

## Inżynieria jako twórcza metoda wdrażania postępu nauki w leśnictwie<sup>1</sup>

Creative engineering – introducing the progress of science to forestry

**Tomasz J. Wodzicki**

Instytut Badawczy Leśnictwa, Niestacjonarne Studia Doktoranckie (NSD), Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Tel. +48 22 7150561, e-mail: t.wodzicki@wp.pl

Motto:

*Zadania nauki to poszukiwanie prawdy i tworzenie wynalazków.*

(Francis Bacon)

*Wielkim celem życia człowieka nie jest wiedza, lecz działanie.*

(T.H. Huxley)

*Czego nauka i etyka nie zabrania wyobraźni, tego natura nie zabrania człowiekowi.*

(T.J. Wodzicki)

**Abstract.** Implementing creative engineering, or in other words the progress of science, in forestry practices, requires integration of knowledge from its various branches concerning the impact of human activity on the Earth's ecosystem. In fact, various aspects of development in the forest services are already associated with ecological engineering which practically includes biology, economy, sociology, as well as technical and mechanical construction. Special attention was given to modeling as the most productive method of promoting progress in forest management. In the case of biological engineering in forest ecology for example, various possibilities of applying genetic engineering as a potential future method for increasing productivity as well as the preservation of genetic diversity and protection of the environment are discussed in more detail. Literature recommendations concerning engineering in forestry accessible to the students of Extramural Doctorate Studies at the Forest Research Institute in Sękocin are also enclosed.

**Keywords:** creative engineering, modeling, ecological engineering, biotechnology

**Słowa kluczowe:** twórczość inżynierska, modelowanie, inżynieria ekologiczna, biotechnologia

<sup>1</sup> Tezy wykładu dla doktorantów (styczeń 2020 r.)

### 1. Twórczość inżynierska

Inżynieria to twórcze wykorzystanie wiedzy, czyli produktów doświadczenia i wyobraźni sformułowanych w naukowych teoriach przemiany energii i właściwościach materii, do projektowania metod i konstrukcji technicznych środków zaspakajania potrzeb człowieka. Naukę i inżynierię łączy więc wynik twórczej aktywności mózgu człowieka.

W gospodarce twórczość inżynierska jest sposobem wykorzystania wyników badań naukowych do zwiększenia

wartości użytkowej środowiska. Czyli nie tylko poszukiwanie i testowanie odpowiedzi na pytanie „Jak to się dzieje” i formułowanie teorii albo poszukiwanie i testowanie metod poznania (pomiaru) rzeczywistości, ale także projektowanie i formułowanie odpowiedzi na pytania: „Jaką wartość praktyczną ma konkretne odkrycie i jak je wykorzystać lub udoskonalić, mając na względzie potrzeby rozwojowe człowieka”, albo szukanie odpowiedzi na pytania bardziej szczegółowe: „Jak uzyskać ten cel inną niż stosowane dotąd metodą”, „Jaki pożytek, a jakie zagrożenie naturalnych pro-

cesów homeostazy może mieć konkretny produkt twórczości inżynierskiej”, „Jaki jest bilans kosztów i zysków zaprojektowanego przedsięwzięcia lub prawdopodobieństwo jego sukcesu”.

