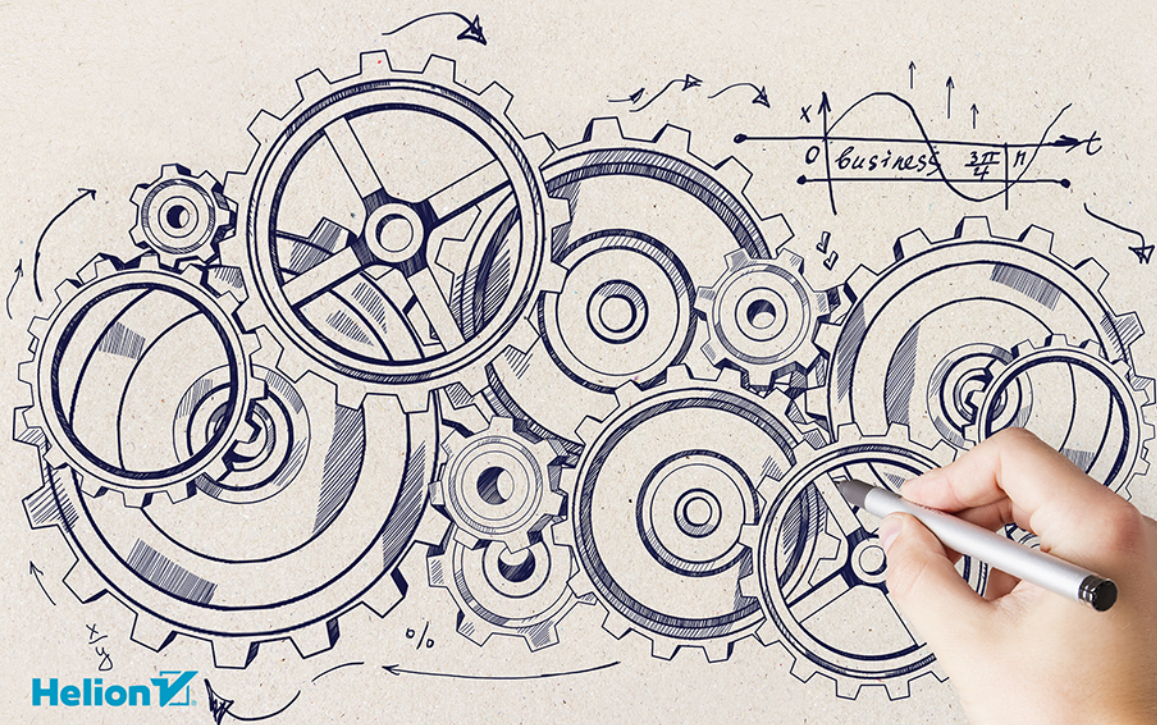


Donella H. Meadows

MYŚLENIE SYSTEMOWE

WPROWADZENIE



Tytuł oryginału: Thinking in Systems: A Primer

Tłumaczenie: Maksymilian Gutowski

ISBN: 978-83-283-9988-4

Projekt okładki: Jan Paluch

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock Images LLC.

Thinking in Systems: A Primer

Copyright © 2008 by Sustainability Institute. All rights reserved.

Helion S.A. edition published by arrangement with Chelsea Green Publishing Co.

White River Junction, VT, USA www.chelseagreen.com

Part of this work has been adapted from an article originally published under the title “Whole Earth Models and Systems” in *Coevolution Quarterly* (Summer 1982). An early version of Chapter 6 appeared as “Places to Intervene in a System” in *Whole Earth Review* (Winter 1997) and later as an expanded paper published by the Sustainability Institute. Chapter 7, “Living in a World of Systems,” was originally published as “Dancing with Systems” in *Whole Earth Review* (Winter 2001).

Polish edition copyright © 2020, 2022 by Helion S.A.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/mysyvs>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

Słowo od autorki	IX
Słowo od redaktorki	XI
Wprowadzenie: spojrzenie systemowe	1
 CZĘŚĆ I. STRUKTURA I ZACHOWANIE SYSTEMU	
Rozdział 1. Podstawy	9
Rozdział 2. Krótka wizyta w systemowym zoo	31
 CZĘŚĆ II. SYSTEMY I MY	
Rozdział 3. Dlaczego systemy działają tak sprawnie	69
Rozdział 4. Dlaczego systemy nas zaskakują	79
Rozdział 5. Pułapki i okazje	101
 CZĘŚĆ III. WPROWADZANIE ZMIAN — W SYSTEMACH I NASZYM WŁASNYM ŚWIATOPOGLĄDZIE	
Rozdział 6. Punkty nacisku — miejsca ingerencji w system	133
Rozdział 7. Życie w świecie systemów	153
 DODATEK	
Definicje systemowe — słowniczek	171
Przegląd zasad systemowych	172
Pułapki systemowe	175
Punkty nacisku w systemie	177
Wytyczne dotyczące życia w świecie systemów	178
Równania modeli	178
 Przypisy końcowe	187
Bibliografia	191
Podziękowania od redaktorki	195
O autorce	197

Podstawy

Nie zetknąłem się jeszcze z jakimkolwiek, choćby najbardziej skomplikowanym problemem, którego obejrzenie z odpowiedniej perspektywy nie skomplikowałoby go bardziej.

— POUL ANDERSON¹

Wiele więcej niż suma części składowych

System nie jest zwyczajną zbieraniną elementów. **System** jest zbiorem powiązanych elementów zorganizowanym spójnie, w sposób umożliwiający osiągnięcie jakiegoś celu. Wystarczy przyjrzeć się tej definicji bliżej, żeby dostrzec, że system obejmuje trzy rodzaje składników: *elementy*, *powiązania* oraz *funkcję* lub *cel*.

Elementami układu trawiennego są na przykład zęby, enzymy, żołądek i jelita. Są powiązane fizycznym przepływem pożywienia oraz zbiorem regulujących go sygnałów chemicznych. Funkcją tego systemu jest rozkładanie pożywienia na podstawowe składniki odżywcze i przekazywanie ich do krwiobiegu (będącego innym układem) przy jednoczesnym usuwaniu bezużytecznych odpadów.

Drużyna piłkarska jest systemem składającym się z elementów takich jak zawodnicy, trener, boisko i piłka. Powiązaniami tego systemu są zasady gry, strategia trenera, komunikacja między graczami oraz prawa fizyki decydujące o ruchu piłki i zawodników. Celem drużyny jest wygrywanie meczów, dobra zabawa, zadbanie o kondycję fizyczną lub zarabianie milionów dolarów albo wszystko powyższe.

Szkoła jest systemem, podobnie jak miasto, fabryka, korporacja czy krajowa gospodarka. Zwierzę jest systemem. Drzewo jest systemem, a las jest większym systemem, obejmującym podsystemy drzew i zwierząt. Ziemia jest systemem, tak samo jak układ słoneczny i galaktyka. Systemy mogą być osadzone w systemach, które same są osadzone w innych.

Czy istnieje coś, co nie byłoby systemem? Owszem — zbiorowiska pozbawione szczególnych powiązań lub funkcji. Przypadkowo wysypany na drogę piasek nie jest systemem sam w sobie. Takiego piasku można dorzucić lub odjąć, a mimo to pozosta-

nie on zwyczajnie piaskiem na drodze. Po arbitralnym dodaniu lub usunięciu piłkarzy z drużyny albo dodaniu lub usunięciu elementów układu pokarmowego ma się natomiast do czynienia z innym systemem.

Żywa istota traci wraz ze śmiercią swoją „systemowość”. Liczne powiązania, które spajały ją w całość, przestają działać, a sama ulega zanikowi, pomimo że jej pozostałości wciąż są częścią szerszego systemu sieci troficznej. Niektórzy mawiają, że stare osiedle, na którym wszyscy się znają i regularnie się porozumiewają, jest systemem społecznym, a nowe osiedle pełne nieznanym sobie ludzi takim systemem nie jest — przynajmniej dopóki nie nawiążą oni relacji i system się nie ukonstytuuje.

System jest czymś więcej niż sumą jego części składowych. Może wykazywać się zachowaniem adaptacyjnym, dynamicznym, poszukiwawczym, samozachowawczym, a niekiedy także ewolucyjnym.

Widać na tych przykładach, że system odznacza się spójnością, czy też całkowitością, a także zbiorem aktywnych mechanizmów zapewniających utrzymanie owej spójności. Systemy mogą ulegać zmianie, dostosowywać się, reagować na zdarzenia, poszukiwać celów, naprawiać szkody i dbać o swoje przetrwanie tak, jakby były żywymi organizmami, choć w części lub w całości mogą składać się

z przedmiotów martwych. Systemy mogą się same organizować, a często wykazują się zdolnością do samodzielnej naprawy w odpowiedzi na różne zakłócenia. Są wytrzymałe, a wiele z nich rozwija się ewolucyjnie. Z jednego systemu może wyłonić się nowy, zupełnie odmienny od czegokolwiek, co sobie dotąd wyobrażano.

Dostrzeż las zza drzew

Sądzisz, że skoro rozumiesz, czym jest „jeden”, to musisz też rozumieć, czym jest „dwa”, bo jeden i jeden dają dwa. Zapominasz jednak, że musisz też rozumieć, czym jest „i”.

