

ZNANOST O ZNANOSTI

(glavne točke predavanj)

predavatelj: red. prof. dr. Igor JERMAN

obseg predavanj: 20 ur

Literatura:

- Jacob, F. (1974), *The logic of living systems*, Allen Lane, London.
- Jerman, F. (1978), *Iz filozofije znanosti*, Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Jerman, F. (1989), *Filozofija*, Državna založba Slovenije, Ljubljana.
- Jerman, I. (1987), življenje skozi očala modernega organicizma, *Biološki vestnik*, vol. 35, no. 2, str. 151-158.
- Kuhn, T.S. (1974), *Struktura naučnih revolucija*, Nolit, Beograd.
- Leinfellner, W. (1967), *Einführung in die Erkenntnis und Wissenschaftstheorie*, filozofska knjižnica, FF.
- Monod, J. (1983), *Slučaj i nužnost*, Pečat, Beograd.
- Nagel, E. (1961), *The structure of science*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Wartofsky, M. (1968), *Conceptual foundation of scientific thought*, filozofska knjižnica, FF.

1. TÉMA: POJEM ZNANOSTI O ZNANOSTI

1.1. POJEM ZNANOSTI

To je obsežno področje filozofsko logičnih raziskav, katerih objekt je sama znanost. Potrebna je za kritično obravnavanje znanosti, tj. njenih meja spoznanja, njene metodologije in etike. Znanost o znanosti je predvsem veja analitične filozofije, ki skuša s strogimi, na logiki utemeljenimi postopki analizirati znanstveno teorijo in prakso. Obstaja več šol znanosti o znanosti (drugače ji rečemo tudi *teorija znanosti*), ki med seboj niso enotne po vsebini, vendar postajajo enotne po metodologiji dela.

Ali je znanost enotna, ali gre za več znanosti? Znanost je družinski pojem, ki obsega sorodne discipline, ki jih težko povsem enotno definiramo zaradi velikih medsebojnih razlik, naprimer razlika med zgodovino in fiziko. Nekatere znanosti imajo npr. zelo izdelano metodologijo in visoko teoretičnost, medtem ko druge še niso tako izdelane.

1.2. RAZLIKA MED ZNANSTVENIM MIŠLJENJEM IN VSAKDANJIM IZKUSTVOM

- a) **Sistematičnost in visoka organiziranost znanosti.** Tudi na drugih področjih človekovega miselnega delovanja (umetnost, religiozni sistemi, različne obrtniške in podobne prakse) poznamo sistematičnost, toda ta je bistveno obsežnejša, doslednejša in strože določena pri znanosti.
- b) Zavest o **omejenosti posploševanja** pri znanosti. Ljudje zelo radi posplošujemo kar povprek, iz enega (!) ali dveh dogodkov sklepamo na cel razred takih dogodkov. Znanost zahteva zelo široko osnovo posploševanja, pa še takrat govori pravi znanstvenik o statistični značilnosti z določeno mero zaupanja in ne o absolutni resnici.

- c) **Globina znanosti in površinskost vsakdanjega izkustva.** Znanost jemlje neposredno izkustvo le kot iztočnico za iskanje pravih (globljih) vzrokov in zakonitosti, ki so odgovorni za opažene pojave. Ena od izstopajočih značilnosti znanosti je prav nenehno nezadovoljstvo s poznanim in nenehno iskanje še globljih plasti vzrokov oziroma zakonitosti; najprej za opažene pojave, v nadaljevanju pa za zakone, odgovorne za te pojave.
- d) **Občutljivost na protislovja** pri znanosti. Medtem ko se v vsakdanjem pogovoru, v politiki in še marsikje lahko izražamo s skritimi protislovji (npr. obljublamo znižanje davkov, hkrati pa bistveno povečanje delovnih mest ali zvišanje pokojnin), je to v znanosti to povsem prepovedano. Znanstveni teksti morajo biti (če se le da) povsem logično neoporečni, to je brez odkritih ali skritih protislovij.
- e) **Razlike v natančnosti izražanja:** ločimo raven *vsakdanjega jezika* pri vsakdanjem izkustvu, kjer so marsikateri pojmi zelo dvoumni, oziroma imajo več možnih pomenov. V znanosti poznamo raven *strokovnega jezika* z jasno definiranimi in enoznačnimi pojmi in raven *formalnega jezika* (simboli, formule) pri visoko razvitih znanostih (matematika, kemija, simbolna logika ipd., tudi velik del fizike je simbolen).
- f) Razlike v **natančnosti razlage in napovedi.** V znanosti skušamo vedno izluščiti nespremenljive (invariantne) odnose v raziskovani snovi. Taki definirani odnosi (dejansko zakoni) marsikdaj omogočajo visoko stopnjo napovedljivosti in razlagalnosti pojavov.
- g) **Antropomorfnost** vsakdanjega izkustva in abstraktnost znanstvene razlage. V skladu s prodiranjem v globine oziroma **za** opažene pojave skušajo znanstveniki nenehno luščiti bistveno od bistvenega in hkrati dobljena spoznanja posploševati. Njihove ugotovitve so tako v veliki meri abstraktne in včasih že povsem oddaljene od neposrednega izkustva; lahko so celo nepredstavljevem (npr. svet kvantne mehanike).