Twórczość inżynierska, obok ciekawości, może być jednym z głównych bodźców rozwoju nauki. W tym sensie, inżynieria pełni rolę sposobu eksperymentalnej metody testowania hipotez roboczych w badaniach finalizowanych formułowaniem teorii naukowych. Istnieje jednak dość istotna różnica między procesami mentalnymi obu tych form twórczości. Tworzenie teorii naukowej dotyczy zaangażowania pamięci i wyobraźni w analizę związków przyczynowych faktów zebranych wcześniej – w przeszłości. Natomiast twórczość inżynierska uwzględnia ponadto projektowanie i konstrukcję systemu związków przyczynowych kreujących fakty w przeszłości. W obu formach twórczości obowiązuje poszukiwanie prawdy (w sensie jaki nadano temu pojęciu w nauce), a więc testowanie wiarygodności wyników tworzenia. W procesie twórczości inżynierskiej realizuje się szczególnie szansa wykorzystania zasobów potencjału poznanych wcześniej praw natury, w celu zaspokojenia założonego poziomu potrzeb człowieka. W każdym przypadku, a więc i w leśnictwie, dotyczy to pytania o zmiany właściwości produktu ewolucji przyrody (powstałego drogą doboru naturalnego w sukcesji pokoleń) i możliwości postępowych zmian potencjału oporu naturalnego środowiska. Jest to możliwe dzięki właściwościom umysłu ludzkiego, jakimi są wielostronność kojarzenia sensu i współzależności zebranych informacji oraz swoboda wyboru kryteriów celu i sposobów jego realizacji w praktyce użytkowania lasu. Może to być na przykład wybór tradycyjnych metod hodowli lasu albo celowej modyfikacji *in vitro* struktury DNA komórek tkanki twórczej, określających kierunek procesów odpornościowych lub korelacji wzrostowych drzew. W ten sposób twórczość inżynierska jest niejako procesem kreującym alternatywne drogi ewolucji naturalnej, które mogą być kształtowane zarówno w kierunku wzbogacenia wartości użytkowej, jak i zwiększenia poziomu ochrony naturalnej struktury biocenozy ekosystemów.

Podsumowując, twórczość człowieka jest wielopoziomym procesem, na który składają się mechanizmy aktywności mentalnej w procesach: (1) przejmowania informacji środowiskowej przez system zmysłów; (2) pamięci w systemie kodowania informacji zmysłowej; (3) kojarzenia sensu logicznego informacji zmysłowej – tzw. inteligencji; (4) wyobraźni – procesu, którego (archaiczną, ale najbliższą spośród wielu) definicją jest: mentalne obrazowanie czegoś, w formie niematerialnej idei. W twórczości naukowej determinującym celem jest wykorzystanie informacji zmysłowej w bliskie rzeczywistości (sprawdzalne eksperymentalnie) sformułowanie teorii o właściwościach badanego układu. W twórczości inżynierskiej jest to głównie zaangażowanie pamięci i wyobraźni w konstrukcję dzieła użyteczności społecznej. Trzecią formą twórczości człowieka jest „science fiction” i twórczość artystyczna, w której decydujące znaczenie ma wyobraźnia integrująca cechy indywidualności człowieka, znajdujące odzwierciedlenie w konstrukcji treści i formy dzieła sztuki.

Studia doktoranckie w zakresie nauk leśnych dają uczestnikom szansę realizowania obu celów poznawczych jednocześnie lub alternatywnie. Proces twórczy w badaniach stanowiących treść rozprawy doktorskiej może bowiem dotyczyć głównie wartości poznawczych (doskonalenia teorii) lub nowatorskich metod gospodarowania (hodowli, ochrony, użytkowania i urządzania lasu lub też zasad ekonomiki i organizacji zarządzania). Problemy twórczości inżynierskiej w programie studiów doktoranckich stanowią element wiedzy o ewolucji świadomości człowieka w poszukiwaniach prawdy na temat struktury środowiska bytu człowieka we wszechświecie jako sposobu wykorzystania wiedzy do rozwoju ludzkości bez ograniczania potencjału twórczego biosfery Ziemi.