— PRZYPowieść Suficka

Częściej najłatwiej dostrzec elementy systemu, ponieważ nierzadko są widocznymi, namacalnymi rzeczami. Na drzewo składają się korzenie, pień, gałęzie i liście. Gdybyś przyjrzał się bliżej, dostrzegłbyś wyspecjalizowane komórki: naczynia przenoszące płyny, chloroplasty i tak dalej. System zwany uniwersytetem składa się z budynków, studentów, wykładowców, pracowników administracyjnych, bibliotek, książek, komputerów — a to wszystko również można podzielić na części składowe. Elementy nie muszą być jednak obiektami fizycznymi. W przypadku uniwersytetu tożsamość uczelni i osiągnięcia akademickie bywają niezwykle ważnymi, lecz nienamacalnymi elementami systemu. Proces wypisywania elementów systemu może nie mieć końca. Elementy można dzielić

na podelementy, a te na podelementy kolejnego rzędu, przez co dość szybko traci się ogłód całości systemu — przestaje się dostrzegać las zza drzew.

ZASTANÓW SIĘ

Jak sprawdzić, czy masz do czynienia z systemem czy zwykłą zbieraniną elementów?

- A. Czy możesz wskazać części całości?
- B. Czy części wpływają na siebie wzajemnie?
- C. Czy części wspólnie wywołują efekt odmienny od efektów oddziaływania pojedynczych części?
- D. Czy efekt — zachowanie w czasie — pozostaje niezmienny w różnych warunkach?

Żeby nie zapędzić się w tym kierunku, warto przerwać rozkładanie elementów na części pierwsze, aby rozejrzeć się za *powiązaniem*, czyli relacjami łączącymi elementy w całość.

W systemie drzewa powiązania to fizyczny przepływ i reakcje chemiczne, które decydują o procesach metabolicznych organizmu — sygnałach pozwalających jednej części zareagować, kiedy coś dzieje się w innej części drzewa. Na przykład kiedy liście tracą wilgoć w słoneczny dzień, obniżenie ciśnienia w naczyniach pozwala korzeniom wchłonąć więcej wody. Jeżeli z kolei korzenie wyczuwają suchą glebę, spadek ciśnienia wody sygnalizuje liściom, aby zamknęły szparki w celu uniknięcia utraty cennej wilgoci.

Kiedy dzień w strefie klimatów umiarkowanych staje się krótszy, drzewo liściaste wysyła komunikaty chemiczne, które stymulują przenoszenie składników odżywczych z liści do pnia i korzeni, a także osłabiają łodygi, co pozwala liściom odpaść. Wygląda nawet na to, że niektóre drzewa posługują się sygnałami, które przyczyniają się do wydzielania środków odstrasżających lub utwardzania ścian komórek konkretnych obszarów atakowanych przez owady. Nikt nie rozumie wszystkich powiązań, dzięki którym drzewa to wszystko robią, co nijak nie jest zaskakujące. Łatwiej bowiem rozpoznać elementy systemu niż obecne w nim powiązania.

W systemie uniwersytetu powiązania obejmują warunki rekrutacji, zaliczenia, egzaminy, oceny, budżety, przepływ środków, plotki i, co najważniejsze, przekaz wiedzy, który jest podobno celem istnienia tego systemu.

Niektóre powiązania polegają na rzeczywistym przepływie fizycznym, tak jak w przypadku wody przenoszonej do pnia lub studentów poruszających się po kampusie. Wiele powiązań jest przepływami

Wiele powiązań w systemach opartych jest na przepływie informacji. Informacje spajają systemy i odgrywają ważną rolę w determinowaniu sposobu ich działania.

informacji — sygnałami przekazywanymi pomiędzy punktami decyzji lub działania. Dostrzeżenie ich jest często trudniejsze, ale system ujawnia je tym, którzy rzeczywiście ich poszukują. Studenci mogą nieformalnie przekazywać informacje o prawdopodobieństwie otrzymania dobrej oceny, co przekłada się na wybierane przez nich zajęcia. Konsumenti decydują o nabywaniu produktów, kierując się informacjami o swoich przychodach, oszczędnościach, ratach kredytów, zapasach w domu, cenach oraz dostępności dóbr. Rządy potrzebują informacji o rodzajach i skali zanieczyszczenia wody, aby móc wprowadzić odpowiednie regulacje mające zredukować poziom zanieczyszczeń. (Zauważ, że informacja o istnieniu problemu może być konieczna do wywołania działania, lecz nie zawsze wystarczy — konieczne są również informacje o zasobach, zachętach i konsekwencjach).

O ile powiązania oparte na informacjach trudno dostrzec, to *funkcje* lub *cele* są jeszcze bardziej ulotne. Funkcja lub cel systemu niekoniecznie muszą być wypowiedziane, zapisane ani jednoznacznie wyrażone, lecz mogą objawiać się w samym działaniu systemu. Najlepszym sposobem na wydedukowanie celu systemu jest przyglądanie się mu przez pewien czas, aby zobaczyć jego zachowanie.

Jeżeli żaba obraca się w prawo i łapie muchę, po czym obraca się w lewo i łapie muchę, a wreszcie obraca się do tyłu i łapie muchę, cel żaby nie ma nic wspólnego z samymi obrotami, lecz z łapaniem much. Jeżeli rząd deklaruje zainteresowanie kwestią ochrony środowiska, ale nie przeznaczą na ten cel dostatecznych środków finansowych ani nie wdraża odpowiednich działań, ochrona środowiska w rzeczywistości nie jest jego celem. Cele dedukuje się na podstawie zachowania, a nie stosowanej retoryki lub deklaracji.

UWAGA O JĘZYKU

Wyrazu *funkcja* standardowo używa się w odniesieniu do systemów nie-ludzkich, a *cel* wobec systemów ludzkich, lecz rozróżnienie to nie jest bezwzględne, jako że wiele systemów łączy w sobie cechy obu tych rodzajów.

Funkcją termostatycznej instalacji grzewczej jest utrzymanie określonej temperatury w budynku. Funkcją rośliny jest wydawanie nasion i tworzenie nowych roślin. Jednym z celów gospodarki krajowej jest, sądząc z jej zachowania, rozrastanie się. Ważną funkcją niemal każdego systemu jest zapewnienie swojego dalszego trwania.

Cele systemu nie muszą być celami ludzkimi i niekoniecznie są zgodne z celami pojedynczych, działających w jego obrębie aktorów. W rzeczy samej jedną z najbardziej frustrujących właściwości systemów jest to, że cele ich modułów mogą wywoływać ogólne zachowanie, które jest całkowicie niepożądane. Nikt nie dąży do zbudowania społeczeństwa cierpiącego z powodu uzależnień i przestępczości, ale spojrzmy na zestawienie celów i działań podejmowanych przez poszczególnych aktorów:

- zdesperowani ludzie, którzy pragną szybkiego ukojenia bólu psychicznego;
- hodowcy, pośrednicy i bankierzy, którzy chcą zarabiać;
- handlarze, których prawo ogranicza w mniejszym stopniu niż policję, która stara się ich zwalczać;
- rządy, które delegalizują szkodliwe substancje i egzekwują zakazy poprzez działania policji;
- zamożni żyjący w sąsiedztwie biednych;
- osoby, które nie są uzależnione, a którym bardziej zależy na własnym bezpieczeństwie niż na wspieraniu leczenia narkomanii.

Wszystko powyższe składa się na system, który niesłuchanie trudno oczyścić z narkomanii i przestępczości.

Systemy mogą być osadzone w innych systemach, wobec czego jedne cele mogą obejmować inne. Celem uniwersytetu jest gromadzenie wiedzy i przekazywanie jej kolejnym pokoleniom. W obrębie uniwersytetu celem studenta może być zdobywanie dobrych ocen, celem pracownika naukowego otrzymanie upragnionego stanowiska, a celem pracownika administracyjnego zrównoważenie budżetu. Każdy z tych celów podrzędnych może wchodzić w konflikt z celem ogólnym — student może ściągać na egzaminie, nauczyciel lekceważyć potrzeby studentów i skupiać się na publikacjach, a administrator może zwalniać pracowników, aby budżet się spinał. Harmonizacja celów podrzędnych z ogólnymi celami systemowymi jest ważnym aspektem sprawnych systemów. Do tego zagadnienia powrócę jeszcze przy omówieniu hierarchii.

Relatywną wagę elementów, powiązań i celów systemu można określić, wyobrażając sobie, jak zmieniają się jeden za drugim. Zmiana elementów zazwyczaj ma najmniejszy wpływ na system. Drużyna piłkarska pozostaje drużyną, nawet jeśli wymieni się wszystkich zawodników. (Może ona jednak zacząć grać lepiej lub gorzej — pojedyncze elementy systemu mogą mieć duże znaczenie). Drzewo stale odtwarza swoje komórki i co roku wypuszcza nowe liście, ale wciąż pozostaje ono tym samym drzewem. Twój organizm wymienia większość swoich komórek co kilka tygodni, ale pozostaje on Twoim organizmem. Przez uniwersytet ciągle przewijają się nowi studenci, podobnie jak pracownicy (choć nieco wolniej), ale wciąż jest to uniwersytet. Co więcej, wciąż jest to ten sam uniwersytet, odmienny od innych, tak jak General Motors i Kongres Stanów Zjednoczonych zachowują swoją tożsamość, pomimo że potrafią całkowicie zmienić swój skład osobowy. System generalnie pozostaje sobą, ulegając powolnym zmianom, nawet jeśli jego elementy ulegają całkowitej wymianie — dopóki jego powiązania i cele pozostają niezmienione.