2. RAZVOJ ZNANSTVENEGA MIŠLJENJA

2.1. PREDZNANSTVENO OBDOBJE

V doslej najdaljšem obdobju človekovega obstoja, predno se je pojavil teoretični način mišljenja (katerega značilnosti lahko vidimo marsikje še danes) govorimo o mitološkem načinu mišljenja. Človek je vzroke za njemu nerazložljive pojave iskal v svetu nadnaravnih bitij (duhov, demonov, bogov itd.). Predstave o svetu duhov, njihovih odnosih in odnosu do materialnega (izkustvenega sveta) je strnil v verovanje. Sam je vzpostavljajal odnos z nadnaravnim svetom preko obredja (*kult*). Odnose med ljudmi in do narave je urejal *kod*. Daljni potomec tega je danes kodeks etike, ki uravnava zlasti medčloveške odnose. Vse prvine mitološkega obdobja so se ohranile tudi danes, tako v modernih verovanjih (religijah) kot med ljudstvom (pomladansko obredje, npr. Kurent, kult osebnosti v nekaterih državah ipd.).

Človek predznanstvenega obdobja je torej prvič, iskal vzrok za pojave tega sveta zunaj njega samega in drugič, ni še imel prave predstave o zakonitosti, saj se je svet v njegovi predstavi vrtel predvsem po volji nadnaravnih bitij. Tudi v primeru, da je prišel do pomembnih tehničnih ali astronomskih odkritij tega ni utemeljeval z neko teorijo, temveč je šlo bolj za recepturo utemeljeno na izkušnjah. Etika takratnih ljudi je temeljila na vrednostnem sistemu mitologije in ni bila naklonjena spoznanju, raziskovanju.

2.2. ROJSTVO TEORETIČNEGA (ZNANSTVENEGA) MIŠLJENJA

Teoretični način mišljenja se je rodil v Stari Grčiji, v sedmem stoletju pred našim štetjem. Botroval mu je predvsem razcvet Grških držav. Slednji je omogočil odklop od zgolj praktičnega interesa, od prakse,

poleg tega pa je omogočil vznik demokracije. Demokracija je prinesla novo svobodo v politično življenje in dala poudarek moči argumenta pred argumentom moči. Ljudje so bili za uveljavljanje svojih interesov prisiljeni začeti pravilno razmišljati oziroma sklepati. Bistveno je, da so začeli takratni vrhunski misleci, jonski naravoslovci, kot jim tudi pravimo, iskati temelj ali prapočelo vsega, kar obstaja. Začeli so razumeti in razlagati, da dogodki ne sledijo nekakšnim nadnaravnim in nepredvidljivim silam, temveč se odvijajo po notranji nuji - zakonitosti. Različni misleci so videli prapočelo vsega v različnih substancah, npr. vodi, zraku, nekateri pa so bolj poudarjali red, zakonitost. Bil je to ogromen korak v načinu mišljenja, ki ga lahko po svojih posledicah primerjamo z odkritjem ognja. Naenkrat svet ni bil več posledica hotenj in delovanj nekih bitij (neke vrste oseb), temveč neizprosni načeli. Brez pretiravanja lahko rečemo, da so jonski naravoslovci postavili temelje znanstvenega načina mišljenja, kot obstaja še danes. Tudi njihov konkretni raziskovalni naboj se še ni izčrpal, saj fiziki še danes iščejo izvirno snov (prasnov) in vrhovni zakon, ki vodi vse osnovno dogajanje v materiji.

Za nadaljnji razvoj znanstvenega mišljenja sta bila pomembna Heraklit (oče dialektike, njegov rek: "Vse teče") in Parmenid iz Eleje (oba sta delovala okoli leta 500 pr.n.št.). Prvi je kot osnovo vsega videl spreminjanje (seveda urejeno po nespremenljivem zakonu), drugi pa nespremenljivo in brezprostorsko Eno. Trdil je, da sta prostor in čas zgolj iluziji čutov, le videz. To kar je bilo enemu počelo vsega, je bilo drugemu neresnično. Da bi spravili obe načeli med seboj, so nadaljnji in sočasni filozofi razvili tretjo filozofsko smer: atomizem oziroma elementarizem.

2.3. ATOMIZEM IN ELEMENTARIZEM

Glavni nauk atomistov je bil, da je vse grajeno iz nekih osnovnih elementov ali delcev, ki so sami po sebi nespremenljivi in nedeljivi (značaj Parmenidove biti), se pa lahko med seboj poljubno kombinirajo v nešteto nam znanih snovi (Heraklitova spremenljivost). Eden osnovnih elementaristov je bil Empedokles (490-430), katerega nauk o štirih elementih (zemlja, voda, ogenj, zrak) kot osnovi vsega, kar obstaja, je bil ohranjen tja do 18. stoletja, ko ga je s teorijo o atomski strukturi materije spodnesel Robert Boyle. Do danes pa se je ohranila doktrina o štirih elementih - seveda močno preobrazena - v štirih osnovnih psiholoških tipih ljudi (melanholik - črni žolč - zemlja, sangvinik - kri - ogenj itn.)

