

# **Fritjof Capra** **Skryté súvislosti**



VYDAVATELSTVO  
SPOLKU SLOVENSKÝCH SPISOVATEĽOV



Edícia  
**pohľady za horizont**  
zv. 8. 



# **Fritjof Capra**

# **Skryté súvislosti**



VYDAVATELSTVO  
SPOLKU SLOVENSKÝCH SPISOVATELOV

Copyright © 2002 by Fritjof Capra. ALL RIGHTS RESERVED

Translation © 2009 by Izabela Viskupová

Cover design © 2009 Dušan Babjak

Slovak edition © 2009 by Vydavateľstvo Spolku slovenských spisovateľov, spol. s r. o.,  
Bratislava

e-mail: [vsss@stonline.sk](mailto:vsss@stonline.sk)

<http://www.vsss.sk>



Realizované s finančnou podporou  
Ministerstva kultúry Slovenskej republiky



VYDAVATEĽSTVO  
SPOLKU SLOVENSKÝCH SPISOVATEĽOV  
spol. s r. o.

Z anglického originálu Fritjof Capra - The Hidden Connections Anchor Books, New  
York, 2004 preložila Izabela Viskupova.

Zodpovedný redaktor Roman Kaliský - Hronský

Redigoval Mikuláš Šoóš

Obálka Dušan Babjak

Sadzba a tlač ETERNA Press

Vydanie prvé

Printed in Slovakia

ISBN 978 - 80 - 8061 - 383 -9

*Vzdelanie je schopnosť vnímať  
skryté súvislosti medzi jednotlivými javmi*

VÁCLAV HAVEL

# POĎAKOVANIE

Posledných dvadsaťpäť rokov praktizujem štýl výskumu, ktorý sa do značnej miery opiera o dialógy a diskusiu s jednotlivými ľuďmi, či malou skupinou priateľov a kolegov. Väčšina mojich poznatkov a myšlienok pochádza, prípadne sa hlbšie rozvíja, vďaka týmto intelektuálnym stretnutiam. Myšlienky, ktoré sú súčasťou tejto knihy, nie sú výnimkou.

Som mimoriadne vďačný:

- ▷ Pierovi Luigimu Luisimu za mnohé inšpirujúce rozhovory o podstate pôvodu života a za jeho vrúcnu pohostinnosť počas letnej školy v Cortone v auguste 1998 a počas ETH v Zürichu v januári 2001;
- ▷ Brianovi Goodwinovi a Richardovi Strohmanovi za podnetné diskusie o teórii komplexity a bunkovej biológii;
- ▷ Lynn Margulisovej za poučné rozhovory o mikrobiológii a za to, že mi predstavila dielo Harolda Morowitza;
- ▷ Franciscovi Valerovi, Geraldovi Edelmanovi a Rafaelovi Nuñezovi za obohacujúce diskusie o podstate vedomia;
- ▷ Georgeovi Lakoffovi za to, že ma uviedol do kognitívnej lingvistiky a za viaceré poučné rozhovory;
- ▷ Rogerovi Fotosovi za poučnú korešpondenciu o evolučnom pôvode jazyka a vedomia;
- ▷ Markovi Swillingovi za náročné diskusie o podobnostiach a rozdieloch medzi prírodnými a humanitnými vedami a za to, že mi predstavil dielo Manuela Castellsa;
- ▷ Manuelovi Castellsovi za jeho povzbudenie a podporu a za niekoľko podnetných systematických diskusií o základných konceptoch sociálnej teórie, technológii, kultúre a spleťostiach globalizácie;
- ▷ Williamovi Meddovi a Ottovi Scharmerovi za poučné rozhovory o humanitných vedách;
- ▷ Margaret Whetaleyovej a Myron Kellner-Rogersovi za inšpirujúce rozhovory o komplexnosti a sebausporiadaní v živých systémoch a v ľudských organizáciách, trvajúce niekoľko rokov;
- ▷ Oscarovi Motomurovi a jeho kolegom v AMANA-KEY za to, že ma neustále vyzývali k tomu, aby som aplikoval abstraktné myšlienky do profesionálneho vzdelávania a za ich vrúcnu pohostinnosť v brazílskom São Paulo;

- ▷ Angelike Siegmundovej, Mortenovi Flatauovi, Patricii Shawovej, Petrovi Sengemu, Etiennevi Wengerovi, Manuelovi Mangovi, Ralphovi Staceyemu a celej skupine Solar na Nene Northampton College za viaceré podnetné diskusie o teórii a praxi manažmentu;
  - ▷ Mae-Wan Hovi, Brianovi Goodwinovi, Richardovi Strohmanovi a Davidovi Suzukimu za poučné diskusie o genetike a genetickom inžinierstve;
  - ▷ Stevovi Duenesovi za nápomocný rozhovor o literatúre a metabolických sieťach;
  - ▷ Miguelovi Altierimu a Janet Brownovej za to, že mi pomohli porozumieť teórii a praxi agroekológie a ekologického poľnohospodárstva;
  - ▷ Vandane Shivaovej za početné inšpirujúce rozhovory o vede, filozofii, ekológii komunity a pohľade Juhu na globalizáciu;
  - ▷ Hazel Hendersonovej, Jerryemu Manderovi, Douglasovi Tompkinsovi a Debi Barkerovej za náročné rozhovory o technológii, trvalo udržateľnom rozvoji a globálnom hospodárstve;
  - ▷ Davidovi Orrovi, Paulovi Hawkenovi a Amorymu Lovinsovi za viaceré rozhovory plné informácií o ekodizajne;
  - ▷ Gunterovi Paulimu za dlhé podnetné rozhovory o ekologickom zoskupovaní priemyselných odvetví;
  - ▷ Janine Benyusovej za dlhé a inšpirujúce diskusie o povahe „technologických zázrakov“;
  - ▷ Richardovi Registerovi za viaceré diskusie o tom, ako aplikovať princípy ekodizajnu na mestskú architektúru;
  - ▷ Wolfgangovi Schachsovi a Ernst-Ulrichovi von Weizsäckerovi za rozhovory, obsahujúce informácie o politike Zelených;
  - ▷ Vere van Aeken za to, že mi predstavila feministickú perspektívu prehľadnej hmotnej spotreby.
- 
- ▷ Počas práce na tejto knihe za posledných pár rokov som mal to šťastie, že som sa mohol zúčastniť niekoľkých medzinárodných sympózií, kde o viacerých veciach, ktoré som skúmal, diskutovali authority z rôznych vedných oblastí. Som hlboko vďačný Václavovi Havlovi, prezidentovi Českej republiky a Oldřichovi Černému, výkonnému riaditeľovi Fóra 2000 za ich štedrú pohostinnosť na sympóziu Fóra 2000 v Prahe v rokoch 1997, 1999 a 2000;
  - ▷ Som zaviazaný Ivanovi Havlovi, riaditeľovi pražského Centra pre teoretické štúdiá za to, že mi umožnil zúčastniť sa v marci 1998 na sympóziu o vede a teleológii, ktoré sa konalo na Karlovej univerzite;
  - ▷ Som veľmi vďačný Medzinárodnému výskumnému stredisku Piera Manzù za to, že ma pozvali na sympóziu o povahe vedomia v talianskom Rimini v októbri 1999;
  - ▷ Som zaviazaný Helmutovi Milzovi a Michaelovi Lernerovi za to, že mi počas dvojdnového sympózia v Commonwealth Center v kalifornskom