Najmniej oczywisty element systemu, czyli jego funkcja lub cel, często jest decydujący dla określenia jego zachowania.

System może ulec znaczącej transformacji w wyniku zmiany powiązań, niekiedy nawet zmieniając się nie do poznania, pomimo że jego elementy pozostają takie same. Wystarczy

zastąpić zasady gry w piłkę nożną zasadami gry w koszykówkę, aby otrzymać zupełnie inną dyscyplinę sportową. Jeśli zmienisz powiązania istniejące w systemie drzewa — na przykład żeby zamiast wchłaniać dwutlenek węgla i wydzielać tlen robiło na odwrót — przestanie ono być drzewem (a stanie się zwierzęciem). Gdyby studenci wystawiali oceny wykładowcom, a spory rozstrzygano nie rozumem, lecz siłą, uniwersytet musiałby nazywać się jakoś inaczej. Być może byłby fascynującą organizacją, ale na pewno nie byłby uniwersytetem. Zmiana powiązań obecnych w systemie może go diametralnie przeobrazić.

Zmiany w funkcjach i celach również mogą wywołać drastyczne skutki. Co, jeśli na przykład zostawimy zawodników i niezmienione zasady gry, ale zmienimy cel z wygrania na przegranie meczu? Co, jeżeli funkcją drzewa nie byłoby przetrwanie i rozmnożenie się, lecz zgromadzenie wszystkich składników odżywczych z gleby i rozrośnięcie się do jak największych rozmiarów? Ludzie potrafią wymyślić uniwersytetowi wiele innych celów poza upowszechnianiem wiedzy — zarabianie pieniędzy, indoktrynacja ludzi czy wygrywanie zawodów sportowych. Zmiana celu może gruntownie odmienić system, nawet jeśli wszystkie jego elementy i powiązania pozostają takie same.

Pytanie, czy najważniejsze dla systemu są elementy, powiązania czy cele, jest zupełnie niesystemowym pytaniem. Wszystkie są kluczowe. Wszystkie ze sobą współgrają. Wszystkie odgrywają swoją rolę. Niemniej jednak najmniej oczywisty aspekt systemu, czyli jego funkcja lub cel, często jest decydujący dla określenia jego zachowania. Powiązania również są niezmiernie istotne. Zmiana powiązań na ogół przekłada się na zmianę zachowania systemu. Elementy, czyli najbardziej widoczne części systemu, często (choć nie zawsze) są najmniej istotne dla określenia unikatowych cech systemu — *chyba że zmiana elementu prowadzi do zmiany powiązań lub celu*.

Zastąpienie przywódcy u samego szczytu władzy — zamiana Breżniewa na Gorbaczowa lub Cartera na Reagana — może zmienić kierunek rozwoju kraju, pomimo że jego terytorium, zakłady przemysłowe i miliony mieszkańców pozostają niezmienione. Przywódca może sprawić, aby ziemia, zakłady i ludzie zaczęli grać według nowych zasad, albo pokierować tą grą ku nowemu celowi.

Ponieważ jednak ziemia, fabryki i ludzie potrafią być długowiecznymi, powolnie przekształcającymi się, fizycznymi elementami systemu, tempo, w jakim przywódca może wprowadzać przemiany w swoim kraju, jest ograniczone.

Wannologia stosowana — zachowanie systemu w czasie

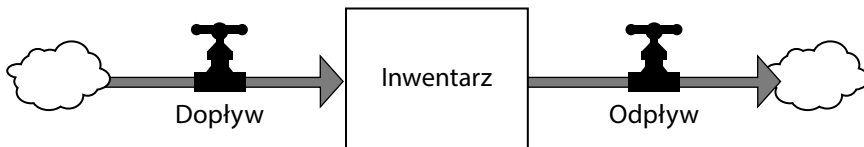
Informacje zawarte w przyrodzie (...) pozwalają nam na częściowe zrekonstruowanie przeszłości (...). Rozwój meandrów rzeki, rosnąca złożoność skory ziemskiej (...) są takimi samymi nośnikami informacji jak systemy genetyczne (...). Przechowywanie informacji polega na zwiększaniu złożoności mechanizmu.

— RAMON MARGALEF²

Inwentarz leży u podstaw każdego systemu. Inwentarz składa się z tych elementów systemu, które możesz w dowolnej chwili zobaczyć, dotknąć, policzyć lub zmierzyć. Inwentarz systemu jest dokładnie tym, czym się wydaje: magazynem, spisem, ilością, repozytorium zgromadzonych z biegiem czasu materiałów lub informacji. Może to być woda w wannie, populacja, książki w księgarni, drewno drzewa, pieniądze w banku bądź Twoja pewność siebie. Inwentarz nie musi być fizyczny. Twoja rezerwa życzliwości wobec innych lub zapas nadziei, że świat stanie się lepszym miejscem, są przykładami takich inwentarzy.

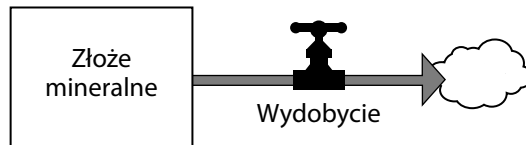
Inwentarze zmieniają się z czasem w wyniku oddziaływania **przepływu**. Przepływ obejmuje napełnianie i opróżnianie, narodziny i zgony, zakup i sprzedaż, wzrost i spadek, uznania i obciążenia, sukcesy i porażki. Inwentarz jest zatem bieżącą pamięcią o historii zmian przepływów w systemie.

Inwentarz jest pamięcią o historii zmian przepływów w systemie.



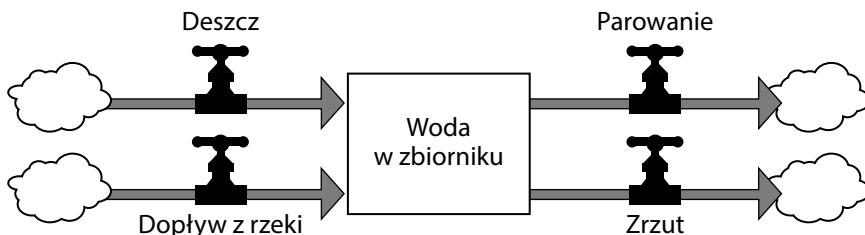
Rysunek 1. Jak odczytywać diagramy inwentarza i przepływu. W tej książce inwentarze ukazane są jako prostokąty, a przepływy jako zakończone grotami „rurki” prowadzące od inwentarzy lub do nich. Przypominający literę „T” element na każdym przepływie to „zawór”, który można odkręcać lub zakręcać, częściowo lub całkowicie. „Chmury” wskazują, dokąd lub skąd przebiegają przepływy — źródła i ujścia, które są pomijane na potrzeby omówienia danego obszaru

Na przykład podziemne złożo mineralne jest inwentarzem, z którego dochodzi przepływ rudy w wyniku prowadzenia prac górniczych. Dopływ rudy do złoża mineralnego jest niezauważalny w skali czasowej krótszej od eonu. Postanowiłam zatem rozrysować uproszczony diagram tego systemu bez wskazanego dopływu (rysunek 2.). *Wszystkie diagramy i opisy systemów są uproszczeniami.*



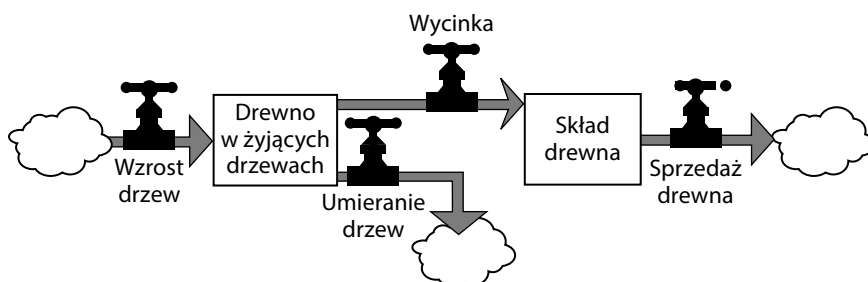
Rysunek 2. Złożo mineralne wyczerpywane w wyniku prac górniczych

Woda w zbiorniku za zaporą jest inwentarzem, do którego dopływa deszcz i woda z rzeki, a z którego odpływa parująca woda z powierzchni i woda zrzucana przez zaporę.



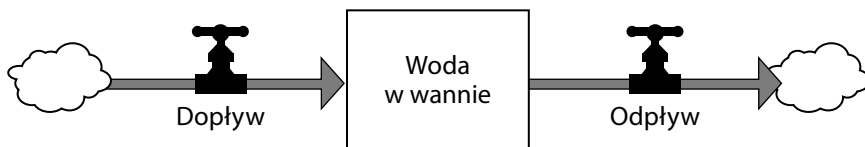
Rysunek 3. Inwentarz wody w zbiorniku z wieloma dopływami i odpływami

Ilość drewna zawartego w żyjących w lesie drzewach jest inwentarzem. Dopływem jest wzrost drzew, a odpływem zarówno naturalna śmierć drzew, jak i ich wycinka. Przepływ wycinki prowadzi do innego inwentarza, być może składu drewna w tartaku. Drewno odpływa ze składu jako produkt sprzedawany klientom.