Posebno pomemben za vzpostavljanje vrednostnega sistema znanosti je bil Pitagora (580-500 pr.n.št), utemeljitelj matematičnega atomizma. Njegov temeljni nazor je bil, da je v osnovi vseh stvari število in matematična načela počelo vsega bivajočega. Vsaka stvar ima svoje število in to je zadnje, kar si lahko od česarkoli odmislimo. Števil se ne da poljubno deliti, obstaja enota (monada) in iz njih je sestavljeno vse ostalo. Numerično monado predstavlja število 1, geometrijsko pa točka. Svet naj bi bil zgrajen geometrijsko na podlagi harmoničnih številskih razmerij. Pitagorejska misel je pomembna še danes, saj še danes skušamo razumeti svet skozi očala matematičnih struktur. Demokrit (460-370 pr.n.št) je pitagorejske geometrijske točke razlagal kot snovne atome. Vse stvari so njihova kombinacija, pri čemer jih ne vodi nobena zunanja sila, niti Bog, temveč le slepa nujnost, čemur pravimo determinizem. Tako je gledal tudi na življenje oziroma na organizme. Njegov atomizem je nekoliko modificiral Epikur (341-270). Ukinil je strogi determinizem in se zavzel za možnost samohotnih (naključnih) odklonov atomov od sicer začrtanih poti.

Atomizem v taki ali drugačni različici je postal osnovna paradigma (teoretično idejni vzorec) za znanstveno razumevanje in razlago sveta in to v veliki meri ostal do danes. Tudi danes nas v najrazličnejših znanstvenih disciplinah zanimajo osnovni delci (pa čeprav jih ne imenujemo več atomi). Pri tem se je izoblikovala posebna metodologija raziskovanja in razlage. Prvič, ko se lotimo nekega novega sistema, ga skušamo najprej površno analizirati in videti, koliko je podoben čemu že znanemu. V drugem koraku skušamo sistem razstaviti na njegove osnovne elemente, ki jih (vsaj zaenkrat) ne nameravamo deliti naprej. Temu - kot tretji korak - sledi analiza osnovnih elementov in njihovih lastnosti. Ko nam je to dodobra poznano, poskušamo - četrti korak - raziskati osnovne načine interakcij med elementi sistema. Študiramo na primer, kako se vedejo majhne skupine elementov, kako se odzivajo na zunanje dražljaje ipd. V petem koraku skušamo razumeti cel sistem kot kompleksno interakcijo od nas izbranih in analiziranih elementov. Atomistični

način mišljenja se začena lomiti v nekaterih disciplinah fizike (npr. kvantna mehanika, kjer se kažejo osnovni elementi bolj kot interakcije in ne kot klasično pojmovani atomi). Atomističen način mišljenja močno obvladuje tudi na biologiji temelječe discipline, o čemer bomo še govorili.

2.4. VRH ANTIČNE FILOZOFIJE

Uvod v vrh antične filozofije, ki je dala mnogo bistvenih temeljev znanstvenega mišljenja, je predstavljala t.im. sofistika. Ta je pomenila prelom s prejšnjo naravoslovno usmeritvijo filozofije, ko so se filozofi predvsem spraševali in skušali odgovoriti na vprašanje kaj je bistvo pojavnega sveta, kako biva. Sofisti pa so obrnili razmišljanje k človeku. Začelo jih je zanimati, kako lahko karkoli spoznavam. Protagora (480-411) je na primer trdil, da je vseh stvari merilo človek: bivajočih, kako so in ne-bivajočih, kako niso. Resnica je torej relativna, odvisna od človeka. V sam vrh antike sodijo trije veliki misleci: Sokrat, Platon in Aristotel, ki so si bili v navedenem vrstnem redu v odnosu učitelj učenec.

Sokrat (470-399 pr.n.št) je bil učenec enega od sofistov in je tako temeljil na njihovih načelih. Tako se je začel spraševati o temeljih samega spoznanja. Razvil je metodo indukcije (posploševanja), ki naj bi dala trdno spoznanje, in postavil pojem pojma, kar predstavlja še danes dva temeljna kamna sodobnih rekonstrukcijskih znanosti in logike ter se ukvarjal z etiko. Pri človeku je dobro videl v védnosti, znanju, obvladanju. Lahko rečemo, da je bil utemeljitelj intelektualistične etike, ki je označevala antiko in je postavljala spoznanje na piedestal vrlin.

Platon (427-347 pr.n.št) je bil Sokratov učenec. Njegova glavna teza je bila, da obstajata dva svetova: svet idej in izkustveni svet, pri čemer je prvi nadrejen drugemu (idealistični dualizem). Ideje so razumsko spoznavne ter so brez teže, se ne spreminjajo in so brezprostorske. Po njih se vzorčijo stvari v pojavnem svetu. Poleg tega je razvil spoznavno teorijo in ugotovil, da imamo dva nivoja spoznanja. Prvo je čutno (nižja oblika), ki ni zanesljivo in daje le domnevo o stvarnosti, višja oblika spoznanja pa je spoznanje trajnega v bivajočem. Pot do te druge ravni je videl le preko prve. Precej je prispeval k razvoju logike, razvil je naprimer metodo dokazovanja, način delitve pojmov, oblikoval zakon prepovedanega protislovja ipd. V sodobni znanosti imajo zakoni v marsičem značaj Platonovih idej, saj nimajo ne mase, ne razsežnosti in se ne razvijajo. So pa seveda tudi razlike, saj so bile Platonove ideje v posebnem svetu, medtem ko pojmujeemo zakone kot sestavni del pojavnega sveta. V povezavi s pitagorejskim naukom o primarnosti števil govorimo o pitagorejsko platonistični paradigmi (osnovnem idejnem pogledu, nazoru), ki v veliki meri obvladuje sodobno znanost.