U wielu zwierząt obserwuje się najbardziej pierwotne przejawy „twórczości inżynierskiej” – zwykle jako sposobu zabezpieczenia bytu rodziny, np. przy budowie legowiska przez ssaki, gniazd przez ptaki, lub sieci pajęczych itp. Rozwój systemu tkanki nerwowej w toku filogenezy, a szczególnie mózgu i potencjału twórczego świadomości, zdecydowały o ewolucji cywilizacji i kultury człowieka. Kluczową rolę w tym procesie miało doskonalenie sposobów gromadzenia wiedzy i komunikacji międzypokoleniowej, a przede wszystkim ewolucji języka jako produktu rekombinacji symbolicznych znaków dźwiękowych i graficznych – czynników pamięci i edukacji. Najbardziej pierwotne formy twórczości inżynierskiej przejawiał człowiek już w procesie łupania kamienia, kształtowania grotów włóczni, splatania włókien, wiązania sieci, lepienia naczyń jako narzędzi zdobywania i konserwacji pożywienia, konstrukcji środków transportu i obrony, a wreszcie krzesania ognia oraz budowania i urządzania zabudowań. Wybór i uprawę roślin lub hodowlę zwierząt, z tych samych względów, należy uważać za przejawy twórczej aktywności inżynierskiej człowieka. Tak właśnie, dzięki kumulacji wiedzy, ewoluował potencjał twórczy człowieka w dziedzinie doskonalenia sposobów jej wykorzystania dla postępowego rozwoju warunków bytu populacji w sukcesji pokoleń. Proces ten w psychologii określa się jako ewolucję wysokiego poziomu intencjonalności (Trojan 2016). Ludzie są jedynym gatunkiem, który prowadzi podróże mentalne tak daleko, że są oni ciekawi i intencjonalnie gotowi do poszukiwania odpowiedzi na pytania formułowane przez nich samych, a następnie poszukując logicznych związków przyczynowych, formułują hipotezy, teorie i stosują je w gospodarce. Tylko ludzie potrafią wykorzystać zapamiętane obserwacje, wiedzę i wyobraźnię do wyboru kierunku kojarzenia zdarzeń i faktów – konstruowania hipotez, teorii, planowania, modelowania, wartościowania, fantazjowania, a więc posiadają także zdolność twórczej ingerencji w procesy ewolucji przyrody. W nauce i gospodarce leśnej zastosowanie mają różne formy inżynierii twórczej, nie tylko związanej z urządzeniem geodezyjnym, budownictwem i mechaniką, które mają najdłuższą historię rozwoju jako sposoby wyznaczania granic obszarów leśnych. Na przykład działania określające własność przestrzeni zalesionej lub terenów łowieckich i zapasów drewna, ale także sposoby regu-

lacji stosunków wodnych, mechanizacji prac przy hodowli, ochronie i użytkowaniu lub transporcie drewna podporządkowane są generalnie inżynierii biologicznej i socjologii (Rykowski 2006; Szważyk 2015).

## 2. Inżynieria ekologiczna w leśnictwie

Inżynieria ekologiczna jako szczególny dział twórczości biologicznej stanowi – jak to sformułował światowej sławy ekolog, profesor H.T. Odum: „...wykorzystanie naturalnych przemian zachodzących w środowisku, w celu osiągnięcia korzyści przez człowieka, jak i przez samo środowisko”. Wynika stąd, że wszelkie działania inżynieryjne w leśnictwie są elementami realizacji różnych zadań w inżynierii ekologicznej. Metody inżynierii ekologicznej w leśnictwie różnią się istotnie (nie tylko w Polsce) w zależności od wyboru funkcji lasu, czyli strukturalnych właściwości ekosystemu i głównych czynników homeostazy w różnych fazach jego rozwoju. Praktycznie zróżnicowanie inżynierii twórczej w leśnictwie rozpoczyna się od problemów wyłącznie ochrony zalesionego terenu (jak w przypadku ścisłych rezerwatów przyrody), poprzez zachowanie różnych wariantów użytkowania i ochrony, aż do systemu pełnej antropopresji w hodowli plantacyjnej (jak w agrokulturze). Oznacza to potrzebę określenia proporcji lub wiedzy z zakresu wielu podstawowych dziedzin nauki do wyboru właściwej strategii inżynierii ekologicznej. A więc np.: biologii, geologii, klimatologii, hydrologii, petrografii (w inżynierii hodowli i ochrony lasu, łowiectwie itd.), fizyki, chemii, technologii budowy maszyn, budowy dróg, melioracji, architektury (w inżynierii użytkowania lasu, konstrukcji maszyn, budownictwie i transporcie na terenach zalesionych itd.), teorii finansów, metodologii analizy i planowania rynku (w inżynierii zarządzania, a więc w administracji, gospodarce finansowej), na koniec psychologii, socjologii, pedagogiki i historii, a szczególnie, matematyki, geometrii i statystyki – służących rozwiązywaniu wszelkich problemów wynikających z postępu metod gospodarowania w leśnictwie. W tworzeniu każdego programu twórczości inżynieryjnej w leśnictwie istnieje konieczność, nie tylko określenia celu utylitarnego, ale także sposobów zabezpieczenia procesu homeostazy ekosystemu, a jeśli to możliwe, nawet powiększenia jej efektywności (Rykowski 2006; Podgórska, Sierota 2010).