Bolinas umožnili diskutovať o súčasnom psychosomatickom výskume s najvýznamnejšími odborníkmi v tejto oblasti. Sympóziu sa konalo v januári 2000;

- ▷ Som vďačný Medzinárodnému fóru o globalizácii za to, že ma pozvali na dva intenzívne a veľmi poučné semináre o globalizácii v San Franciscu (apríl 1997) a v New Yorku (2001);
- ▷ Keď som pracoval na tejto knihe, mal som dve cenné príležitosti predstaviť svoje predbežné myšlienky medzinárodnému obecnstvu. Boli to na Schumacher College v Anglicku v lete 1998 a 2000. Som hlboko zaviazaný Satish Kumarovi a komunitě Schumacher College, že svoju pohostinnosť voči mne a mojej rodine v minulosti prejavili tak, že náš pobyt často predĺžili. Zaviazaný som aj svojim študentom za ich nespočetné kritické otázky a užitočné návrhy;
- ▷ Počas mojej práce v Centre pre ekologickú vzdelanosť v Berkley som mal veľa príležitostí diskutovať o nových myšlienkach, súvisiacich so vzdelávaním o trvalodržateľnom živote s niekoľkými vynikajúcimi pedagógmi. Veľmi mi to pomohlo zdokonalení môjho koncepčného rámca. Som veľmi vďačný Petrovi Buckleymu, Gayovi Hiaglandovi a predovšetkým Zenobii Barlowovej za to, že mi poskytla túto príležitosť;
- ▷ Chcel by som poďakovať svojmu literárnemu agentovi Johnovi Brockmanovi za jeho povzbudenie a za to, že mi pomohol s pôvodným konceptom tejto knihy; Som veľmi vďačný svojmu bratovi Bertovi Caprovi za to, že prečítal celý rukopis a za jeho nadšenú podporu a viaceré cenné rady. Som veľmi vďačný aj Ernstovi Callenbachovi a Manuelovi Castellsovi za prečítanie rukopisu a za ich početné kritické pripomienky;
- ▷ Som zaviazaný svojej asistentke Trene Clelendovej za vynikajúce zredigovanie rukopisu a za to, že moja domáca kancelária vďaka nej hladko fungovala, kým som sa ja plne sústredil na písanie; Som vďačný svojmu vydavateľovi Rogerovi Schollovi z Doubleday za jeho rady a podporu a Sarah Reinoneovej za to, že na rukopis dozerala počas jeho publikovania;
- ▷ A napokon by som rád vyjadril hlbokú vďačnosť svojej manželke Elizabeth a dcére Juliette za ich trpezlivosť a pochopenie počas viacerých dlhých mesiacov namáhavej práce.

# Obsah

|                   |    |
|-------------------|----|
| Podakovanie ..... | 6  |
| Úvod .....        | 11 |

## **PRVÁ ČASŤ** **ŽIVOT, MYSEĽ A SPOLOČNOSŤ** **15**

|                        |    |
|------------------------|----|
| kapitola 1             |    |
| PODSTATA ŽIVOTA .....  | 17 |
| 2. kapitola            |    |
| MYSEĽ A VEDOMIE .....  | 44 |
| 3. kapitola            |    |
| SOCIÁLNA REALITA ..... | 76 |

## **DRUHÁ ČASŤ** **VÝZVY 21. STOROČIA** **99**

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 4. kapitola                              |     |
| ŽIVOT A VEDENIE ORGANIZÁCIÍ .....        | 101 |
| 5. kapitola                              |     |
| SIETE GLOBÁLNEHO KAPITALIZMU .....       | 129 |
| 6. kapitola                              |     |
| BOD ZLOMU V OBLASTI BIOTECHNOLÓGIE ..... | 155 |
| 7. kapitola                              |     |
| ZMENA PRAVIDIEL HRY .....                | 200 |
| Doslov                                   |     |
| NÁJDENIE ZMYSLU .....                    | 248 |
| Zoznam použitej literatúry .....         | 254 |



Cieľom tejto knihy je popularizovať nové chápanie života, ktoré bolo skoncipované z aplikovania teórie komplexity na sociálnu oblasť. Uvádzam v nej preto pojmový rámec, ktorý integruje biologické, kognitívne a sociálne rozmery života. Mojim cieľom je čitateľovi ponúknuť nielen zjednotený pohľad na život, myseľ a spoločnosť, ale aj vyvinúť ucelený systematický prístup k niektorým ťažiskovým otázkam súčasnosti.

Kniha je rozdelená na dve časti. V prvých troch kapitolách prvej časti predstavím nový teoretický rámec, ktorý sa zaoberá podstatou života, mysle a vedomia a podstatou sociálnej reality v uvedenom poradí. Čitateľa, ktorí sa viac zaujímajú o praktickú aplikáciu tohto rámca, mali by sa obrátiť priamo na druhú časť knihy (4. – 7. kapitola). Sú to nezávislé kapitoly, no objavujú sa v nich referencie na príslušné teoretické pasáže pre tých, ktorí si želajú ísť väčšmi do hĺbky.

V 4. kapitole sociálnu teóriu, uvedenú v predošlej kapitole, aplikujem na manažment ľudských organizácií. Zameriavam sa predovšetkým na otázku: do akej miery možno ľudské organizácie považovať za živé systémy.

V 5. kapitole svoju pozornosť presuniem na svet zo širšej perspektívy s cieľom zamerať sa na jednu z najsúrnejších a najkontroverznejších problémov našej doby – sú to výzvy a hrozby hospodárskej globalizácie, riadené pravidlami Svetovej obchodnej organizácie (WTO) a inými inštitúciami globálneho kapitalizmu.

V kapitole 6. sa venujem systematickému rozboru vedeckých a mravných problémov v oblasti biotechnológie (genetické inžinierstvo, klonovanie, geneticky modifikované potraviny atď.). Zvláštny dôraz kladiem na nedávnu koncepcnú revolúciu v genetike, ktorá sa odohrala v rámci Projektu ľudský genóm a na objavy, ktoré s ním súvisia.