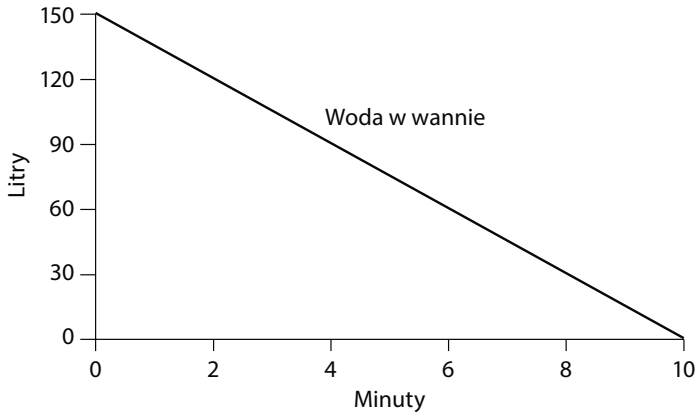
Rysunek 4. Skład drewna powiązany z inwentarzem drzew w lesie

Jeśli rozumiesz **dynamikę** inwentarzy i przepływów — ich zachowanie w czasie — w znacznym stopniu rozumiesz też zachowanie złożonych systemów. Owa dynamika powinna być dla Ciebie zrozumiała, jeśli korzystasz często z czegoś, co nazywa się wanną.



Rysunek 5. Struktura systemu wanny — jeden inwentarz z dopływem i odpływem

Wyobraź sobie wannę wypełnioną wodą z zatkanym korkiem odpływem i zakręconym kranem — statyczny, stały, nudny system. Wyciągnij teraz wyimaginowany korek z wyimaginowanej wanny. Wody znacznie oczywiście ubywać. Poziom wody w wannie spada, aż do jej całkowitego opróżnienia.



Rysunek 6. Poziom wody w wannie po wyjęciu korka

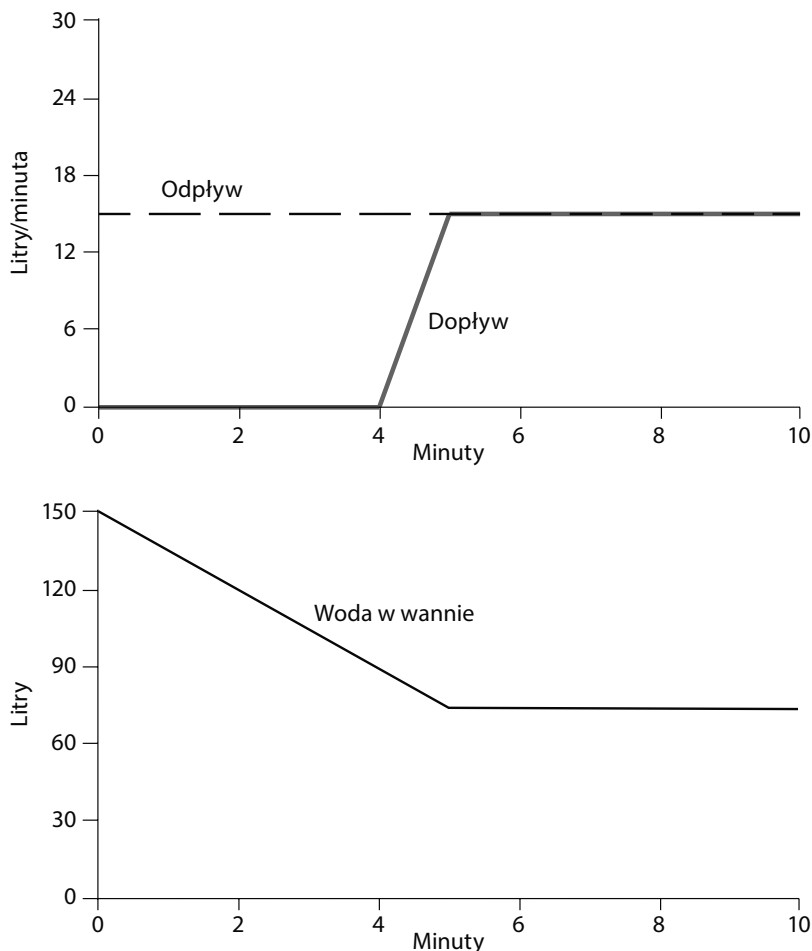
UWAGA O ODCZYTYWANIU WYKRESÓW ZACHOWANIA W CZASIE

Ludzie myślący systemowo używają wykresów zachowania, aby prześledzić trendy w czasie, zamiast skupiać się na pojedynczych zdarzeniach. Takich wykresów używamy także, aby sprawdzić, czy system zbliża się do celu lub limitu, a jeśli tak, to z jaką szybkością.

Zmienna na wykresie może być inwentarzem lub przepływem. Kształt linii zmiennej jest ważny, podobnie jak punkty, w których zmienia ona kształt lub kierunek. Konkretnie wartości na osiach są często mniej istotne.

Pozioma oś czasu pozwala spojrzeć na to, co miało miejsce wcześniej i co może się stać w przyszłości. Może Ci ona pomóc skupić się na horyzoncie czasowym właściwym dla pytania lub badanego zagadnienia.

Wyobraź sobie teraz, że ponownie zaczynasz od pełnej wanny i ponownie wyciągasz korek, ale tym razem, kiedy wanna jest w połowie pusta, odkręcasz kran, tak aby dopływ wody był równy jej odpływowi. Co się dzieje? Ilość wody w wannie pozostaje stała na poziomie z momentu, w którym dopływ zrównał się z odpływem. Znajduje się ona w stanie **równowagi dynamicznej** — jej poziom się nie zmienia, pomimo że ciągle przepływa przez wannę.



Rysunek 7. Ciągły odpływ, włączenie dopływu po 5 minutach oraz wyniki z tego zmiany w ilości wody w wannie

Wyobraź sobie teraz, że nieco zwiększasz dopływ, zachowując poziom odpływu. Poziom wody w wannie powoli rośnie. Jeżeli następnie znowu przykręcisz kran tak, aby dopływ był równy odpływowi, poziom wody przestanie rosnąć. Po przykręceniu kranu jeszcze bardziej poziom wody zacznie pomału opadać.

Model wanny opisuje bardzo prosty system o pojedynczym inwentarzu, dopływie i odpływie. Zakładam, że w okresie mierzonym w minutach parowanie jest znikome, więc nie uwzględniam tego odpływu. Wszelkie modele, czy to mentalne, czy matematyczne, są uproszczeniami stanu rzeczywistego. Znamy wszystkie ewentualności dynamiczne tego układu, wobec czego możemy wydedukować kilka istotnych zasad, które dotyczą także bardziej złożonych systemów:

- Dopóki suma wszystkich dopływów przekracza sumę wszystkich odpływów, poziom inwentarza wzrasta.
- Dopóki suma wszystkich odpływów przekracza sumę wszystkich dopływów, poziom inwentarza maleje.
- Jeżeli suma wszystkich odpływów równa się sumie wszystkich dopływów, poziom inwentarza nie ulega zmianie — znajduje się w stanie równowagi dynamicznej na poziomie zastanym w momencie, w którym obydwa przepływy się ze sobą zrównały.

Umysłowi ludzkiemu łatwiej skupić się na inwentarzach niż na przepływach. Ponadto kiedy skupiamy się na przepływach, mamy skłonność do zwracania większej uwagi na *dopływy*. Czasami zatem nie dostrzegamy tego, że możemy napełnić wannę nie tylko poprzez zwiększenie natężenia dopływu, ale także przez zmniejszenie natężenia odpływu. Wszyscy wiedzą, że życie gospodarki opartej na ropie naftowej można wydłużyć poprzez odkrywanie nowych złóż, ale już trudniej pojąć, że ten sam rezultat można uzyskać poprzez zużywanie mniejszej ilości ropy. Pod względem wpływu na inwentarz dostępnej ropy naftowej przełom w energooszczędności jest równy odkryciu nowego pola naftowego — choć inni ludzie czerpaliby z tego zysk.

Na podobnej zasadzie przedsiębiorstwo może zgromadzić liczniejszą siłę roboczą zarówno poprzez zwiększenie zatrudnienia, jak i obniżenie wskaźnika odejść oraz zwolnień. Te dwie strategie mogą wiązać się z bardzo różnymi kosztami. Bogactwo kraju można zwiększyć poprzez zwiększenie inwestycji przeznaczanych na rozwój zakładów produkcyjnych i zasobów maszynowych. Można to też osiągnąć, często niższym kosztem, poprzez zmniejszenie tempa zużycia fabryk i sprzętu.