Pojęcie inżynierii ma swoją historię znaczeniową. Najbardziej powszechnie pod pojęciem inżynierii w gospodarce leśnej rozumie się sam proces realizacji zadań planowanych przez administrację Lasów Państwowych w zakresie i metodami określonymi aktualnym stanem wiedzy. W tym artykule mówi się o twórczości inżynieryjnej jako o konstruowaniu programów koncepcyjnych przyszłościowych form leśnictwa, uwzględniających rozwój cywilizacyjny populacji ludzkiej i wykorzystujących postęp wiedzy wynikający z celowo tworzonych programów badawczych. W tym sensie inżynieria twórcza dotyczy propozycji działań gospodarczych w przyszłości, a więc wymaga określenia prawdopodobieństwa sukcesu, czyli badań kompleksu czynników deter-

minujących projektowany sposób wykorzystania wiedzy. Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym organizuje spotkania przedstawicieli administracji Lasów Państwowych i środowisk naukowych (tzw. Zimowa Szkoła Leśna) w celu aktualizacji podstawowych programów: planowania, zarządzania, ochrony lasu i ich realizacji w praktyce, a więc aktualnych zasad inżynierii leśnej w pierwszym znaczeniu tego pojęcia. W publikacjach z tych sesji można znaleźć informacje m.in. o rozwoju inżynierii w leśnictwie, o postępie twórczości naukowej, a także zapoznać się z listą projektów działań pilotażowych Instytutu Badań Leśnych w Wiedniu (np. Zimowa Szkoła Leśna 2013).

## 3. Modelowanie

Jedną z podstawowych metod badań naukowych na wszystkich etapach poznania przyrody i twórczości inżynieryjnej w procesie planowania rozwoju gospodarki jest modelowanie – metoda testowania poziomu prawdopodobieństwa hipotez, a więc mentalna próba poznania związku wiedzy z praktyką (zwykle w formie modelu matematycznego). Najogólniej, jest to metoda szukania odpowiedzi na pytanie: „co się stanie jeśli”, np. w leśnictwie: „jak się zmieni użytkowanie lasu przy zmianie struktury gatunkowej drzewostanu”. Model to uproszczony obraz badanego fragmentu rzeczywistości, lub inaczej mówiąc, model symuluje zjawisko rzeczywiste. Uproszczenie to polega na wyeliminowaniu cech, elementów lub innych relacji, które (przynajmniej teoretycznie) są mało istotne. Proces homeostazy ekosystemów leśnych realizuje się przede wszystkim w systemie związków troficznych populacji autotrofów i organizmów heterotroficznych (także w formie symbiontów i pasożytów), odpowiednio do rodzaju i aktualnego stanu liczebności populacji określonych przez szeroko pojętą zmienność warunków środowiska bytu całej biocenozy – szczególnie żyzności i wilgotności gleby, sezonowości zmian opadów, temperatury i oświetlenia. Oznacza to, że chociaż zwykle polega się na wyborze dokonany przez ogromny potencjał procesu kojarzenia wiedzy zakodowanej w pamięci ludzkiego mózgu, czasem wybór elementów istotnych i tych, które zamierza się wyłączyć, w badaniach modelowych nie będzie możliwy bez przeprowadzenia badań wstępnych. Dotyczy to zresztą także wyboru wielkości i rodzaju próby pomiaru przy projektowaniu eksperymentalnych testów hipotez, a nawet teorii. Konstruowanie modeli angażuje wyobraźnię, jest bowiem próbą tworzenia alternatywnych teorii, które różnią się od siebie założeniami i pojęciami fizycznymi lub odległościami i skalami energii, w których mają zastosowanie. Modele umożliwiają przewidywanie zjawisk. Dzięki temu uczeni przeprowadzając doświadczenie, mogą teoretycznie potwierdzić prawdziwość twierdzeń wynikających z modeli, albo im zaprzeczyć.