V 7. kapitole rozoberám svetovú situáciu na začiatku nového storočia. Ponúkam v nej analýzu niekoľkých najdôležitejších environmentálnych a sociálnych problémov a ich prepojenia s našimi hospodárskymi systémami. Následne popisujem narastajúcu svetovú „koalíciu zo Seattle“, pozostávajúcu z mimovládnych organizácií a jej zámer prebudovať globalizáciu v súlade s odlišnými hodnotami. Záverečná časť tejto kapitoly sa

zaobrá nedávnym dramatickým nárastom praktík ekologického dizajnu a rozoberá ich dôsledky na prechod k udržateľnej budúcnosti.

Ide o pokračovanie a rozšírenie mojej predošlej publikácie. Od sedemdesiatych rokov minulého storočia som sa v rámci svojej výskumnej a literárnej činnosti zameriaval na jedinú ústrednú tému: fundamentálna zmena svetonázoru, ku ktorej dochádza vo vede a spoločnosti, rozvoj novej vízie reality a sociálne dôsledky tejto kultúrnej transformácie.

Vo svojej prvej knihe *Tao fyziky* (1975) som sa zaoberal filozofickými dôsledkami dramatických zmien koncepcií a myšlienok, ku ktorým došlo počas prvých troch desaťročí dvadsiateho storočia vo fyzike (ktorá je mojim pôvodným odborom) a ktoré ešte aj dnes rozvíjame v rámci súčasnej teórie hmoty.

Moja druhá kniha *Bod zlomu* poukázala na to, ako sa pokrok v modernej fyzike stal predzvesťou podobného pokroku vo viacerých iných vedeckých disciplínach, ako aj príslušnej transformácie svetonázoru a spoločenských hodnôt. Zaoberal som sa konkrétne posunom paradigiem v oblasti biológie, medicíny, psychológie a ekonómie. Zistil som pritom, že všetky tieto disciplíny sa tým či oným spôsobom zaoberajú otázkou života (otázkou živých biologických a sociálnych systémov). Preto bola v týchto oblastiach „nová fyzika“ nevhodná ako paradigma, či zdroj metafory. Fyzikálnu paradigmu musel nahradiť širší pojmový rámec, taká vízia reality, v ktorej by život zohrával ústrednú úlohu.

Boli to hlboké zmeny môjho chápania. Odohrali sa postupne pôsobením viacerých vplyvov. V roku 1988 som pod názvom *Neobyčajná múdrosť: Rozhovory s pozoruhodnými ľuďmi* vydal osobný popis tejto svojej intelektuálnej púte.

Na začiatku osemdesiatych rokov minulého storočia, keď som napísal *Bod zlomu*, nová vízia reality, ktorá mala napokon nahradiť mechanistický karteziánsky svetonázor, vôbec nebola jasne formulovaná. Jej vedeckú formuláciu som nazval „systémový svetonázor“, čím som narážal na intelektuálnu tradíciu systémového myslenia. Tvrdil som tiež, že filozofická škola hĺbkovej ekológie, ktorá neoddeľuje ľudí od prírody, no uznáva vrodenu hodnotu všetkých ľudských bytostí, by mohla predstavovať ideálny filozofický či dokonca duchovný kontext novej vedeckej paradigmy. Dnes, o dvadsať rokov neskôr, stále zastávam ten istý názor.

Počas nasledujúcich rokov som preskúmal dôsledky hĺbkovej ekológie a systémového názoru na život, a to za pomoci priateľov a kolegov z rôznych vedeckých oblastí. Výsledok nášho bádania som uverejnil v niekoľkých knihách. *Zelená politika* (ktorej spoluautorom je Charlene Spretnaková, 1984) rozoberá vzostup Strany zelených v Nemecku; *Súčasť*

*vesmíru* (spoluautormi sú David Steindl-Rast a Thomas Mats, 1991) sa zaoberá podobnosťou nového vedeckého myslenia a kresťanskej teológie; *EcoManagement* (spoluautormi sú Ernest Callenbach, Lenore Goldmanová, Rüdiger Lutz a Sandra Marburgová, 1993) navrhuje pojmový a praktický rámec pre ekologicky uvedomelý manažment a *Smerovanie obchodu k udržateľnému rozvoju* (spoluautorom je Gunter Pauli, 1995) je zbierkou esejí, pochádzajúcich od vedúcich pracovníkov z oblasti obchodu, ekonómov, ekológov a iných, navrhujúcich praktické postupy s cieľom zvládnuť výzvy, súvisiace s ekologickou udržateľnosťou. Počas týchto objavov sa moja pozornosť sústredila (a ešte stále sústreďuje) na procesy a vzorce organizácie živých systémov – teda na „skryté súvislosti medzi jednotlivými javmi“.

Systémový pohľad na život, ako to uvádzam v knihe *Bod zlomu*, nebol ucelenou teóriou živých systémov, ale skôr novým spôsobom rozmyšľania o živote, vrátane nových pohľadov, nových jazykových pojmov a konceptov. Išlo o koncepčný rozvoj, odohrávajúci sa v popredí vedy, ktorý vytvoril intelektuálnu klímu, spôsobujúcu v nasledujúcich rokoch dôležité zmeny. Jeho priekopníkmi sa stali vedci z viacerých vedeckých oblastí.

Od tej doby vedci a matematici významne pokročili na ceste k vytvoreniu teórie živých systémov. Stalo sa tak vďaka novej matematickej teórii (súboru matematických konceptov a techník), ktorá popisuje a analyzuje komplexnosť živých systémov. Populárna literatúra ju často označuje ako „teóriu zložitosti“ alebo „vedu o komplexite“. Vedci a matematici ju radšej nazývajú prozaickejšie – „nelineárna dynamika“.

Až donedávna nás veda učila, aby sme sa nelineárnym rovnicami vyhýbali, lebo sa skoro nadali vyriešiť. V sedemdesiatych rokoch minulého storočia sa však vedcom po prvý raz podarilo pomocou vysokovýkonných počítačov tieto rovnice rozlúsknuť. Vďaka tomu vyvinuli niekoľko nových konceptov a techník, ktoré postupne vyústili do uceleného matematického systému.

V sedemdesiatych a osemdesiatych rokoch minulého storočia mal záujem o nelineárne javy za následok celý rad významných teórií, ktoré dramaticky vylepšili naše chápanie viacerých kľúčových charakteristík života. Vo svojej najnovšej knihe *Tkanivo života* (1996) som zhrnul komplexitu z matematického hľadiska a uviedol som aj syntézu súčasných nelineárných teórií živých systémov, ktoré sa dajú poňať ako náčrt rozvíjajúceho sa vedeckého chápania života.

