ako na stromoch.⁵

Časové rozpätia medzi podávaním správ o čomsi pozoruhodnom na domácu základňu sa teraz zmrštili zo stámiliónov rokov na státisíce. Potomkovia týchto raných dvojnožcov (v dlhej línii našich predkov ich zatriedujeme ako homininy, tvory patriace k rodu *Homo*) napokon urobia vec, ktorá ich uvedie na zrýchľujúcu sa dráhu k planetárnej dominancii. Pred niekoľkými stotisícmi rokov sondy odhalili prvé mimotelové použitie energie – vonkajšie vzhľadom na telo užívateľa; to znamená hocakú premenu energie popri trávení potravy – keď niektorí z týchto vzpriamene chodiacich tvorov zvládli oheň a začali ho zámerne využívať na varenie a zvýšenie pohodlia a bezpečnosti.⁶ Týmto kontrolovaným spaľovaním sa premieňa chemická energia rastlín na tepelnú energiu a svetlo, čo homininom umožnilo jesť predtým ťažko stráviteľné druhy potravy, zohrievať sa počas chladných nocí a udržiavať v bezpečnej vzdialenosti nebezpečné zvieratá.⁷ Toto boli prvé kroky k zámernému utváraniu a ovládaniu životného prostredia v bezprecedentnom meradle.

Tento trend sa zosilňuje s nasledujúcou pozoruhodnou zmenou, prijatím pestovania plodín. Pred približne 10 tisícročiami zaznamenali sondy prvé plochy zámerne pestovaných plodín ako malý diel celkovej fotosyntézy Zeme, ovládaný a manipulovaný ľuďmi, ktorí zdomácnili – vyseletovali, zasadili, ošetrovali a zberali úrodu – plodiny na svoj (odložený) prospech.⁸ Čoskoro nasledovali prvé zdomácnenia zvierat. Kým sa to stalo, jedinými prvotnými hýbateľmi či hnacími silami – teda premieňačmi chemickej energie (potrava) na kinetickú (mechanickú) energiu práce boli ľudské svaly. Zdomácnenie pracovných zvierat, ktoré sa začalo zdomácnením hovädzieho dobytku pred približne 9 000 rokmi, poskytuje prvú mimotelovú energiu inú ako z ľudských svalov – tieto zvieratá slúžia na poľné práce, čerpanie vody zo studní, ťahanie alebo

nosenie nákladov a osobnú dopravu. A oveľa neskôr prišli prvé neživočíšne hnacie sily: plachty pred vyše päťtisíc rokmi, vodné kolesá pred vyše dvetisíc rokmi a veterné mlyny pred vyše tisíc rokmi.¹⁰

Následne toho sondy nemajú veľa na pozorovanie, lebo nastúpilo ďalšie obdobie (relatívneho) spomalenia: storočie po storočí sa vyskytovalo len opakovanie, stagnácia alebo pomalý rast a šírenie týchto dávno zavedených premien. V Amerike a Austrálii (kde neboli nijaké ťažné zvieratá ani jednoduché mechanické zdroje hnacej sily) vykonávali pred príchodom Európanov všetku prácu ľudské svaly. V niektorých oblastiach predindustriálneho Starého sveta dodávali zapriahnuté zvieratá významnú časť energie na mletie obilnín, lisovanie oleja, drvenie a kovanie a ťažné zvieratá sa stali nenahraditeľnými pri ťažkých poľných prácach (predovšetkým pri orbe, lebo zber úrody sa stále robil ručne), doprave tovaru a vedení vojen.

V tomto bode však dokonca aj v spoločnostiach so zdomácnenými zvieratami a s mechanickými zdrojmi hnacej sily stále robili veľkú časť práce ľudia. Podľa môjho odhadu s použitím nevyhnutne približných minulých súčtov pracujúcich zvierat a ľudí a pri predpoklade typických denných rozsahov práce založených na dnešných meraniach fyzickej námahy – nech už na začiatku druhého tisícročia nášho letopočtu, alebo o 500 rokov neskôr (v roku 1500, na začiatku skorej modernej éry) – poskytovala vyše 90 percent všetkej užitočnej mechanickej energie živá sila, zhruba rovným dielom ľudia a zvieratá, pokým všetka tepelná energia pochádzala zo spaľovania rastlinných palív (väčšinou dreva a drevného uhlia, ale aj slamy a suchého trusu).

A potom v roku 1600 sa sonda zaktivizuje, a zaznamená čosi bezprecedentné. Skôr ako sa ďalej spoliehať výlučne na drevo, spoločnosť istého ostrova čoraz viac spaľuje uhlie, palivo vytvorené fotosyntézou pred desiatkami či stovkami miliónov rokov a fosilizované účinkom tepla a tlaku v priebehu dlhého uloženia pod zemou. Najlepšie rekonštrukcie ukazujú, že uhlie ako zdroj tepla v Anglicku prekonáva využívanie palív z biomasy okolo roku 1620 (a možno ešte skôr), do roku 1650 tam spaľovanie fosílného uhlíka dodáva dve tretiny všetkého tepla a v roku 1700 dosahuje tento podiel 75 percent.¹¹ Anglicko má v tomto ohľade mimoriadne skorý štart: všetky uhoľné revíry, ktoré urobili zo Spojeného kráľovstva vedúcu ekonomiku 19. storočia, dodávajú uhlie už pred rokom 1640.¹² A potom, na samom začiatku 18. storočia, sa