Modelowanie, jako metoda badań naukowych, może też być podstawowym sposobem poznawania potencjału lasu jako czynnika zaspakajającego potrzeby rozwojowe bytu człowieka, a więc także projektowania i testowania prawdopodobieństwa skuteczności planowanych zasad go-

spodarowania. Wynika to nie tylko ze zmiennej dynamiki skomplikowanej struktury ekosystemów leśnych, ale także z powodu długowieczności drzew i długookresowości przemian ewolucyjnych, jako właściwości emergentnych struktury lasu. Realizują się one bowiem drogą sukcesji naturalnej, odpowiednio do zmienności warunków środowiska bytu ekosystemów leśnych w biocenozie. To znaczy, że wszelkie próby poznania metodą testowania eksperymentalnie modyfikowanej struktury ekosystemu leśnego, czyli skutków ingerencji w naturalny proces sukcesji, są skazane na sfinalizowanie dopiero po wielu latach obserwacji i pomiarów. Dotyczy to również potrzeb człowieka uwarunkowanych zmianami sprzężeń przyczynowo-skutkowych wielu procesów społecznych. A trzeba pamiętać, że wiarygodność przewidywań maleje wraz z oddalaniem się horyzontu planowania. Wobec długości życia drzew, przekraczającego, nawet kilkakrotnie, okres pracy twórczej badacza, jednorazowy pomiar daje zaledwie wstępną wiedzę o strukturze tych samych obiektów badań w kolejnych fazach rozwoju osobniczego układu. Znaczący to, że przewidywanie przyszłości na podstawie wyników tylko jednorazowego pomiaru korelacji między wybranymi elementami struktury układu jest ograniczone, a czasem iluzoryczne. Przy bardzo wysokim poziomie współzależności procesów biologicznych i ekonomicznych w planowaniu gospodarki leśnej skuteczniejsze byłyby wyniki analizy danych uzyskanych przez wielokrotne powtórzenie pomiarów w różnych fazach rozwoju fizjologicznego lasu, wahań parametrów rynkowych, a nawet ustrojowych państwa.

Dlatego właśnie, przewidywanie skutków planowanych działań w gospodarce leśnej, możliwe jest głównie dzięki metodzie modelowania. Dotyczy to nie tylko założeń teoretycznych dla testów eksperymentalnych, ale też analizy hipotetycznych współczynników zmienności struktury ekosystemów leśnych. W tym drugim przypadku metoda modelowania oznacza analizowanie prawdopodobnych skutków włączenia informacji, będącej produktem mentalnej aktywności człowieka, do ewolucyjnie ukształtowanego porządku zapewniającego trwałość struktury funkcjonalnej lasu. W tym sensie, modelowanie jest pierwszym etapem przygotowania projektu badań zarówno jako metoda formułowania racjonalnych pytań, jak i konstruowania zadań badawczych w celu znalezienia możliwie racjonalnych odpowiedzi na te pytania. Nie wolno jednak zapomnieć, że w procesie modelowania mniej istotny jest sposób zbierania czy opracowania danych, natomiast ważny jest sam wybór elementów badań interakcji.