Počas osemdesiatych rokov minulého storočia sa aj hĺbková ekológia ďalej rozvíjala a cibčila. O príbuzných disciplínach sa objavilo veľa člán-

kov a kníh – napríklad eko-feminizmus, eko-psychológia, eko-etika, sociálna ekológia, či transpersonálna ekológia. V prvej kapitole *Tkaniva života* som preto uviedol aktuálny prehľad hĺbkovej ekológie a jej vzťahu k týmto filozofickým školám.

Nové vedecké chápanie života, založené na konceptoch nelineárnej dynamiky, predstavuje z koncepcného hľadiska zlomový moment. Po prvý raz používa efektívny jazyk, umožňujúci opísať a analyzovať komplexné systémy. Pred rozvojom nelineárnej dynamiky nejestvoval koncept atraktora, fázového diagramu, bifurkačných diagramov či fraktálov. Dnes si vďaka týmto konceptom môžeme klásť nové otázky. Viedli k významnému posunu v chápaní vo viacerých vedeckých oblastiach.

Moje použitie systémového prístupu aj na sociálnu oblasť explicitne zahŕňa aj hmotný svet. Je to niečo neobyčajné, lebo humanitní vedci sa pôvodne nezaujímali o svet hmotný. Naše akademické disciplíny sú usporiadané tak, že prírodné vedy sa venujú hmotným štruktúram, kým humanitné vedy štruktúram sociálnym. Tie sú v zásade chápané ako pravidlá správania sa. V budúcnosti nebude už toto prísne rozdelenie možné, lebo kľúčovou výzvou nového storočia (a to nielen pre prírodných vedcov a vedcov z oblasti humanitných vied, ale aj pre všetkých ostatných) bude budovanie ekologicky udržateľných komunít s takými technológiami a sociálnymi inštitúciami (ich materiálne a sociálne štruktúry), ktoré sa nebudú krížiť s vrodenuou schopnosťou prírody udržať život.

Princípy, na ktorých budeme budovať budúce sociálne inštitúcie, musia byť skĺbené s organizačnými princípmi, ktoré príroda vyvinula na to, aby udržala postupnosť (nepretržitosť, niť) života. Z hľadiska tejto úlohy bude dôležitý jednotný koncepčný rámec chápania materiálnych aj sociálnych štruktúr. Cieľom tejto knihy je pokus o prvý náčrt takého rámca.

*Berkley, august 2002*

*Fritjof Capra*

PRVÁ ČASŤ

---

# ŽIVOT, MYSEĽ A SPOLOČNOSŤ



## PODSTATA ŽIVOTA

Ešte pred predstavením nového zjednoteného rámca chápania biologických a sociálnych javov by som sa rád znova venoval odvekej otázke „Čo je život?“ a pozrel sa na ňu z novej perspektívy.<sup>1</sup> Hneď na začiatku chcem zdôrazniť, že sa tejto otázke nebudem venovať v plnom ľudskom ponímaní, ale k nej budem pristupovať z prísne vedeckej perspektívy. Tá bude navyše na začiatku zúžená na život ako biologický jav. V rámci tohto zúženého chápania by sme túto otázku mohli preformulovať nasledovne: „Čo je definujúcim znakom živých systémov?“

Vedci z humanitných oblastí by možno radi postupovali v opačnom poradí, teda tak, že by najprv identifikovali a definovali určujúce znaky sociálnej reality a až potom by sa presunuli do oblasti biológie, integrujúc ju s príslušnými koncepciami v jednotlivých prírodných vedách. Bez pochyb by bolo možné pristupovať k tejto otázke aj týmto spôsobom. Ale vzhľadom na to, že som vzdelaním prírodovedec a že som si už predtým osvojil syntézu tejto novej koncepcie života v týchto disciplínach, je pre mňa prirodzené začať od nich.

Mohol by som povedať aj to, že sociálna realita sa napokon aj tak vyvinula zo sveta biológie pred 2 až 4 miliónmi rokov, keď sa druh „južných ľudoopov“ (*australopithecus afarensis*) postavil na nohy a začal chodiť. V tom čase sa u prvých hominidov vyvinul komplexný mozog, ako aj schopnosť výroby nástrojov a reč. Nemohúcnosť ich predčasne narodených detí viedla k sformovaniu rodín a komunit, poskytujúcich potrebnú pomoc, ktoré sa stali základom ľudského sociálneho života.<sup>2</sup> Chápanie sociálnych javov v kontexte zjednenej koncepcie evolúcie života a vedomia je teda zmysluplné.

## Bunky

Keď sa pozrieme na obrovskú rozmanitosť živých organizmov (zvieratá, rastliny, ľudia, mikroorganizmy), okamžite zistíme niečo dôležité: všetok biologický život pozostáva z buniek. Bez buniek by na tejto Zemi nebolo života. Možno že to tak nebolo odjakživa (k tejto otázke sa ešte vrátim<sup>3</sup>), ale dnes môžeme s istotou povedať, že všetok život obsahuje bunky.

Tento poznatok nám umožňuje osvojiť si stratégiu, ktorá je pre vedecké metódy typická. S cieľom určiť definujúce znaky života budeme hľadať a potom študovať ten najjednoduchší systém, ktorý tieto znaky vykazuje. Táto redukcionistická stratégia sa vo vede osvedčila pre svoju veľkú efektivitu – samozrejme za predpokladu, že sa človek nechytí do pasce a nezačne si myslieť, že komplexné entity sú len súčtom jednoduchších častí, z ktorých sa skladajú.

Keďže vieme, že všetky živé organizmy sú buď jednobunkové alebo viacbunkové, vieme aj to, že najjednoduchším žijúcim systémom je bunka<sup>4</sup>. Presnejšie povedané, je ňou bunka baktérie. Vieme, že všetky vyššie formy života sa vyvinuli z bakteriálnej bunky. Jej najjednoduchšie formy patria do rodu drobných, guľatých baktérií známych ako mykoplazma s priemerom menším, ako tisícina milimetra. Ich genóm pozostáva z jedinej kruhovej molekuly dvojláknovej DNA<sup>5</sup>. Avšak aj v týchto maličkých bunkách neúnavne funguje komplexná sieť metabolických procesov, ktoré do bunky prinášajú živiny a odnášajú z nej odpadové látky. Sústavne pritom využívajú molekuly jednotlivých druhov potravy na to, aby z nich vytvorili bielkoviny a iné súčasti bunky.

Napriek tomu, že mykoplazma čo do vnútornej zložitosti predstavuje minimalistický typ bunky, tieto bunky dokážu prežiť len vo veľmi špecifickom a pomerne komplexnom chemickom prostredí. Biológ Harold Morowitz uvádza, že práve táto skutočnosť má za následok, že musíme rozlišovať medzi dvoma druhmi zložitosti buniek<sup>6</sup>. Vnútna zložitosť znamená, že biochémia vnútorného prostredia organizmu je jednoduchá, prípadne zložitá. Ekologická zložitosť naproti tomu vyjadruje to, že organizmus má na svoje vonkajšie prostredie len málo či naopak veľa chemických požiadaviek.