V vrh antike sodi še Aristotel, (384-322 pr.n.št). Aristotel je bil verjetno najbolj vsestranski filozof antike. Izoblikoval se je kot neusmiljen kritik svojega učitelja - Platona. Predvsem je kritiziral njegov strogi dualizem, to je ločenost stvarnosti na dva temeljno različna svetova: svet idej in pojavni svet. Trdil je, da morajo biti ideje deležne stvarjem in pojavom. Podobno stališče do zakonov je v praksi zavzela tudi znanost.

V skladu s svojo večjo "prizemljenostjo" od Platona je Aristotel trdil, da je posamično (konkretno) primarno, medtem ko so splošni pojmi (abstraktno) sekundarni. Tudi ta usmeritev je v nadaljevanju, zlasti v srednjem veku kot t.im. nominalizem, omogočila uveljavitev znanosti proti cerkvenemu dogmatizmu.

Aristotel je bil pomemben tudi zaradi analize osnovnih tipov vzrokov. Tako je razločil naslednje štiri tipe: 1.) materialni vzrok, to je možnost, da nekaj nastane, naprimer glina pri kipu; 2.) učinkujoči vzrok ali gibalni vzrok oziroma mehanični, naprimer gnetenje gline; 3.) formalni ali dejavnostni vzrok; naprimer kiparjeva zamisel kipa in 4.) smotrnostni vzrok (cilj, namen kot vzrok; kiparjev namen, kaj hoče s kipom izraziti). Njegova analiza vzrokov je še vedno aktualna. Zelo pomemben prispevek je dal Aristotel tudi na področju logike, kjer je izdelal celo aksiomatski sistem in uvedel formalni jezik. Lahko bi rekli, da je bil prvi pravi znanstvenik in ne le filozof. Izdelal je tudi prvo metodo raziskovanja in razlage, v kateri je trdil, da je treba iti od posameznih zaznav preko indukcije do principov razlage, od slednjih pa lahko preko dedukcije (logično pravilnega sklepanja) izpelujemo posamezna dejstva. Tudi ta metoda je v osnovi še vedno ohranjena, s tem da so se na njeno podlago od srednjega veka naprej dodajali nekateri novi elementi.

Svojo genialno raziskovalno sposobnost je usmeril tudi na življenje. Tako je ne le razmišljal o njem, temveč tudi praktično raziskoval organizme ter jih celo uvrstil v poseben sistem, ki je bil davno pred Lamarckom že nekakšna slutnja evolucionizma. Trdil je, da organizme obvladuje notranja smotrnost (smotrnostni vzrok). V njih je videl na delu poseben princip, psiho (psyche, gr. dih) ali po naše dušo. Tako je ločil vegetativno dušo pri rastlinah, ki omogoča le rast in življenje, animalično dušo pri živalih (ta omogoča že gibanje) in racionalno dušo pri ljudeh, ki omogoča mišljenje.

2.5. OBLIKOVANJE DVEH RAZLIČNIH POGLEDOV NA NARAVO ŽIVLJENJA

Demokrit je, kot smo že rekli, trdil, da so živa bitja le kombinacije atomov, ki se gibljejo po slepi notranji nuji (danes bi rekli mehanično). S tem je življenje pravzaprav reduciral na deterministično (vnaprej povsem določeno) gibanje atomov v živih bitjih. V nadaljevanju bomo zato tej biološki usmeritvi rekli redukcionizem. Aristotelovi smeri razmišljanja o življenju pa bomo rekli vitalistična in tudi organicistična. Obe biološki struji se strinjata s prvim in drugim vzrokom pri fenomenu življenja, razhajata pa se v tem, da redukcionistična struja zavrača nadaljnja dva vzroka, medtem ko ju vitalistična postavlja kot bistvena. V tem je tudi osnovni spor med obema strujama: kar ena postavlja kot bistveno, druga zavrača. Med vitalistično in organicistično strujo (obe sledita Aristotelovi misli) bi bila razlika ta, da prva bolj poudarja smotrnostni vzrok, medtem ko druga formalni in se lahko celo ograjuje od smotrnostnega (npr. moderni organicizem).

Obdobje, ki je sledilo (helenizem), z vidika razvoja temeljev znanstvenega mišljenja ni bilo več tako pomembno. Omenili bi le, da je v tem obdobju stoik Hrizip (280-209) izdelal aksiomatski sistem t.im. stavčne logike (5 aksiomov), ki je mnogo kasneje postala osnova Boolove algebre in moderne dvovrednostne simbolne logike. Ta logika je osnova delovanja računalnikov (glej poglavje o logiki - peto poglavje).