Dopływ i odpływ, czyli przepływy wody w wannie, można zmienić błyskawicznie, ale szybka zmiana poziomu wody w niej — inwentarza — jest znacznie trudniejsza. Woda nie odpłynie z wanny natychmiast, nawet jeśli całkiem wyciągnie się korek. Wanna nie napełni się natychmiast, nawet jeśli odkręci się kran do oporu. *Inwentarz potrzebuje czasu, aby zmienić swój poziom, ponieważ przepływ również odbywa się z biegiem czasu.* To istotna kwestia, która jest kluczowa dla zrozumienia, dlaczego systemy zachowują się tak, a nie inaczej. Inwentarze zazwyczaj zmieniają swój poziom powoli. Mogą one funkcjonować jako opóźnienia, bufory, obciążenia lub źródła rozpędu systemu. Inwentarze, w tym zwłaszcza większe, na choćby najbardziej nagle zmiany reagują powolnym napełnianiem lub opróżnianiem się.

Ludzie często nie pojmują odpowiednio tempa zmian inwentarza. Wzrost populacji, nagromadzanie się drewna w lesie, napełnianie się zbiornika i wyczerpywanie zasobów kopalnych to długotrwałe procesy. Gospodarka nie może rozwinąć dużego inwentarza działających fabryk, autostrad i elektrowni z dnia na dzień, choćby dysponowała znacz-

Poziom inwentarza można zwiększyć zarówno poprzez zmniejszenie natężenia odpływu, jak i zwiększenie natężenia dopływu. Wannę można napełnić na więcej niż jeden sposób!

nymi środkami finansowymi. Kiedy gospodarka operuje na wielu elektrowniach i silnikach spalających ropę, nie może się ona szybko przestawić na inne paliwo, nawet jeśli cena ropy nagle wzrośnie. Nagromadzenie niszczących warstwę ozonową zanieczyszczeń atmosferycznych zajęło dziesięciolecia i tyle też zajmie ich usunięcie.

Poziomy inwentarzy na ogół zmieniają się powoli, nawet jeśli ich odpływy i dopływy zmieniają się nagle. Co za tym idzie, **inwentarze działają jako zatory, bufory czy też amortyzatory zmian w systemach.**

Zmiany poziomu inwentarzy określają dynamikę systemów. Uprzemysłowienie nie może postępować szybciej niż tempo budowy fabryk i maszyn oraz szybkość, z jaką można uczyć ludzi ich obsługi i konserwacji. Lasy nie rosną z dnia na dzień. Nagromadzone w wodach gruntowych zanieczyszczenia wypłukują się co najwyżej w tempie ich wymiany, co może trwać dziesięciolecia, a nawet stulecia.

Opóźnienia związane z powolną zmianą poziomu inwentarzy mogą przyczyniać się do występowania problemów w systemach, ale niekiedy stanowią też o ich stabilności. Nagromadzona przez wieki gleba rzadko ulega nagle całkowitej erozji. Populacja, która nabyła wiele umiejętności, nie może ich utracić natychmiastowo. Wody gruntowe można przez długi czas odpompowywać w tempie szybszym od tempa odnawiania ich zasobów, zanim warstwa wodonośna ulegnie uszkodzeniu. Opóźnienia wywoływane przez charakter działania inwentarzy dają pole do manewrowania, eksperymentowania i rewidowania nieskutecznych strategii.

Jeżeli rozeznajesz się w tempie zmian inwentarzy, nie oczekujesz, że coś nastąpi szybciej, niż to możliwe. Nie poddajesz się za szybko. Możesz ponadto pokierować rozpędem systemu tak, aby uzyskać pożądany rezultat — podobnie jak wytrawny dżudoka wykorzystuje siłę oponenta, aby osiągnąć swój cel.

Istnieje jeszcze jedna ważna zasada dotycząca roli inwentarzy w systemach, która poprowadzi nas bezpośrednio do kwestii sprzężenia zwrotnego. Obecność inwentarzy sprawia, że dopływy i odpływy mogą być od siebie niezależne i tymczasowo nie być ze sobą zrównoważone.

Za sprawą inwentarzy dopływy i odpływy mogą funkcjonować rozłącznie, być od siebie niezależne i tymczasowo nie być ze sobą zrównoważone.

Trudno byłoby prowadzić spółkę naftową, gdyby rafinerie miały produkować benzynę w takim samym tempie, w jakim samochody by ją zużywały. Pozyskiwanie drewna z lasu dokładnie w tempie wzrostu drzew nie jest wykonalne. Benzyna w zbiornikach paliw i drewno w lesie są inwentarzami, dzięki którym wszystko może działać pewnie, ciągle

i przewidywalnie, pomimo że w krótszej perspektywie przepływy mogą być zróżnicowane.

Człowiek wynalazł setki mechanizmów zarządzania inwentarzem umożliwiających podtrzymanie niezależności i stabilności dopływów i odpływów. Zbiorniki pozwalają mieszkańcom i rolnikom z dolnego biegu rzeki żyć bez ciągłego dostosowywania się do jej zróżnicowanego przepływu, w tym zwłaszcza do okresowych powodzi i wysychania jej koryta. Banki pozwalają na tymczasowe pozyskiwanie środków w tempie różniącym

się od tempa ich wydawania. Inwentarze produktów w łańcuchu dostaw od dystrybutorów, przez hurtowników, po detalistów pozwalają na utrzymanie płynności produkcji pomimo fluktuacji popytu oraz na zaspokajanie popytu pomimo zróżnicowania wolumenu produkcji.

Większość decyzji indywidualnych i instytucjonalnych podejmuje się w celu regulacji poziomów inwentarzy. Kiedy poziomy są zbyt wysokie, ceny ulegają obniżeniu, a podnosi się budżet na reklamę, tak aby zwiększyć sprzedaż i obniżyć poziom inwentarza. Kiedy zapasy jedzenia w domu spadają, udajemy się do sklepu. Rolnicy decydują o tym, jak intensywnie podlewają swoje uprawy i ile pestycydów powinni użyć, podczas gdy spółki zbożowe decydują, ile wagonów zamówić, spekulanci obstawiają przyszły zysk ze zbiorów, a hodowcy bydła powiększają lub przetrzebiamy swoje trzody. Zmiana poziomu napełnienia zbiornika prowadzi do wykonywania najróżniejszych działań korygujących w zależności od tego, czy jest on zbyt wysoki, czy za niski. To samo można powiedzieć o inwentarzu pieniędzy w Twoim portfelu, rezerwach ropy naftowej przedsiębiorstwa, stosie zrębków drzewnych w papierni i koncentracji zanieczyszczeń w jeziorze.

Ludzie stale śledzą poziom inwentarzy i podejmują decyzje i działania z myślą o podniesieniu poziomu, obniżeniu go lub utrzymaniu w akceptowalnym przedziale. Takie decyzje składają się na przyływy i odpływy oraz sukcesy i porażki wszelkiego rodzaju systemów. Myśląc systemowo osoby postrzegają świat jako zbiór inwentarzy i mechanizmów regulujących ich poziom poprzez zarządzanie przepływami.

Oznacza to, że widzą świat jako zbiór „procesów przekazywania reakcji”.

Samoczynne działanie systemu — przekaz informacji zwrotnych

Systemy kontroli przekazu informacji zwrotnych są fundamentalne dla życia i działań ludzkich, kierując wszystkim od powolnej ewolucji biologicznej po wystrzelenie najnowszego sztucznego satelity (...). Wszystko, co robimy jako jednostki, przemysły lub społeczeństwa, odbywa się w kontekście systemu przekazu informacji zwrotnych.

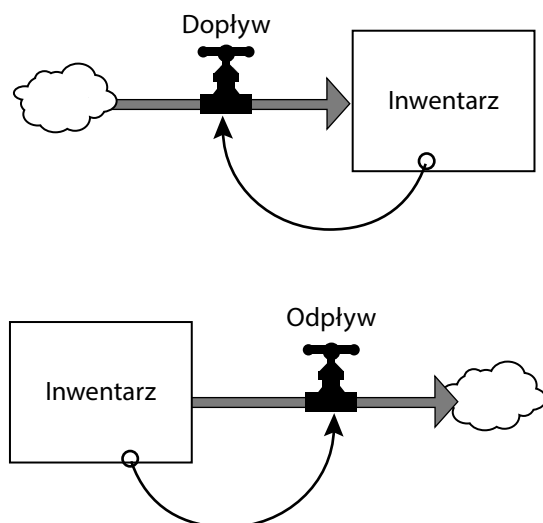
— JAY W. FORRESTER³

Kiedy inwentarz roznosi się skokowo, szybko maleje lub zachowuje jednakowy poziom niezależnie od okoliczności, zachodzi znaczne prawdopodobieństwo, że odpowiada za to mechanizm kontroli. Innymi słowy, jeżeli widzisz utrzymujące się w czasie zachowanie, za jego spójność prawdopodobnie odpowiada mechanizm. Mechanizm taki działa z wykorzystaniem **pętli sprzężenia zwrotnego**. Długookresowa spójność zachowania jest pierwszą wskazówką świadczącą o istnieniu takiej pętli.

Pętla sprzężenia zwrotnego powstaje, kiedy zmiany poziomu inwentarza wpływają na przepływy biegnące do niego i z niego. Taka pętla może być dość prosta i bezpośrednia. Przykładem jest oprocentowane konto oszczędnościowe w banku. Łączna suma środków na koncie (inwentarz) wpływa na to, jak dużo środków wpływa na nie jako odsetki. Jest tak, ponieważ zgodnie z umową na konto wpływa corocznie określona kwota w odsetkach. Owa kwota (dopływ) nie jest stała, lecz różni się w zależności od sumy na koncie.