Z ekologického hľadiska sú najjednoduchšími baktériami sinice – predkovia modrozelených rias. Aj tie zaraďujeme medzi najstaršie baktérie. Zvyšky chemikálií, z ktorých pozostávajú, sa našli v najstarších skamenelinách. Niektoré z týchto modrozelených baktérií si dokážu jednotlivé organické komponenty vybudovať výhradne z kyslíčnika uhličitého,

vody, dusíka a minerálov. Je zaujímavé, že ich pomerne veľká ekologická jednoduchosť vyžaduje určitú mieru vnútornej biochemickej zložitosti.

## **Ekologická perspektíva**

Vzťah medzi vnútornou a ekologickou zložitosťou chápeme ešte stále len chabo. Čiastočne je to preto, že väčšina biológov si nezvykla na ekologickú perspektívu. Morowitz vysvetľuje:

Trvalo udržateľný život je skôr vlastnosť ekologického systému, ako len jediného organizmu či druhu. Klasická biológia má tendenciu sústrediť svoju pozornosť viac na jednotlivé organizmy, ako na biologické kontinuum. Pôvod života je tak chápaný ako jedinečná udalosť, v rámci ktorej sa určitý organizmus vynorí z okolitého prostredia. Ekologicky vyváženejší je však názor, ktorý preskúmava proto-ekologické cykly a ďalšie chemické systémy, ktoré sa museli vyvinúť a prekvitať v dobe, keď sa objavili nezávislé organizmy.<sup>7</sup>

Nijaký organizmus v izolácii neprežije. Zvieratá sú z hľadiska svojich energetických potrieb závislé od fotosyntézy rastlín. Rastliny sú zas závislé od kyslíčnika uhličitého, pochádzajúceho od zvierat, ako aj od dusíka, ktorý viažu baktérie pri ich koreňoch. Rastliny, zvieratá a mikroorganizmy spolu regulujú celú biosféru a udržiavajú podmienky, umožňujúce život. Podľa Teórie Gaia od Jamesa Lovelocka a Lynn Margulisovej<sup>8</sup> evolúcia postupovala od prvých živých organizmov ruka v ruke s transformáciou povrchu našej planéty – teda od anorganického prostredia k biosfére, schopnej samoregulácie. „V tomto zmysle“, píše Harold Morowitz „je život skôr vlastnosťou planét, ako jednotlivých organizmov“.<sup>9</sup>

## **Život definovaný na základe DNA**

Vráťme sa však k otázke „Čo je život?“ a spýtajme sa: Ako vlastne funguje bakteriálna bunka? Čo patrí k jej charakteristickým znakom? Keď sa na bunku pozrieme pod elektrónkovým mikroskopom, všimneme si, že jej metabolické procesy súvisia so špeciálnymi makromolekulami – veľmi veľkými molekulami pozostávajúcimi z dlhých reťazcov stoviek ató-

mov. Vo všetkých bunkách možno nájsť dva typy takýchto makromolekúl: bielkoviny a nukleové kyseliny (DNA a RNA).

V bakteriálnej bunke sa v zásade vyskytujú dva druhy bielkovín – enzýmy, ktoré sú katalyzátormi jednotlivých metabolických procesov a štrukturálne bielkoviny, ktoré sú súčasťou bunkovej štruktúry. U vyšších organizmov sa vyskytuje aj veľa iných druhov bielkovín so špecifickými funkciami – napríklad protilátky v imunitnom systéme alebo v hormónoch.

Keďže väčšinu metabolických procesov katalyzujú enzýmy, ktoré sú špecifikované pomocou génov, znamená to, že bunkové procesy sú riadené geneticky. To im dodáva veľkú stabilitu. Molekuly RNA fungujú ako poslovia, doručujúci kódované informácie, potrebné na syntézu enzýmov z DNA. Predstavujú tak dôležité prepojenie medzi genetikou a metabolizmom bunky.

DNA je zodpovedná za samoreplikáciu bunky, ktorá je rozhodujúcou charakteristickou črtou života. Bez nej by všetky náhodne vytvorené štruktúry zanikli alebo sa stratili a život by nikdy nemohol napredovať ďalej. Vzhľadom na túto obrovskú dôležitosť DNA by sa mohlo zdať, že by sme ju mali považovať za *jediný* charakteristický znak života. Mohli by sme jednoducho povedať: „Živé systémy sú chemické systémy obsahujúce DNA“.

Problémom tejto definície je však to, že aj mŕtve bunky obsahujú DNA. Molekuly DNA sa v skutočnosti dokážu zachovať stovky, ba tisíce rokov po smrti organizmu. Veľkolepým príkladom je prípad, ktorý sa objavil pred niekoľkými rokmi, keď sa nemeckým vedcom podarilo identifikovať presnú genetickú sekvenciu DNA z lebky, pochádzajúcej z Holandska – tieto kosti boli mŕtve vyše 100 000 rokov!<sup>10</sup>

Samotná prítomnosť DNA z hľadiska definovania života teda nestačí. Musíme ju prinajmenšom modifikovať, a to nasledovne: „Živé systémy sú chemické systémy, obsahujúce DNA, ktoré ešte nezomreli.“ Tým však v zásade tvrdíme, že „živý systém je systém, ktorý je nažive“ – a to je tautológia.

Toto malé cvičenie nám ukázalo, že molekulárna štruktúra bunky na definíciu života nestačí. Musíme popísať aj metabolické procesy bunky – teda štruktúru vzťahov medzi jednotlivými makromolekulami. Tento prístup sa zameriava na bunku ako celok, nielen na jej časti. Podľa biochemika Piera Luigiho Luisiho, špecialistu na molekulárnu evolúciu a pôvod života, predstavujú tieto dva prístupy („na DNA zameraný“ a „na bunku zameraný“) dva hlavné filozofické a experimentálne prúdy v súčasných vedách o živote.<sup>11</sup>

## Membrány – základ identity buniek

Pozrime sa teraz na bunku ako celok. Bunku charakterizujú predovšetkým jej hranice (membrána bunky), ktoré oddeľujú dva systémy – „samotnú bunku“ a jej prostredie. Vo vnútri týchto hraníc jestvuje sieť chemických reakcií (metabolizmus bunky), vďaka ktorým sa tento systém udržiava pri živote.