2.6. KRŠČANSKA FILOZOFIJA

Ta filozofija se je uveljavila okoli leta 200 in za celih 1000 let nekako zacementirala razvoj znanosti. Intelktualistično etiko antike je zamenjala etika božje milosti. V tem obdobju, ki ga od 9. stol. naprej imenujemo tudi obdobje sholastike, so po začetni zavrnitvi razuma in znanja poskušali zopet oživiti razmišljanje, filozofijo. Seveda pa je bil pri tem stalen refren, da mora filozofija služiti potrebam religije, pri čemer je vera vedno ohranila primat nad razumom. V sholastiki sta se izoblikovali dve nasprotujoči si filozofski struji. Boj med njima je pomembno prispeval k ponovnemu vzniku in razvoju znanstvene misli. Struja realistov je trdila, da so splošni pojmi primarni (Platonov vpliv) posameznosti pa sekundarne, struja nominalistov pa je trdila obratno (Aristotelov vpliv). Na slednjo so se v 13. stoletju navezali filozofi, ki so zopet prebujali znanstveno misel. Tako je Roger Bacon (1214-1292) trdil, da je temelj spoznanja človekova izkušnja in ne biblijske zgodbe. Temelj filozofije mu je bila matematika, kraljica znanosti pa eksperimentalna znanost. Vpliv na razvoj znanosti je imel šele v kasnejših dobah. W. Ockhamski (1285-1349) je trdil, da je realno le posamično, medtem ko so splošni pojmi le v človekovem umu, zavzel se je torej za strogi nominalizem. Postavil je še danes veljavno metodološko načelo v znanosti: biti ni treba pomnoževati brez potrebe. Ali bolj po domače: če lahko nekaj razložiš na dva načina, izberi kot veljavnega preprostejšega.

Filozofi te dobe so dopolnili Aristotelovo raziskovalno metodologijo. Trdili so, da je treba preko indukcije, to je posploševanja na podlagi posamičnih raziskanih primerov, dobljena spoznanja oziroma principe razlage podvreči nadaljnjim eksperimentom oziroma preizkusom. Tudi to velja kot metodološko načelo še danes.

2.7. NOVI VEK

V tem obdobju, ki je sledilo renesansi, se je rodila prava naravoslovna znanost. Kepler (1571-1630), astronom, je trdil, da je narava grajena na preprostih številskih razmerjih (oživi Pitagoro). Moč te ideje je uspel dokazati tudi v praksi glede gibanja Zemlje okoli Sonca. Galileo Galilei (1564-1642) je zavrnil aristotelovsko smotnostno fiziko, v kateri bi lahko našli elemente mitološkega pojmovanja sveta in vpeljal strogo deterministično mehaniko (v skladu z Demokritovo filozofijo). Trdil je, da je vse merljivo (s tem je dal poseben pomen meritvam), kar pa ni merljivo, je treba narediti merljivo. Poleg tega je trdil, da se da vse matematično obdelati: "Narava je odprta knjiga napisana z matematičnimi pismenkami". Velik poudarek je dal zopet indukciji. Je utemeljitelj mehanične fizike in mehanicističnega naravoslovja, s čemer je imel velik vpliv tudi na nazore o življenju in organizmih. Isaac Newton (1643-1727) je skrčil fiziko na matematično razlago opazljivih pojavov. Zavzel se je za ostro indukcijo in ne-spekulativnost. Postavil je načelo ekonomije mišljenja, po katerem smemo sprejeti le tiste vzroke pojavov, ki so hkrati resnični in zadostni za njihovo razlago.

S tem so bili postavljeni temelji naravoslovne znanosti in znanosti nasploh. Znanost je dosegla enega od svojih velikih vrhov, uspeh mehanike in na njej temelječe razlage narave in njenega gibanja pa so vzpodbudile močno vero v sposobnost znanosti, da lahko v načelu razloži čisto vse in da ima že vse bistvene odgovore na temeljna naravoslovna vprašanja. Kasnejši čas je to prepričanje ovrgel.

2.8. VPRAŠANJA ZA RAZMIŠLJANJE IN POVEZOVANJE

- a) Zakaj in v čem sta si znanstveni in mitološki pogled na svet nasprotna? Kje pa bi lahko videli podobnosti?
- b) V katerih družbenih pojavih lahko tudi danes zaslediš elemente mitološkega načina mišljenja?
- c) Se ti zdi atomistična metodologija raziskovanja v redu; kje je bolj primerna, kje manj?
- d) V čem vidiš podobnost med znanstvenimi zakoni in Platonovimi idejami? Kje vidiš razliko? Ali je Platonov svet idej znanstveno dokazljiv, je lahko predmet znanstvenega proučevanja?
- e) Ali si tudi ti mnenja, da je svet grajen na številskih razmerjih, oziroma, da so vsi naravni zakoni načeloma matematično izrazljivi? Kaj to pomeni?
- f) Zakaj je v znanstvenem preučevanju potreben preizkus? Zamisli si konkreten eksperiment iz svoje predvidene magistrske naloge s preizkusom.

3. RAZVOJ BIOLOŠKE MISLI

3.1. RENESANČNI POGLED NA ŽIVLJENJE

V renesansi so nazori o življenju sledili predvsem Aristotelu in deloma takrat še zelo prevladujočemu krščanskemu pogledu na svet. V organizmih, zlasti v njihovi obliki, so tedaj videli predvsem skriti namen stvarnika. Cilj raziskovanja je bil odkriti ta namen preko študija analogij oziroma različnih znakov. Skriti namen naj bi živa bitja tudi povezoval z ostalo naravo Tako naj bi se živali odražale v zvezdah, skalah ipd. Posebne razlike med živim in neživim še niso videli, saj je bila na neki način vsa narava živa. Na vse so gledali kot na dele kozmične celote, vse je bilo skrivno omrežje, stkano z božjo mislijo. Pri organizmih je bila poudarjena vidna struktura kot znak notranje ideje, namena.

Tu zlahka prepoznamo, da je prednjačil smotnostni vzrok, saj naj bi vse bilo posledica stvarnikovega namena, naloga znanosti pa odkriti ga. Ker se smotnostni vzrok povezuje z inteligenco (namen ima lahko samo neko inteligentno bitje), ima renesančni pogled na življenje (biologije kot znanosti takrat še ni bilo) močne stične točke z mitološkim načinom mišljenja.