W przypadku współzależności ‘las – człowiek’ analiza modelowa daje szansę na odkrycie nieznanych dotąd zależności i rezerw potencjału układu zacieśniającego związek obu partnerów. W każdym przypadku podstawową metodą modelowania, w dobie programów komputerowych, jest matematyczna analiza danych. Samo zastosowanie analizy matematycznej nie jest równoznaczne z modelowaniem, które zawsze rozpoczyna proces mentalny, stanowiący koncepcyjną podstawę eksperymentu sprawdzającego wnioski uzyskane metodą modelowania (Socha 2015). W twórczości naukowej zawsze należy

pamiętać o złożoności i ograniczeniach poznawczych metody modelowania (Heller 2014, 2016).

Przykładem eksperymentalnego testowania modelu, utworzonego w wyobraźni na podstawie tylko uzasadnionych naukowo przypuszczeń, było zainicjowanie testu upraw drzewostanowych *Thuja plicata* Donn ex D. Don i *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (gatunków północnoamerykańskich) w arboretum SGGW w Rogowie przez profesora Edwarda Chodzickiego z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Profesor nie czynił tego aby stworzyć w Polsce jeszcze jeden ogród botaniczny, do jakiej to roli predysponuje się współcześnie arboreta leśne, ale by przetestować koncepcję modelową możliwości zwiększenia potencjału funkcjonalnego lasów w Polsce, analogicznie do upraw Schwappacha.

Metodykę modelowania w leśnictwie stosują aktualnie, np. uczeni Wydziału Leśnego SGGW: Bogdan Brzeziecki (2015), Arkadiusz Bruchwald, Tomasz Borecki (2015), a także niektóre zespoły badawcze Instytutu Badawczego Leśnictwa (Rykowski 2006). Ale chociaż modelowanie jest, prawdopodobnie, najbardziej przydatną metodą w procesie tworzenia postępowych zasad gospodarowania w leśnictwie, właśnie w tym przypadku inżynieria ekonomiczna wymaga szczególnej uwagi ze względu na wyjątkowo trudny do określenia czynnik wartościowania przyrody (Żylicz 2014).

#### 4. Biotechnologia w leśnictwie – wybrane zastosowania inżynierii genetycznej

Termin „biotechnologia” po raz pierwszy został użyty przez węgierskiego naukowca i polityka Karoly Ereky w 1919 r. Dziś jest to dynamicznie rozwijająca się dziedzina nauki. Konwencja ONZ przyjęta na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r. określa biotechnologię jako „... wszystkie manipulacje dokonywane na organizmach lub ich elementach, prowadzące do wytworzenia użytecznych produktów”. Pierwsza faza biotechnologii to narodziny rolnictwa ok. 10–12 tys. lat temu – nieświadome genetyczne modyfikowanie roślin za pomocą selekcji i krzyżowania (pierwsze zboże, pszenica, a w Ameryce, dzikie gatunki niepozornej trawy *teosinte* przekształcone w kukurydzę). Druga faza zielonej biotechnologii, na przełomie XIX i XX wieku, to rozwój metod hodowli tkankowych roślin *in vitro*, a w latach 50. indukowana mutagenesa, dzięki której mogło powstać nawet do 3 tys. dziś uprawianych odmian roślin na świecie. Trzecia faza, to metody modyfikacji genetycznych i wprowadzonych w latach 70. technik inżynierii genetycznej, pozwalające wstawiać do genomu (lub wyłączać) geny z innych organizmów, np. przeszczepianie pojedynczych genów, często pochodzących od mikroorganizmów. Pierwsze rośliny transgeniczne (GMO) pojawiły się w połowie lat 90., a obecnie stanowią 13% upraw na świecie (np. soja, kukurydza, bawełna, rzepak). Fazy czwarta i piąta, już – XXI w., to modyfikacje procesów ekspresji genów stymulacji rozwoju lub odporności na wybrane gatunki organizmów patogenicznych. To także, tzw. metoda SGF (Stimulated

Gene Flow) – przenoszenie genotypów różnych ras geograficznych tego samego gatunku, wykorzystujące zmienność ekspresji cech populacji regionalnych, np. *Picea sitchensis* (Bong.) Carrière w Kanadzie: z Alaski do Południowych Stanów.