Väčšina buniek má okrem membrány aj iné hranice, ako napríklad pevné steny bunky alebo kapsuly. Ide o bežné charakteristické črty mnohých druhov buniek, avšak len membrána predstavuje univerzálnu črtu života na úrovni buniek. Život na Zemi sa od svojho počiatku spájal s vodou. Baktérie sa pohybujú vo vode a aj metabolizmus vo vnútri ich membrán sa odohráva vo vodnom prostredí. V takomto tekutom prostredí by bunka nemohla nikdy prežiť ako oddelená entita bez toho, aby si vytvorila nejakú fyzickú bariéru voči voľnej difúzii. Existencia membrán je preto základnou podmienkou ich života. Membrány nie sú teda len univerzálnou charakteristickou črtou života. V rámci živého sveta majú dokonca aj rovnaký typ štruktúry. Zistíme, že detaily molekúl, súvisiace s touto univerzálnou štruktúrou membrány, sú dôležitým vodidlom pri objavovaní pôvodu života.<sup>12</sup>

Membrána sa od bunkovej steny veľmi líši. Zatiaľ čo bunková stena má pevnú štruktúru, membrány sú neustále aktívne – sústavne sa zatvárajú a otvárajú, pričom niektorým látkam dovoľia preniknúť do bunky, iným nie. Metabolické reakcie bunky súvisia s rôznymi iónmi. Polo priepustná membrána reguluje ich pomer a udržiava ich v rovnováhe. Ďalšou významnou činnosťou, na ktorej sa membrána podieľa, je, že sústavne z bunky pumpuje vápnikový odpad tak, aby úroveň vápnika vo vnútri bunky mala stabilne presnú, nízku úroveň, vhodnú pre metabolické funkcie bunky. Všetky tieto činnosti napomáhajú tomu, aby bunka zostala samostatnou entitou a ochraňujú ju pred škodlivými vplyvmi prostredia. Vlastne prvou vecou, ktorú baktéria urobí pri napadnutí iným organizmom, je, že si vytvorí membrány.<sup>13</sup>

Všetky bunky obsahujúce jadro, a aj väčšina baktérií, majú aj vnútornú membránu. V učebniciach býva rastlinná alebo živočíšna bunka väčšinou vyobrazená ako veľký disk obklopený bunkovou membránou, obsahujúci veľa malých diskov (organely), pričom každý z nich je obklopený svojou vlastnou membránou.<sup>14</sup> Nie je to však celkom presná predstava. Bunka neobsahuje niekoľko od seba oddelených membrán. Má skôr jeden prepojený systém membrán. Tento takzvaný „endomembránový systém“ je neustále v pohybe, ovíja sa okolo všetkých organel a siaha až

k okraju bunky. Nazývajú to „pásovým dopravníkom“, ktorý sa neustále tvorí, rozkladá a znova vytvára.<sup>15</sup>

Membrána svojou činnosťou reguluje molekulárne zloženie bunky, čím zachováva jej identitu. Jestvuje tu zaujímavá podobnosť so súčasným myslením v oblasti imunológie. Niektorí imunológovia sa dnes nazdávajú, že hlavnou úlohou imunitného systému je kontrola a regulácia molekulárneho repertoára v organizme, čím sa zachováva „molekulárna identita“ organizmu<sup>16</sup>. Na bunkovej úrovni zohráva bunková membrána podobnú úlohu. Reguluje molekulárne zloženie, čím zachováva identitu bunky.

## Sebautváranie

Bunková membrána je prvou základnou charakteristickou črtou života bunky. Druhou je charakter metabolizmu, ku ktorému dochádza vo vnútri bunky. Slovom mikrobiologičky Lynn Margulisevej: „Metabolizmus, tie neutíchajúce chemické procesy smerujúce k sebaudržaniu, je základnou črtou života...Vďaka neutíchajúcemu metabolizmu, vďaka prúdeniu chemických látok a energie, dochádza k neustálemu vytváraniu, obnoveniu a zachovávaniu života samotného. Len bunky a organizmy zložené z buniek majú schopnosť metabolizovať“.<sup>17</sup>

Keď sa na metabolické procesy pozrieme bližšie, všimneme si, že vytvárajú akúsi chemickú sieť. Je to ďalšia zo základných charakteristických črt života. Tak ako vnímame ekosystémy v zmysle potravinových reťazcov (reťazcov zložených z organizmov), vnímame aj organizmy ako siete, pozostávajúce z buniek, orgánov a systémov orgánov a napokon bunky ako siete pozostávajúce z molekúl. Jeden z kľúčových poznatkov v rámci systémového prístupu bolo uvedenie si skutočnosti, že siete sú vzorcom, ktorý je spoločný všetkému živému. Všade, kde vidíme život, vidíme aj siete.

Metabolická sieť bunky sa spája s veľmi špecifickou dynamikou, ktorá sa výrazne líši od neživého prostredia obklopujúceho bunku. Vďaka živinám, pochádzajúcim z vonkajšieho prostredia, sa bunka udržiava pri živote prostredníctvom siete chemických reakcií, ku ktorým dochádza v jej vnútri, a ktoré vedú k vytvoreniu všetkých komponentov danej bunky, vrátane samotnej hranice, ktorá ju oddeľuje od vonkajšieho prostredia.<sup>18</sup>

Úlohou každého z komponentov tejto siete je transformovať alebo nahradzať iné komponenty tak, aby dochádzalo k sústavnému vytváraniu

celej siete. Toto je kľúčovým faktorom systémovej definície života: živé siete sa sústavne vytvárajú a pretvárajú tak, že transformujú alebo nahradzajú komponenty, z ktorých sú zložené. Prechádzajú tak vlastne neustálymi štrukturálnymi zmenami a zachovávajú si pritom sieťovitú organizačnú štruktúru.

Dynamiku tohto sebaautovárania označili biológovia Humberto Maturana a Francisco Varela za základnú charakteristickú črtu života a pomenovali ju „autopoiesis“ (čo doslovne znamená „seba vytváranie“).<sup>19</sup> Koncept autopoiesis v sebe zahŕňa obidva definujúce znaky bunkového života, spomenuté vyššie – existenciu fyzických hraníc a metabolickej siete. Na rozdiel od povrchu kryštálov, či veľkých molekúl, sú hranice autopoietických systémov od zvyšku systému chemicky odlišné. Metabolických procesov sa zúčastňujú tým, že výberovo filtrujú prichádzajúce a odchádzajúce molekuly.<sup>20</sup>

Definovanie živého systému ako autopoietickej siete znamená, že život musí byť chápaný z hľadiska systému ako celku. Podľa slov Piera Luigiho Luisiho „život nemožno pripísať ani jednému konkrétnemu molekulárnemu komponentu (dokonca ani DNA či RNA!), ale len celej ohraničenej metabolickej sieti.“<sup>21</sup>