3.2. POGLED NA ŽIVLJENJE V ZAČETKU NOVEGA VEKA

Pod vplivom Galilea Galilea so na celotno (živo in neživo) naravo gledali kot na nekaj mehničnega. Tudi živa bitja naj bi vodila mehanska sila (učinkujoči vzrok), podobno kot npr. delovanje ure. Med kalitvijo semena in tekom ure niso videli nobene bistvene razlike. Gre torej za smer, ki sledi redukcionizmu Demokrita. Opis delovanja delov naj bi povsem zadoščal za opis delovanja celega organizma. Kot posledica tega so na področju življenja raziskovali predvsem mehaniko delovanja (npr. Harwey krvni obtok). še vedno je bila poudarjena zunanja struktura organizmov.

V zaledju tega obdobja se je vseeno gojila tudi vitalistična misel, da vodi živa bitja posebna inteligenca ali višja sila. Ta naj bi bila povsem drugačna od znanih sil narave in naj bi vsebovala namen. Nekateri naravoslovci so to odkrivali v pravih geometrijskih oblikah (npr. satovju čebel). Posebnega vpliva na razvoj takratne biologije to ni imelo.

3.3. ORGANICISTIČNO OBDOBJE NA PREHODU 18. V 19. STOLETJE

Pri idejni utemeljitvi tega obdobja - postavljanju vrednostnega sistema - sta pomagala dva misleca, ki ju sicer ne povezujemo z biologijo. To sta bila filozof Immanuel Kant (1724-1804) in vsestranski ustvarjalec Johann Wolfgang Goethe (1749-1832). Prvi je uvidel veliko razliko med živo in neživo naravo, ki je bila tuja dotedanemu pogledu. Tako je trdil, da lažje razložimo nastanek sveta kot nastanek ene same gosence (kakšna velika razlika od prejšnjega obdobja!). Organizme je videl kot celote, sestavljene iz delov, ki imajo v okviru celote neko funkcijo. Slednja pa vključuje cilj; ciljnost je torej temelj življenja. S takim naziranjem je ponovno obudil aristotelovski pogled na življenje in organizme, predvsem smotrnostni vzrok. Goethe pa je bil pri opazovanju organizmov zlasti pozoren na uniformiranost anatomskega načrta. Osnovna struktura ali tudi taksonomski red (ordo) so mu izražali idejo, konkretna struktura oziroma taksonomska vrsta (species) pa uresničitev ideje, v čemer je viden vpliv Platona; od Aristotelovih vzrokov je zlasti obudil formalnega (ideja oblike, arhetip kot udejanjajoči vzrok). Tako je npr. spoznal, da so deli cveta le modifikacije listov. Skoval je besedo morfologija.

Poleg teh dveh mislecev so vplivala na renesanso organicistične misli v biologiji tudi konkretna odkritja o vzajemnem delovanju organskih sistemov. Glavna odlika tega obdobja je bila ideja o notranji usklajenosti funkcij in o usklajenosti zgradbe organizmov. Tako so znanstveniki zopet iskali paralele med organizmi, homologije in analogije (podobno kot v renesansi, vendar na mnogo višji ravni). Najpomembnejši biolog tega obdobja je bil Lamarck (1744-1829). Med drugim je neposredno vplival na osamosvojitve biologije od naravoslovja. V organizmih je predvsem skušal videti organizacijo. Notranja organizacija naj bi določala odnose med deli in bila odgovorna za zunanjo strukturo (glavno raziskovalno raven prejšnjih dveh obdobji). Organizem je integrirana celota funkcij in organov. Poleg tega je v ozadju organizacije neki namen, telos, česar v neživi naravi ni. Tako nastane ostra ločnica med obema, kar omogoči oddelitev biologije od naravoslovja. Ciljnost naj bi gnala organizme v njihovem gibanju in razvoju, medtem ko je pri neživi naravi za to odgovoren mehanski vzrok.

V zaledju te glavne paradigme pa se je proti sredini 19. stoletja zopet začela redukcionistična misel v obliki celične teorije življenja (Schleiden, Schwann). Celica naj bi imela vse osnovne funkcije organizma (organizem v malem), zato organizmi niso neke edinstvene celote, temveč le celični agregati. Pri spolnem razmnoževanju tudi dejansko nastanejo še tako veliki organizmi iz ene same celice - zigote.

3.4. PONOVI VZPON REDUKCIONISTIČNEGA POGLEDA

Ta se je začel predvsem z Darwinom, odkritji biokemije ter prej omenjene celične teorije. Kar se tiče biokemije, je nastal spor med organicisti in redukcionisti, ali lahko seciramo oziroma analiziramo že mrtev organizem. Prvi so trdili, da kakršenkoli poseg v organizmov celovitost ukine življenje in je torej metodološko

neutemeljeno, napačno. Drugi so temu oporekali in se zavzemali za raziskave brez omejitev. Počasi so zmagali in to zmago obdržali do danes. Sodobna molekularna biologija je tako produkt redukcionistične paradigme in tudi njen močan branik.