Innym przykładem dość bezpośredniej pętli sprzężenia zwrotnego jest sytuacja, kiedy otrzymujesz co miesiąc wyciąg z konta. Jeśli poziom dostępnych środków na koncie (inwentarz) spada, możesz postanowić, że będziesz pracować dłużej i zarabiać więcej. Środki wpływające na konto są przepływem, który można dostosowywać, aby podnieść sumę środków do pożądanego poziomu. Jeżeli nagromadzisz na koncie wystarczająco dużo środków, możesz postanowić, że skrócisz swój czas pracy (i tym samym zmniejszysz dopływ). Taka pętla pozwala utrzymać poziom dostępnych środków w akceptowalnym przedziale. Dostosowanie poziomu zarobków nie jest przy tym jedyną pętlą wpływającą na wielkość Twojego majątku. Możliwe jest również dostosowanie odpływu pieniędzy, na przykład poprzez zastosowanie pętli dostosowywania wydatków.

Pętle sprzężenia zwrotnego mogą sprawiać, by inwentarze utrzymywały stały poziom w określonym zakresie, prowadzić do jego wzrostu lub spadku. Tak czy inaczej odpływy i dopływy są dopasowywane odpowiednio do zmiany wielkości samego inwentarza. Człowiek lub mechanizm odpowiadający za śledzenie poziomu inwentarza uruchamia proces korygujący, dostosowując wskaźniki dopływu lub odpływu (lub jeden i drugi), aby tym samym zmienić poziom inwentarza. Inwentarz z kolei przekazuje z powrotem ciąg sygnałów i reakcji, aby kontrolować swój własny poziom.



Rysunek 8. Jak odczytywać diagramy inwentarza i przepływu z pętlami sprzężenia zwrotnego. Każdy diagram wskazuje inwentarz, przepływ zmieniający poziom inwentarza i powiązanie informacyjne (przedstawione jako cienka, zakrzywiona strzałka), które kieruje działaniem. Podkreśla się w ten sposób, że działanie lub zmiana zawsze polegają na dostosowaniu przepływów

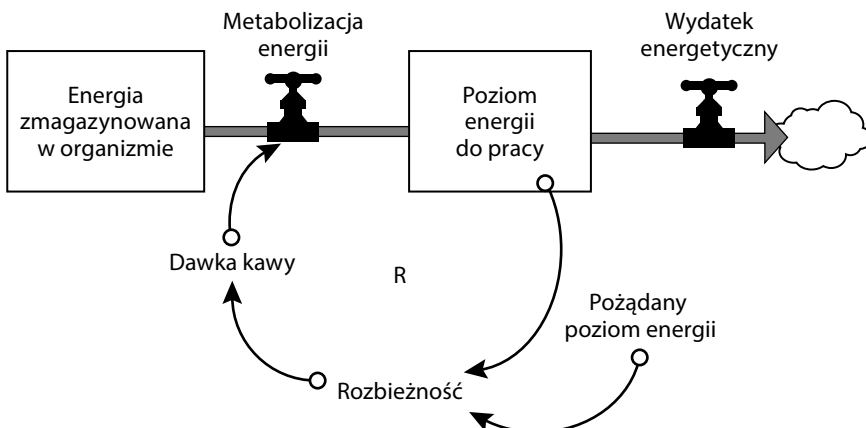
Pętle sprzężenia zwrotnego nie są obecne we wszystkich systemach. Niektóre systemy są stosunkowo prostymi, otwartymi łańcuchami inwentarzy i przepływów. W takich przypadkach na owe łańcuchy wpływać mogą czynniki wewnętrzne, lecz poziomy inwentarzy łańcuchów nie mają wpływu na systemowe przepływy. Niemniej jednak systemy oparte na pętlach występują powszechnie, przy czym bywają ustrukturyzowane niezwykle elegancko, a w działaniu potrafią być dość zaskakujące, o czym się jeszcze przekonamy.

Pętla sprzężenia zwrotnego jest zamkniętym łańcuchem połączeń przyczynowych przebiegających od inwentarza, przez zbiór decyzji, zasad, praw fizyki lub działań zależnych od poziomu inwentarza, z powrotem do przepływu zmieniającego poziom inwentarza.

Pętla stabilizująca — wyważanie sprzężenia zwrotnego

Często spotyka się taki rodzaj pętli, która stabilizuje poziom inwentarza, jak w przykładzie z kontem bankowym. Poziom inwentarza może nie pozostawać całkowicie niezmienny, ale utrzymuje się w akceptowalnym zakresie. Dalej przeczytasz o innych pętlach stabilizujących, które mogą Ci się wydać znajome. Przykłady te ukazują niektóre z etapów działania pętli nieco bardziej szczegółowo.

Jeżeli pijasz kawę, to kiedy czujesz spadek poziomu energii, możesz sięgnąć po kubek tego gorącego napoju, żeby na nowo się rozbudzić. Jako kawosz masz preferowany poziom inwentarza (energii do pracy). Celem tego systemu dostawy kofeiny jest utrzymanie Twojego rzeczywistego inwentarza na poziomie zbliżonym do pożądanego. (Oczywiście picie kawy może wiązać się z innymi celami, takimi jak delektowanie się nią lub spędzenie czasu z innymi). To właśnie owa rozbieżność między rzeczywistym a pożądanym poziomem energii do pracy kieruje Twoimi decyzjami dotyczącymi zapewniania sobie codziennych dawek kofeiny.



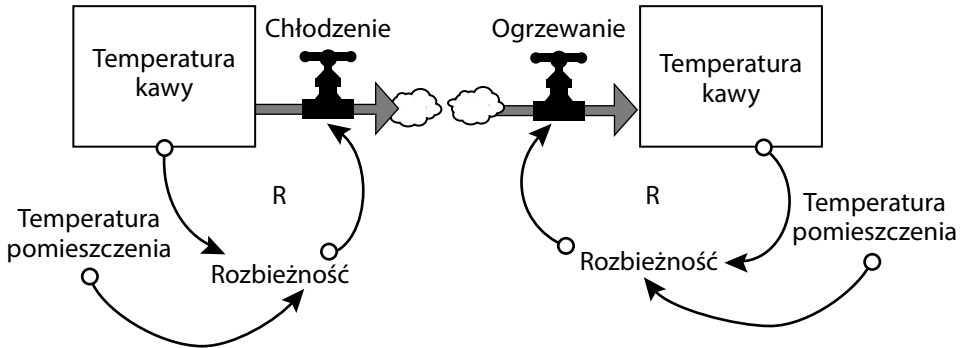
Rysunek 9. Poziom energii miłośnika picia kawy

Zauważ, że oznaczenia na rysunku 9., tak jak wszystkie oznaczenia diagramów w tej książce, nie są ukierunkowane. Zapisane są w formie „energia zmagazynowana w organizmie” i „dawka kawy”, a nie „niski poziom energii” i „więcej kawy”. Jest tak, ponieważ pętla często działa w obie strony. W takim przypadku pętla może skorygować nadwyżkę lub niedobór. Jeżeli wypieś za dużo kawy i tak Cię rozpieiera energia, że chodzisz po ścianach, odstawiasz swój ulubiony napój na pewien czas. Wysoki poziom energii tworzy rozbieżność wskazującą, że czegoś jest „za dużo”, co prowadzi do zredukowania dawki kawy do momentu, w którym poziom energii nieco spadnie. Diagram ma wskazywać, że pętla może zarówno obniżać, jak i podwyższać poziom energii.

Mogłabym wprowadzić ukazać dopływ energii z chmury, ale zamiast tego nieco skomplikowałam diagram systemu. *Pamiętaj: wszystkie diagramy systemów są uproszczeniami.* Sami wybieramy, jakiemu poziomowi złożoności chcemy się przyjrzeć. W tym przykładzie wskazałam drugi inwentarz — zmagazynowaną w organizmie energię, którą aktywuje kofeina. Chciałam w ten sposób wskazać, że system nie sprowadza się do prostej pętli. Każdy, kto pija kawę, wie, że kofeina stymuluje jedynie na krótką metę. Pozwala nam „dodać gazu”, ale nie uzupełnia naszego osobistego „baku”. Haj kofeinowy ostatecznie mija, pozostawiając organizm bardziej wyczerpanym, niż był wcześniej. Taki spadek może ponownie uruchomić pętlę sprzężenia zwrotnego i sprawić, aby kawosz nalał sobie kolejny kubek. (Temat uzależnień poruszam w dalszej części książki). Może on jednak również wywołać zdrowsze na dłuższą metę reakcje zwrotne: zjedzenie posiłku, wyjście na spacer lub zdrzemnięcie się.