Autopoiesis predstavuje jasné a významné rozlišovacie kritérium medzi živými a neživými systémami. Hovorí napríklad o tom, že vírusy nie sú živé, lebo im chýba vlastný metabolizmus. Ak nie sú súčasťou živých buniek, sú neživými molekulárnymi štruktúrami, pozostávajúcimi z bielkovín a nukleových kyselín. Vírus je zásadne akousi chemickou správou, ktorá potrebuje metabolizmus živej hostovskej bunky, ak chce v súlade s inštrukciami zakódovanými vo svojej DNA či RNA vytvárať nové vírusové častice. Tieto nové častice však nevznikajú vo vnútri vírusu, ale mimo neho – v hostovskej bunke.<sup>22</sup>

Ani robota, ktorý sa svojimi časťami, poskladanými z ďalších strojov, podobá na iného robota, by sme nepovažovali za živého. V poslednej dobe sa často vyskytli tvrdenia, že by počítače a iné automaty mohli predstavovať budúce formy života. Ak však nebudú schopné syntetizovať svoje jednotlivé komponenty z „molekúl potravy“ vo vlastnom prostredí, nebudeme ich môcť podľa našej definície života považovať za živé.<sup>23</sup>

## **Sieť buniek**

Hneď ako sa človek pustí do podrobného popisu metabolickej siete bunky, zistí, že je naozaj komplexná, a to aj pokiaľ ide o najjednoduchšie bak-

térie. Väčšina metabolických procesov je možná vďaka enzýmom. Energia sa k nim dostáva pomocou špeciálnych fosfátových molekúl, známych ako ATP. Samotné enzýmy napokon vytvoria spletnú sieť katalytických reakcií, pričom molekuly ATP vytvoria príslušnú energetickú sieť.<sup>24</sup> Vďaka správam, zakódovaným v RNA, sú obidve tieto siete spojené s genómom (bunkové molekuly DNA), ktorý sám o sebe predstavuje zložitú, vzájomne prepojenú sieť, bohatú na spätnoväzobné slučky, vďaka ktorým gény priamo či nepriamo riadia vzájomné aktivity.

Niektorí biológovia rozlišujú medzi dvoma produkčnými procesmi v rámci bunky a v tejto súvislosti teda aj medzi dvoma samostatnými bunkovými sieťami. Prvá z nich sa v technickom jazyku nazýva „metabolická“ sieť. V rámci nej sa „potrava“, ktorá vstupuje do bunky, premieňa na takzvané „metabolity“ – stavebné prvky, z ktorých vznikajú makromolekuly (enzýmy, štrukturálne bielkoviny, RNA a DNA).

Druhá sieť súvisí s produkciou makromolekúl zo spomínaných metabolitov. Táto je ovplyvnená génmi, avšak presahuje genetickú úroveň. Je preto známa pod názvom „epigenetická“ sieť. Napriek tomu, že tieto dve siete dostali odlišný názov, sú úzko vzájomne prepojené. Vytvárajú spolu autopoietickú sieť buniek.

Kľúčovým poznatkom nového chápania života je skutočnosť, že biologické formy a funkcie nie sú určované výhradne genetickou výbavou organizmu, ale že sú emergentnými vlastnosťami celej epigenetickej siete. Ak chceme túto emergenciu pochopiť, musíme porozumieť nielen genetickej štruktúre a biochémii bunky, ale aj spletitej dynamike, ktorá spravádza interakciu epigenetickej siete s fyzickými a chemickými obmedzeniami (vplyvmi) okolitého prostredia.

Podľa nelineárnej dynamiky – novej matematiky komplexity vyústi táto interakcia do obmedzeného množstva možných funkcií a foriem, ktoré sa v matematike dajú vyjadriť pomocou atraktorov. Atraktory sú zložené geometrické dráhy vyjadrujúce vlastnosti dynamiky daného systému.<sup>25</sup>

Biológ Brian Goodwin a matematik Ian Stewart podnikli dôležité prvé kroky v používaní nelineárnej dynamiky na to, aby pomocou nej vysvetlili vznik biologických foriem.<sup>26</sup> Podľa Stewarta ide o najplodnejší vedný odbor budúcich rokov:

Moja predpoveď znie (a určite v tom nie som sám), že jednou z najvzrušujúcejších vedeckých oblastí, ktorú čaká v dvadsiatom prvom storočí rozmach, je biomatematika. Budúce storočie bude svedkom rozkvetu nových matematických konceptov, nových

*druhov matematiky, ktoré vzniknú vďaka potrebe porozumieť štruktúre živého sveta.*<sup>27</sup>

Tento názor sa veľmi líši od genetického determinizmu, ktorý je medzi molekulárnymi biológmi, biotechnologickými spoločnosťami, ale aj v populárno-vedeckej literatúre, neustále veľmi rozšírený.<sup>28</sup> Väčšina ľudí má tendenciu si myslieť, že biologická forma je predurčená genetickou výbavou organizmu, a že všetky informácie, týkajúce sa bunkových procesov, sa v procese delenia bunky prostredníctvom DNA, ktorá sa replikuje, prenášajú na ďalšiu generáciu. Takto sa to však vôbec nedeje.

Pri reprodukcii bunky nedochádza len k prenosu jej génov, ale aj membrán, enzýmov a organel – teda celej molekulárnej siete. Nová bunka nevzniká výsostne z DNA, ale z akejsi neprerušenej existencie celého apoietického systému. K prenosu čistej DNA nedochádza nikdy. Gény totiž fungujú len vtedy, ak sú súčasťou epigenetickej siete. Život sa teda vyše tri miliardy rokov vyvíjal v nenarušenom procese, bez toho, aby hocikákym spôsobom narušil štruktúru sebaotvárajúcich sietí.

## **Vznik nového usporiadania**

Teória autopoietických systémov označuje štruktúru sebaotváracích (self-generating) sietí za základnú charakteristiku života. Z fyzikálneho a chemického hľadiska však neposkytuje podrobný popis toho, čo sa v týchto sieťach deje. Ukázali sme, že práve takýto popis má z hľadiska porozumenia vzniku biologických foriem a funkcií kľúčový význam.