Wykorzystanie postępu biotechnologii w inżynierii leśnej, poprzez ingerencję w mechanizmy molekularne kontrolujące potencjał użytkowy ekosystemów leśnych, także w Polsce mogłyby skutkować poprawą (Wodzicki 2014):

- I. Odporności drzew leśnych na wybrane infekcje patogeniczne.
- II. Produkcji masy drzewnej:
  - A. efektywności fotosyntezy drzew, drogą:
    - a) stymulacji wzrostu liczby liści lub powierzchni blaszki liściowej,
    - b) wykorzystania szerszego spektrum światła słonecznego.
  - B. selekcji genotypów drzew:
    - a) szybko rosnących, osiągających ponad przeciętną wysokość,
    - b) o wysokiej aktywności strefy kambium,
    - c) o wydłużonym okresie syntezy ściany wtórnej komórek drewna,
    - d) o wyższej od przeciętnej intensywności syntezy celulozy i ligniny.
- III. Odporności na wiatrolomy
  - A. selekcji genotypów drzew o wysokim współczynniku napięć wzrostowych pnia:
    - a) w całym okresie wegetacji,
    - b) w okresach, kiedy najczęściej pojawiają się zagrożenia.
- IV. Aklimatyzacji drzew obcego pochodzenia:
  - a) osiągających naturalnie znaczne rozmiary,
  - b) produkujących drewno szczególnie cenne strukturalnie lub odporne na destrukcję.
- V. Selekcji drzew przejawiających szczególne wartości cech morfologicznych: krajobrazowych lub innych niż związane z produkcją drewna, np. cech dekoracyjnych, miododajności, wartości pokarmowych zwierzyny w gospodarce łowieckiej itd.

### Komentarz do niektórych pojęć, definicji i założeń problemowych

- Nauka – intelektualna aktywność człowieka, której celem jest ustalenie relacji pomiędzy dostępnymi dla zmysłów zjawiskami zachodzącymi w otaczającym świecie.
- Przyroda – posiada własność, dzięki której można ją badać, to znaczy jest typu empirycznego i można oczekiwać racjonalnych odpowiedzi na racjonalnie postawione pytania.
- „Świat społeczny to przedłużenie naturalnego ... oba mogą być badane empirycznie” (rozwińcie tezy wybranej z Księgi Przysłów).
- Wiedza – odpowiednio uzasadnione prawdziwe przekonanie – ale wiedza każdego człowieka jest jego osobistą własnością, ukształtowaną proporcjonalnie do jego edu-

kacji oraz własnych doznań zmysłowych, a także poziomu indywidualnych zdolności postrzegania związków przyczynowych tych informacji. Dlatego każdy może określić co wie a czego nie wie, ale nie to o czym nie wie, że nie wie. Zdobywanie wiedzy polega na śledzeniu postępu wiedzy i szukaniu odpowiedzi na wynikające stąd pytania. Aktualny poziom wiedzy każdego człowieka jest jedną z wielu cech zmienności osobniczej populacji ludzkiej.

- Twórczość naukowa – proces konstruowania teorii objaśniającej sens zbioru faktów (informacji cząstkowych), pozyskanych metodami naukowymi, o strukturze lub mechanizmach działania układów stanowiących obiekt badań.