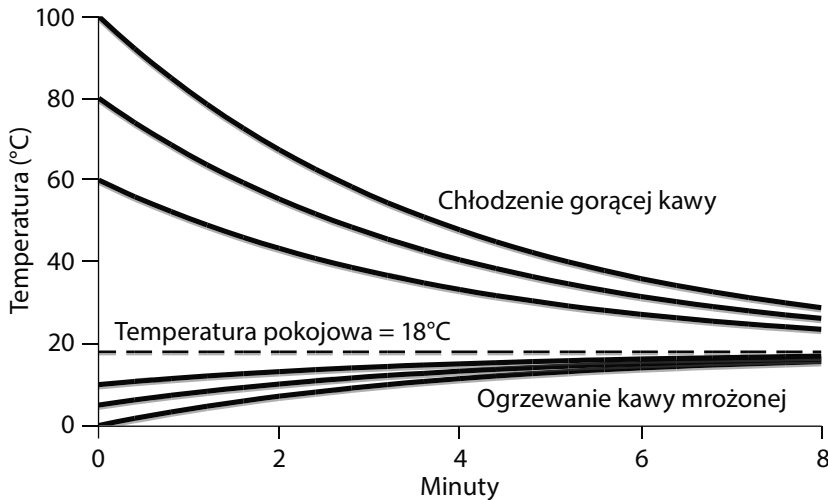
Taka stabilizująca, ukierunkowana na cel pętla regulująca nazywa się **równoważącą pętlą sprzężenia zwrotnego**, wobec czego oznaczyłam ją literą R. Pętłe równoważące są *ukierunkowane na cel* lub *stabilizację*. Każda dąży do utrzymania inwentarza na określonym poziomie, tak aby miał określoną wartość lub mieścił się w danym zakresie. Pętla równoważąca działa w kierunku przeciwnym do zmiany nakładanej na system. Jeżeli doprowadzisz do nadmiernego wzrostu inwentarza, pętla równoważąca będzie starać się go ograniczyć. Jeśli natomiast nadmiernie obniżysz wielkość inwentarza, pętla będzie dążyć do jego ponownego powiększenia.

Oto kolejny przykład równoważącej pętli sprzężenia zwrotnego związany z kawą, lecz tym razem oparty na prawach fizyki, a nie na ludzkiej decyzyjności. Kubek z gorącą kawą będzie się stopniowo ochładzał aż do osiągnięcia temperatury pokojowej. Tempo chłodzenia jest zależne od różnicy między temperaturą kawy a temperaturą pomieszczenia. Im różnica jest większa, tym szybciej kawa się chłodzi. Owa pętla działa też w drugą stronę: jeśli przyrządzisz kawę mrożoną w ciepły dzień, będzie się ona ogrzewać aż do osiągnięcia temperatury pomieszczenia. Funkcją tego systemu jest sprowadzenie rozbieżności między temperaturą kawy a temperaturą pomieszczenia do zera, niezależnie od tego, czy rozbieżność jest dodatnia, czy ujemna.



Rysunek 10. Kubek kawy — chłodzenie (po lewej) i ogrzewanie (po prawej)

Zaczynając od różnych temperatur kawy — od prawie wrzącej po prawie zamarzającą — wykres na rysunku 11. pokazuje, co się stanie z temperaturą z biegiem czasu (o ile kawy po prostu nie wypijesz). Widać tutaj równoważące zachowanie pętli. Bez względu na pierwotną wartość inwentarza systemu (w tym przypadku temperatury kawy) — czy jest wyższa, czy niższa od „celu” (temperatury pomieszczenia) — pętla sprzężenia zwrotnego przybliża ją do wartości docelowej. Zmiana początkowo przebiega szybciej, a potem spowalnia wraz ze zmniejszaniem się rozbieżności między wartością inwentarza a docelową.



Rysunek 11. Zbliżanie się temperatury kawy do temperatury pokojowej równej 18°C

Ten wzorzec zachowania — stopniowe przybliżanie do określonego systemowo celu — widać również w przypadku rozpadu promieniotwórczego, naprowadzania pocisku na cel, amortyzacji środków trwałych, napełniania lub opróżniania zbiornika, regulowa-

nia poziomu cukru we krwi i hamowania samochodu na światłach. Przykładów można wskazać multum. Świat jest pełen ukierunkowanych na cel pętli sprzężenia zwrotnego.

Obecność mechanizmu przekazu informacji zwrotnych nie oznacza sama w sobie, że ów mechanizm działa *dobrze*. Może on nie być wystarczająco silny, aby przywrócić pożądany poziom inwentarza. Sprzężenia zwrotne — powiązania, informacyjny aspekt systemu — mogą zawodzić z wielu powodów. Informacje mogą docierać zbyt późno lub w niewłaściwe miejsce. Mogą być niejasne, niepełne lub trudne do zinterpretowania. Wywoływane przez nie reakcje mogą być zbyt słabe, opóźnione, ograniczone lub po prostu nieefektywne. Inwentarz może nie osiągnąć poziomu docelowego dla pętli sprzężenia zwrotnego, jednak w prostym przykładzie kubka kawy temperatura napoju w końcu osiągnie temperaturę pokojową.

Równoważące pętle sprzężenia zwrotnego są strukturami ukierunkowanymi na cel i zarówno sprzyjają stabilności, jak i stawiają opór zmianom.

Pętla niekontrolowana — wzmacnianie sprzężenia zwrotnego

Muszę odpocząć, aby odświeżyć umysł, a odpoczynek wymaga podróżowania, a do podróżowania potrzeba pieniędzy, a żeby mieć pieniądze, trzeba pracować (...). Jestem zamknięty w błędnym kręgu (...), z którego ucieczka jest niemożliwa.

— HONORÉ DE BALZAC⁴, XIX-WIECZNY PROZAİK I DRAMATOPISARZ

Widzimy tutaj bardzo ważną właściwość. Wygląda to na błędne koło w rozumowaniu: zyski spadły, ponieważ inwestycje spadły, a te spadły, ponieważ zyski spadły.

— JAN TINBERGEN⁵, EKONOMISTA

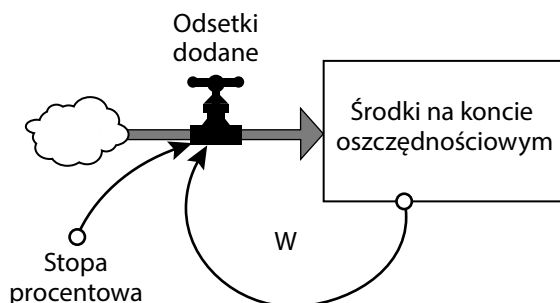
Drugi rodzaj pętli sprzężenia zwrotnego działa wzmacniająco, wzmagająco, samonapędzająco, jak kula śniegowa — jest błędnym kołem, które może prowadzić do zdrowego rozwoju lub niekontrolowanej destrukcji. Nosi nazwę **wzmacniającej pętli sprzężenia zwrotnego** i będzie oznaczany w diagramach literą W. Im poziom inwentarza jest wyższy, tym większy generuje ona do niego dopływ — i na odwrót. Pętla wzmacniająca wzmacnia zmiany w tym kierunku, w którym już zachodzą.

Oto przykłady:

- Kiedy byłam mała, im bardziej mój brat mi dokuczał, tym bardziej ja dokuczałam jemu — wobec czego on dokuczał mi jeszcze bardziej, a zatem ja jemu też.
- Im bardziej ceny wzrastają, tym bardziej należy podnosić płace, aby ludzie mogli utrzymać swój bieżący standard życia. Im bardziej płace rosną, tym bardziej trzeba podnosić ceny, aby utrzymać dotychczasowy poziom zysków. Oznacza to, że trzeba podnieść płace, a co za tym idzie — ceny.
- Im więcej jest królików, tym więcej jest dorosłych królików, które mogą narobić małych króliczków. Im więcej jest małych króliczków, tym więcej z nich dorasta, aby narobić jeszcze więcej małych króliczków.
- Im bardziej gleba ulega erozji, tym mniej roślin może na niej rosnąć, więc tym mniej korzeni ją wiązuje, więc tym bardziej gleba ulega erozji, więc tym mniej roślin może na niej rosnąć.
- Im więcej ćwiczę grę na pianinie, tym większą przyjemność czerpię ze słuchania wydawanych przez nie dźwięków, przez to tym więcej gram na pianinie, dzięki czemu więcej ćwiczę.

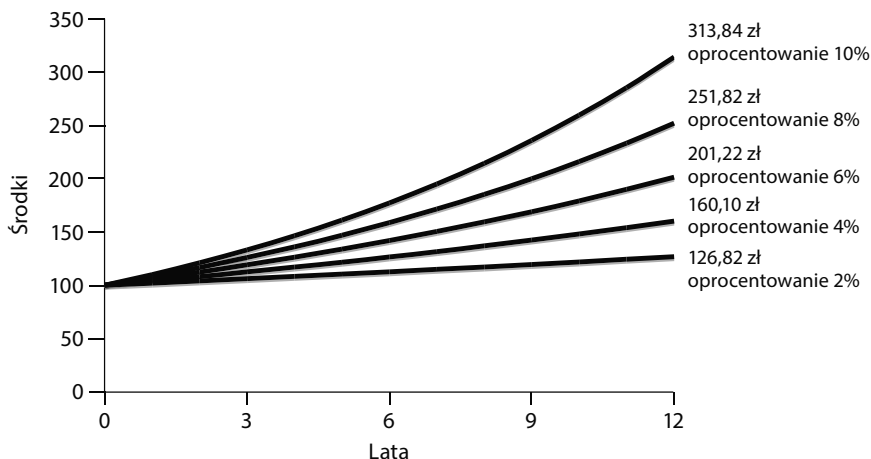
Pętle wzmacniające obecne są wszędzie tam, gdzie element systemu jest zdolny do odtwarzania siebie lub rozrastania się w równomiernym stopniu. Takimi elementami są między innymi populacje i gospodarki. Czy pamiętasz przykład oprocentowanego konta bankowego? Im więcej jest na nim środków, tym większe zarabiasz odsetki, które dodawane są do salda, generując jeszcze większe odsetki.