Velik udarec za organicistično misel pa je pomenila uveljavitev Darwin-Wallaceove evolucijske teorije. Naenkrat razvoja živih bitij ni več vodil notranji smoter (smotrnostni vzrok), temveč kombinacija treh "slepih" sil: hiperprodukcije, variabilnosti in neizprosne selekcije ob borbi za obstanek. Če so organizmi posledica delovanja teh sil in ne notranjih smotrov, potem so slednji nepotrebni in jih je po Newtonovem načelu ekonomije mišljenja treba odstraniti. S tem je padla tudi organicistična paradigma in se uveljavila redukcionistična, ki prevladuje še danes.

Bistvo redukcionizma je naziranje, da je gibanje nekega sistema - v našem primeru organizma - posledica mehanskega seštevka gibanja njegovih sestavnih delov, po zgledu vektorskega seštevka sil, ki odloča o gibanju nekega telesa (paralelogram sil). Sistem (celota) nima avtonomije oziroma lastnih načel delovanja, gibanja. Nima lastnih vzročnih moči, temveč je le posledica ali epifenomen, podobno kot je senca le posledica gibanja predmeta in nima nobene vzročne moči. Tudi če imamo sistem z več hierarhičnimi ravnmi, kot naprimer organizem, je v vzročnem smislu pomembna le najnižja raven, vse ostale so le njena posledica. Osnovno skrivnost življenja vidi tako redukcionistično-nominalistična idejna usmeritev v organizaciji in strukturi DNK, ki naj bi se oblikovala skozi dolgo zgodovino in njeno neponovljivost. Predstavlja nekakšno zamrznitev zgodovinskih naključij, ki so oblikovala tako spontane variacije (mutacije) kot selekcijske pritiske. Organizmi so zgrajeni na podlagi točno določenega informacijskega zapisa v DNK ali, bolje, genetskega programa. Z drugimi besedami rečeno, genetski zapis je učinkujoči vzrok za nenehno porajanje in oblikovanje organizmov, vse ostalo igra bolj ali manj vlogo materialnega aristotelovskega vzroka. Organizmi kot celote v tem pogledu izgube svojo avtonomijo, saj nimajo skoraj nobenih (učinkujočih) vzročnih moči. Reducirajo se na gene (ti pa so dejansko le odseki velike makromolekule DNK) in s tem na molekule.¹ Organizem postane genski konstrukt, ki ga v celoti obvladujeta dva dejavnika: historična naključnost na eni strani (evolucija) in fizikalno kemijski zakoni, ki veljajo za gene in ostale dele organizmov na drugi. Organizem sam po sebi, kot nekaj, kar bi preraščalo svoje dele, sploh ne obstaja.

Ta pogled ni nujno v celoti nominalističen, saj je že sam Demokrit verjel v nujnost gibanja atomov in s tem v objektivno zakonitost. Podobno misel srečamo tudi za časa Newtona (1643-1727), ki je bil prepričan realist. Toda moderni redukcionizem, ki se navezuje na Demokritovo in Newtonovo tradicijo in ga predstavlja povezava neodarvinizma z molekularno-genetskim modelom življenja, ima eno pomembno potezo, ki se je zaveda le malo biologov: ne priznava posebnih bioloških zakonov in s tem neke inherentne urejenosti, strukturiranosti biološkega sveta. Moderni biološki redukcionisti so pripravljene verjeti kvečjemu v fizikalno kemijske zakone, ki naj bi podčrtovali, omejevali in določali (determinirali) biološke pojave. Njihov morebitni realizem je torej omejen na ne-biološke znanosti. Na ravni organizmov pa ne priznavajo nobenih novih - emergentnih - zakonov in s tem nobenih notranjih načel, ki bi oblikovala življenjske vrste. To ima pomembno posledico: sistematizacija bioloških vrst (taksonomija) je le skupno poimenovanje podobnih objektov, ki jih dodatno družijo le še istoizvirnost. Vrste so tu torej bodisi nominalistični razredi, nekakšne nestvarne abstrakcije skupnih potez različnih individuov, bodisi - v posebni (Hullovi) realistični različici darvinizma - postanejo individui (in ne razredi), posamezni organizmi pa njihovi deli (in ne člani).

Biološki nominalizem modernih redukcionistov je še veliko bolj radikalen kot nominalizem fizikov, ki je bolj metodičnega značaja. Pri biologih gre za prepričanje, da bioloških zakonov sploh ni - namesto njih nastopa historična naključnost evolucije kot osnovnega ustvarjalca biološke raznolikosti. Ker ni bioloških zakonov, so možne vsakršne življenjske oblike, ki jih dopuščajo fizikalno kemijski zakoni in ki so uspešno "prestali teste naravne selekcije". Ker so tako variacije kot selekcijski pritiski naključni, bi ponovitev evolucije življenja od njegovega nastanka do danes dala načeloma povsem drugačne organizme.

¹ Nekateri biologi verjamejo, da so v genih neposredno vkodirane celo sheme živčnih poti.

To pomeni, da je lahko biologija zgolj deskriptivna znanost, ko gre za spoznavanje zakonov, ki se tičejo življenjskih procesov, pa se reducira na fiziko ali/in kemijo. Glede na pomen znanstvenih zakonov lahko trdimo, da redukcionistična biologija nima prave teorije, oziroma, da v njenem okrilju ne more nastati prava teoretična biologija. Možne so parcialne teorije, ki pa po podrobnejšem pregledu hitro pokažejo, da gre pri njenih modelih za uporabo fizikalno kemijskih zakonov (torej spet ne gre za biološko teorijo, temveč za fizikalno kemijsko teorijo uporabljeno v nekem biološkem kontekstu), bodisi za emergentizem.