Východiskovým bodom je v tomto prípade poznatok, že existencia všetkých bunkových štruktúr je na míle vzdialená od termodynamickej rovnováhy, pri ktorej by veľmi skoro nastal ich rozpad. Inými slovami, ak by bunkový metabolizmus nevyužíval neustály príliv energie na obnovu svojich štruktúr rovnako rýchlo, ako tieto štruktúry zanikajú, bunka by zomrela. To znamená, že ju musíme popísať ako otvorený systém. Živé systémy sú z organizačného hľadiska uzavreté (sú to autopoietické systémy). Z hmotného a energetického hľadiska sú však otvorené. Ako potravu potrebujú neustály príliv hmoty a energie z okolitého prostredia. Naopak, bunky, rovnako ako ostatné živé organizmy, neustále produkujú odpad. Toto prenikanie hmoty (pokiaľ ide o prúdenie potravy a odpadu) im zabezpečuje miesto v potravinovom reťazci. Slovom Lynn Margulisevej by sa to dalo vyjadriť takto: „Bunka si vytvára automatický vzťah s okolitým svetom. Niečo z nej vytečie a niekto iný to potom zje.“<sup>29</sup>

Podrobné štúdie o prúdení hmoty a energie cez komplexné systémy vyústili do teórie disipatívnych štruktúr, ktorú spolu so svojimi kolegami rozvinul Ilya Prigogine.<sup>30</sup> Disipatívna štruktúra, tak ako ju popisuje Prigogine, je otvoreným systémom, ktorý sám seba udržiava vo veľmi nerovnovážnom stave, no ktorý je napriek tomu stabilný: systém si udržiava takú (aj toto je otázne) istú celkovú štruktúru, a to napriek neustálemu prúdeniu a zmene jeho komponentov. Prigogine si zvolil pojem „disipatívne štruktúry“ preto, aby tým zdôraznil úzku súhrnu medzi štruktúrou na jednej strane a prúdením a disipáciou na strane druhej.

S dynamikou týchto disipatívnych štruktúr súvisí konkrétne aj spontánna emergencia nových foriem usporiadania. Keď sa prúdenie energie zvýši, môže sa systém dostať do štádia nestability, známeho pod pojmom „bifurkačný bod“, pri ktorom sa môže dostať do úplne iného stavu, v ktorom môžu vzniknúť nové štruktúry a formy usporiadania.

Táto živelná emergencia usporiadania, ku ktorej dochádza v kritických bodoch nestability, je jeden z najdôležitejších konceptov nového chápania života. Po formálnej stránke ide o samoorganizáciu, ktorú často nazývame jednoduchým názvom „emergencia“. Práve táto samoorganizácia je považovaná za dynamický pôvod vývoja, procesu učenia sa a evolúcie. Inými slovami, kľúčovou vlastnosťou živých systémov je tvorivosť (vytváranie nových foriem). A keďže „emergencia“ je integrálnou súčasťou dynamiky otvorených systémov, dostávame sa k dôležitému záveru – že otvorené systémy sa vyvíjajú. Život neustále smeruje k novosti.

Teória disipatívnych štruktúr, formulovaná v duchu nelineárnej dynamiky, vysvetľuje živelnú emergenciu usporiadania a pomáha nám definovať komplexitu.<sup>31</sup> Pozornosť štúdia komplexity smerovala tradične ku komplexným štruktúram. Dnes sa však presúva smerom k procesom súvisiacich s ich emergenciou.

Napríklad namiesto toho, aby sme sa pokúšali o definovanie komplexity určitého organizmu čo do počtu jednotlivých druhov jeho buniek (ako to biológovia často robia), môžeme ju definovať ako počet bifurkácií, ktorými prechádza embryo počas obdobia vývoja organizmu. V tejto súvislosti hovorí Brian Goodwin o „morfologickej komplexite“.<sup>32</sup>

## Prebiotická evolúcia

Zastavme sa na chvíľku a preskúmajme bližšie základné znaky živých systémov, ktoré sme identifikovali v rámci našej predošlej diskusie o bunkovom živote. Dozvedeli sme sa, že bunka je metabolickou sieťou, ohra-

ničenou membránou so schopnosťou samoorganizácie, ktorá je z organizačného hľadiska otvorená. Na svoje vytváranie, obnovu a zachovanie vlastnej existencie využíva sústavné prúdenie hmoty a energie. Operuje v stave nerovnováhy a práve v tomto prostredí dochádza k živeľnej emergencii nových štruktúr a nových foriem usporiadania, čo napokon vedie k vývoju. Tieto charakteristické znaky popisujú dve rozličné teórie, ktoré zároveň predstavujú dva odlišné pohľady na život – teória autopoiesis a teória disipatívnych štruktúr.

Pri pokuse zlúčiť tieto teórie zistíme, že medzi nimi jestvuje určitý nesúlad. Zatiaľ čo o všetkých autopoietických systémoch môžeme hovoriť ako o disipatívnych štruktúrach, nie všetky disipatívne štruktúry sú autopoietické systémy. Ilya Prigogine vyvinul svoju teóriu vďaka štúdiu komplexity termálnych systémov a chemických cyklov, jestvujúcich v nerovnovážnych stavoch, a to napriek tomu, že ho k tomu motivoval veľký záujem o podstatu života.<sup>33</sup>

Disipatívne štruktúry nemusia byť nutne živými systémami, ale vzhľadom na to, že emergencia je integrálnou súčasťou ich dynamiky, je vo všetkých týchto štruktúrach obsiahnutý potenciál pre vývoj. Inými slovami, jestvuje akási „prebiotická“ evolúcia – evolúcia neživej hmoty, ktorá musela začať ešte pred objavením sa živých buniek. Tento názor je medzi vedcami všeobecne prijímaný.

Prvú podrobnú verziu myšlienky, že živá hmota sa sformovala z neživej hmoty prostredníctvom neustáleho evolučného procesu, vede predstavil ruský biochemik Alexander Oparin vo svojom klasickom diele *Pôvod života*, ktoré vyšlo v roku 1929.<sup>34</sup> Oparin to nazval „molekulárnou evolúciou“. Slovom Piera Luigiho Luisiho by sme to vyjadrili nasledovne: „Na začiatku boli malé molekuly, z ktorých sa vyvinuli zlúčeniny s narastajúcou komplexitou emergentných vlastností, až napokon vznikla aj tá najpozoruhodnejšia vlastnosť – život sám.“<sup>35</sup>

Napriek tomu, že myšlienka prebotickej evolúcie je dnes medzi vedcami všeobecne prijímaná, nejestvuje medzi nimi súhlas, týkajúci sa detailov tohto procesu. Navrhlo sa niekoľko scenárov, ale ani jeden z nich sa nepodarilo dokázať. Jeden z nich začína katalytickými cyklami a „hypercyklami“ (mnohonásobné spätnoväzobné slučky), ktoré vznikajú pomocou enzýmov schopných samoreplikácie a evolúcie.<sup>36</sup> Ďalší zo scenárov je založený na nedávnom objave, že aj niektoré druhy RNA sa môžu správať ako enzýmy, teda ako katalyzátory metabolických procesov. Vďaka tejto katalytickej schopnosti RNA, o ktorej ešte veľa nevieme, si dokážeme predstaviť evolučné štádium, v ktorom došlo k zlúčeniu dvoch funkcií, pre živú bunku kľúčových, do jedného typu molekuly (prenos