Wzmacniające pętle sprzężenia zwrotnego wzmagają same siebie, co prowadzi z biegiem czasu do wykładniczego wzrostu lub niekontrolowanego załamania. Są one obecne, kiedy inwentarz ma zdolność do odtwarzania się lub wzmacniania.



Rysunek 12. Oprocentowane konto bankowe

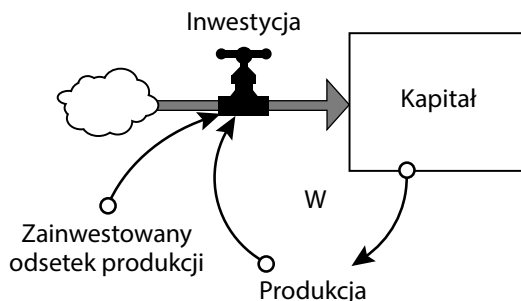
Na rysunku 13. widać, jak ta pętla wzmacniająca pomnaża majątek przy założeniu kapitału początkowego o wartości 100 złotych oraz braku wpłat i wypłat przez okres 12 lat. Pięć linii odpowiada pięciu różnym stopom procentowym, od 2% do 10% w skali rocznej.



Rysunek 13. Wzrost oszczędności przy różnych stopach procentowych

Nie jest to zwykły, liniowy, stały w czasie wzrost. Wzrost oszczędności na koncie przy niższych stopach procentowych może wydawać się liniowy przez pierwszych kilka lat, ale w rzeczywistości coraz bardziej przyspiesza. Im więcej jest nagromadzonych środków, tym więcej ich przyrasta. Taki wzrost nazywamy wykładniczym. Może on być korzystny lub szkodliwy — w zależności od tego, z czym mamy do czynienia: środkami na koncie, ludźmi zarażonymi wirusem HIV, szkodnikami na polu uprawnym, gospodarką krajową czy ilością broni w wyścigu zbrojnym.

Na rysunku 14. widać, że im więcej ma się do dyspozycji maszyn i fabryk (zwanym zbiorczo kapitałem), tym więcej dóbr i usług można dostarczyć (produkcja). Im produkcja jest większa, tym więcej można zainwestować w nowe maszyny i fabryki. Im więcej wytwarzasz, tym większą masz zdolność wytwarzania jeszcze więcej. Ta pętla wzmacniająca jest silnikiem napędowym gospodarki.



Rysunek 14. Reinwestycja kapitału

Być może widzisz już, jak równoważące i wzmacniające pętle sprzężenia zwrotnego są istotne dla systemów. Czasami pytam moich studentów, czy możliwe jest wskazanie jakiegokolwiek ludzkiej decyzji, która odbywa się *bez* udziału pętli — podejmowanej bez uwzględnienia informacji dotyczącej poziomu inwentarza, na którą ma wpłynąć. Warto, abyś sam się nad tym zastanowił. Z czasem zaczniesz dostrzegać wszędzie coraz więcej pętli sprzężenia zwrotnego.

Najczęstsze decyzje „bezsprzężeniowe”, jakie proponują studenci, dotyczą zakochiwania się i popełniania samobójstw. Pozostawiam Tobie ocenę tego, czy takie decyzje *rzeczywiście* podejmowane są bez udziału informacji zwrotnych.

WSKAZÓWKA DOTYCZĄCA PĘTLI WZMACNIAJĄCYCH I CZASU PODWOJENIA

Ponieważ na pętle wzmacniające będziemy często trafiać, warto znać następującą pomocną regułę: podwojenie wykładniczo wzrastającego inwentarza, czas podwojenia, ma wartość zbliżoną do 70 podzielonego przez stopę wzrostu (wyrażoną procentowo).

Oto przykład: jeśli założysz lokatę w wysokości 100 złotych przy stopie oprocentowania wynoszącej 7% w skali roku, swój majątek podwoisz w ciągu 10 lat ($70 : 7 = 10$). Jeśli stopa oprocentowania będzie wynosić 5%, ten sam efekt uzyskasz po 14 latach.

Uważaj! Jeżeli wszędzie widzisz pętle sprzężenia zwrotnego, możliwe, że już zacząłeś myśleć systemowo! Zamiast dostrzegać jedynie to, jak A prowadzi do B, zaczniesz *również* zastanawiać się, w jaki sposób B może wpłynąć na A oraz jak A może samo siebie wzmocnić lub odwrócić. Kiedy usłyszysz w wieczornych wiadomościach, że bank centralny zrobił coś, aby wpłynąć na gospodarkę, od razu pomyślisz, że gospodarka zrobiła coś, co wpłynęło na bank centralny. Kiedy ktoś Ci powie, że przyrost ludności prowadzi do ubóstwa, zaczniesz się zastanawiać, w jaki sposób ubóstwo może prowadzić do przyrostu ludności.

ZASTANÓW SIĘ

Jeśli A powoduje B, to czy również B może powodować A?

Nie będziesz już wyobrażać sobie statycznego świata, lecz dynamiczny. Przestaniesz rozglądać się za kimś, kogo będzie można obwinić, lecz zaczniesz zadawać sobie pytanie: jak wygląda ten system? Pojęcie sprzężenia zwrotnego otworzy Cię na ewentualność, że system może sam być przyczyną swojego zachowania.

Do tej pory ograniczyłam omówienie do jednego rodzaju pętli naraz. Oczywiście w rzeczywistych systemach rzadko się zdarza, żeby pętle występowały pojedynczo. Są one ze sobą powiązane, często w wymyślnie złożonych układach. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że pojedynczy inwentarz będzie związany z kilkoma wzmacniającymi i równoważącymi pętlami o różnej sile, ciągnącymi go w różnych kierunkach. Pojedynczy przepływ może dostosowywać się do poziomu trzech, pięciu czy nawet dwudziestu inwentarzy. Może on wypełniać jeden inwentarz, opróżniając inny, wpływając też na decyzje dotyczące modyfikacji jeszcze innego. Wiele pętli sprzężenia zwrotnego w systemie może go ciągnąć w różne strony, dążąc do wzrostu poziomów inwentarzy, obniżania ich i równoważenia ze sobą nawzajem. W wyniku tego zachowania złożonych systemów nie ograniczają się one jedynie do utrzymywania stabilności, wykładniczego wzrostu i płynnego przybliżania się do celów — co omówimy już wkrótce.

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion 

W złożonej rzeczywistości myślenie systemowe jest kluczowym narzędziem pozwalającym odnieść się do licznych wyzwań: gospodarczych, ekologicznych, politycznych czy społecznych. Tylko w ten sposób w codziennych wiadomościach można dostrzec przejawy trendów, a w trendach — przejawy struktury. Zrozumienie tych procesów pozwala nie tylko na łatwiejszą egzystencję w świecie złożonych systemów, ale także na podejmowanie racjonalnych decyzji biznesowych czy politycznych. Bez myślenia systemowego nie można wprowadzać trwałych zmian w systemie na jego różnych poziomach.

Oto prosta książka o złożonym świecie, napisana dla każdego, kto chce zainspirować się do rozwiązywania problemów w skali zarówno osobistej, jak i globalnej. Zawartą tu wiedzę gromadzono przez wiele lat modelowania systemów, aby w interesujący sposób przenieść myślenie systemowe z królestwa komputerów i matematyki do świata. Pokazano tu jak rozwinąć umiejętności takiego myślenia właściwe dla charyzmatycznych liderów i wizjonerów. Podczas lektury łatwo dojść do przekonania, że największe światowe problemy — wojna, głód, ubóstwo i degradacja środowiska — są awariami systemu. Aby sobie z nimi poradzić, nie można wpadać w pułapkę zbyt wąskiego myślenia. Świat stanie się lepszy, jeśli ludzie rozwiną podstawowe umiejętności rozumienia złożonych systemów i radzenia sobie z nimi — i temu właśnie służy ta publikacja.

W tej książce między innymi:

- co to jest system i czym się charakteryzuje
- jak działają systemy i dlaczego są tak sprawne
- myślenie systemowe a procesy w biznesie, polityce i światowej ekonomii
- ingerencja w system: kiedy, w jaki sposób i z jakimi konsekwencjami
- jak żyć w świecie powiązanych systemów

Dr Donella H. Meadows (1941 – 2001) była naukowcem, chemiczką i biofizyczką, znaną orędowniczką zrównoważonego rozwoju w świecie o ograniczonych zasobach. Zastępnęła jako autorka i współautorka kluczowych książek o pojemności ekosystemu Ziemi, wpływie działań ludzkich na ten ekosystem i modelowaniu zjawisk globalnych. W 1996 roku założyła Sustainability Institute, aby propagować myślenie systemowe w świecie wyzwań gospodarczych, ekologicznych i społecznych.

Nie mów o systemie, tylko zrozum, jak działa!

 Helion	KOD KORZYŚCI <i>Sięgnij po więcej!</i> 
 helion.pl	ISBN 978-83-283-9988-4  9 788328 399884
 HELION SA ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl	Cena: 49,90 zł