- Teoria naukowa – próba określenia prawdy (zgodności z rzeczywistością) o strukturze i sposobie funkcjonowania obiektu badań. Tworzenie teorii rozpoczyna się od kontaktu z danymi doświadczalnymi, własnymi lub zebranymi przez innych, ale nie jest podsumowaniem danych. Teoria jest naukowa tylko wtedy, gdy wynikające z niej przewidywania mogą być poddane próbie obalenia (falsyfikacji), a więc: z teorią, która wszystko potwierdza, nie może być dyskusji – teoria taka jest nienaukowa. Zadaniem teorii jest nie tylko tłumaczenie faktów, ale także ich przewidywanie. Teoria (lub model) odniosła sukces, jeżeli: po pierwsze, nie tylko nie została dotychczas sfalsyfikowana, lecz również dotychczas wykonane doświadczenia okazały się zgodne z jej przewidywaniami, a po drugie, jeżeli weszła ona w siatkę spójnych oddziaływań z innymi teoriami lub modelami danej nauki (Heller 2014).

### Polecana literatura

- Al.-Khalili J, McFadden J. 2016. Życie na krawędzi. Era kwantowej biologii. Wydawnictwo Prószyński i Ska. Warszawa, 368 s. ISBN 978-83-806-9326-5.
- Borecki T., Stępień E. 2015. Ewolucja roli i zadań urzędowania lasu w nauce i praktyce, w: Nauka. Materiały ósmego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym (red. K. Rykowski). Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 130–143. ISBN 978-83-62830-53-4.
- Brzeziecki B. 2015. Modelowanie matematyczne i symulacja komputera w leśnictwie, w: Nauka. Materiały ósmego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym (red. K. Rykowski). Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 144–163. ISBN 978-83-62830-53-4.
- Carroll S. 2017. Nowa perspektywa pochodzenia życia, świadomości i wszechświata. Wydawnictwo Prószyński i Ska, Warszawa, 576 s. ISBN 978-83-8123-425-2.
- Heller M. 2014. Granice Nauki. Wydawnictwo Copernicus Center Press, Kraków, 330 s. ISBN 14658150.
- Heller M. 2016. Filozofia nauki. Wydawnictwo Copernicus Center Press, Kraków, 200 s. ISBN 978-83-788-6251-2.
- Młodinow L. 2016. Nieświadomy Mózg. Jak to, co dzieje się za progiem świadomości, wpływa na nasze życie. Wydawnictwo Prószyński i Media, Warszawa, 336 s. ISBN 978-83-8097-720-4.
- Morris T. 2015. Filozofia dla Bystrzaków. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 360 s. ISBN 9788328300484.
- Podgórska T., Sierota Z. 2010. Las – człowiek ... człowiek – las. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 126 s. ISBN 978-83-61633-19-8.

- Rykowski K. 2006. O leśnictwie trwałym i zrównoważonym – w poszukiwaniu definicji i miar. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 231 s. ISBN 8389744198.
- Socha J. 2015. Modele wzrostu jako narzędzie zarządzania lasami w obliczu zmieniających się warunków siedliskowych. Nauka. Materiały ósmego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym (red. K. Rykowski). Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 289–298. ISBN 978-83-62830-53-4.
- Szwagrzyk J. 2015. Las w badaniach ekologicznych. Najnowsze wyniki badań ekosystemów leśnych; stan, potrzeby i perspektywy badań w Polsce. Nauka. Materiały ósmego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym (red. Rykowski). Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 117–129. ISBN 978-83-62830-53-4.
- Trojan M. 2016. Wiemy, że coś wiemy. *Polityka* 24(30630)VI: 6–14.
- Wodzicki T.J. 2014. Twórczość naukowa warunkiem rozwoju gospodarki leśnej. Polskie Towarzystwo Leśne, Warszawa, 369 s. ISBN 978-83-931417-6-0.
- Zimowa Szkoła Leśna 2013. Planowanie w gospodarstwie leśnym XXI wieku. Sesja V. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 380 s, ISBN 978-83-62830-23-7.
- Żylicz T. 2014. Cena przyrody. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 291 s. ISBN 978-83-61643-57-9.