3.5. MODERNA ORGANICISTIČNA BIOLOGIJA

3.5.1. Osnovno pojmovanje življenja in organizmov

Kljub bujnemu razcvetu redukcionistične biologije se v njenem zaledju razvija in krepi moderna organicistična misel, ki skuša poleg učinkujočega in materialnega vzroka v biologiji afirmirati tudi formalni vzrok. Po svoji odnovni misli sledi Aristotelu in jo največkrat imenujemo organicistična² oziroma emergentistična. V ozadju konkretnega organizma deluje po tem naziranju nekakšen zakon, po katerem ima organizem tudi svojo avtonomijo kot celota, pri čemer je celota več od seštevka svojih delov.

Beseda emergentizem dejansko pomeni vznik novih lastnosti in zakonitosti na višji ravni organizacije (združevanja) elementov nižje ravni (naprimer, ko se molekule organizirajo v organele). Pri hierarhični zgradbi sistema ima torej vsaka višja raven načeloma svoje posebne lastnosti in zakonitosti. Sam emergentizem sploh ni omejen na biologijo in že po tej plati ne more biti povsem istoveten z organicizmom, ki je povsem biološki pojem. V fiziki naprimer ločijo navidezni in pravi emergentizem. Pri prvem je načeloma možna redukcija sistema na njegove sestavne dele, naprimer lastnosti vode lahko izpeljemo iz lastnosti in interakcije vodnih molekul. Po drugi strani pa superfluidnosti helija, ki pride na dan pri ohladitvi pod 4°K, ne moremo izvajati (in s tem razumeti) iz lastnosti He atomov in njihovih interakcij. Superfluidnost helija je torej prava emergentna lastnost³. Emergentizem torej nastopi, ko se elementi nižje ravni tako povežejo med seboj, da se njihovega skupnega delovanja ne more več razumeti oziroma izračunati kot seštevek ali zmnožek delovanja posamičnih elementov.

Emergentizem zahteva obstoj zakonov emergentnega sistema (naprimer prej obravnavanega superfluidnega He ali organizmov), ki se ne dajo reducirati na zakone nižjih ravni oziroma na zakone sestavnih delov obravnavanega sistema. V biologiji emergentizem največkrat imenujemo organicizem, slednji torej kot nujno posledico vključuje priznanje posebnih bioloških zakonov in daje s tem možnost za razvoj prave teoretične biologije. Posledice so morda komu na prvi pogled majhne, v resnici pa so izredno dalekosežne.

Če bi fizika razlagala mehaniko nebesnih teles tako kot razlaga strukture in dinamiko organizmov moderna redukcionistična biologija, potem bi se zadovoljila z razlago, da Zemlja kroži okoli Sonca po tirnici elipse zato, ker a) se je na začetku slučajno vzpostavila taka tirnica in b) v nadaljevanju ni bila izpostavljena večjim gravitacijskim motnjam iz okolice; ali pa a) je bila tirnica na začetku drugačna (recimo okrogla) in b) je zaradi določenih, danes večinoma neugotovljivega, gravitacijskega privlaka drugih planetov postopoma postala elipsasta. To je primer historične razlage, ki nima mesta v sodobni fiziki, saj razlagamo obliko Zemljine

² Organicizem se je kot od vitalizma povsem ločena idejna usmeritev razvil šele v tem stoletju. Njegov oče je bil Ludwig von Bertalanffy. Zavzemal se je za celovito obravnavanje organizmov in življenja, predvsem na podlagi teorije sistemov.

³ Za matematične sladokusce lahko povemo, da lahko z vidika kvantne mehanike razumemo redukcionistične sisteme (nepravi emergentizem) kot sisteme, kjer se da valovna funkcija sistema delcev predstaviti kot produkt njihovih valovnih funkcij. Naprimer $\psi(x_1, x_2) = \psi_1(x_1)\psi_2(x_2)$. Pri superfluidnosti ta faktorizacija ni več možna in tako naprimer dobimo naslednjo enačbo: $\psi(x_1, x_2) = 1/\sqrt{2}(\psi(x_1, x_2) + (\psi(x_2, x_1)))$.

tirnice že dolgo z Newtonovimi zakoni. Seveda tudi sem vstopajo historična naključja, vendar samo kot mejni pogoji v okviru delovanja mehanskih zakonov. Organicisti stremijo k podobni razlagi oblike sodobnih organizmov, tako da je čim manj muhave, neponovljive, naključne historičnosti in čim več splošne, razložljive in napovedljive zakonitosti.

Biološke zakonitosti pa se konkretno izražajo skozi nepregledno biološko raznolikost. Biološke vrste torej niso le naplavine historičnih naključij (čeprav igra naključje še vedno neko vlogo), temveč so izrazi splošnih bioloških zakonitosti. To seveda ne velja le za taksonomsko kategorijo species, temveč tudi za vse višje kategorije. Biološki taksoni torej niso nekakšni čudni individui, temveč razredi (posamezni organizmi ali nižji taksoni pa njihovi člani), ki imajo svoje generično bistvo v svojih lastnih zakonitostih, ki določajo tako imenovane generične oblike bioloških vrst. V okviru zakonov, ki veljajo za generične organizmske oblike seveda ni več možna vsakršna oblika, ki jo dopuščajo fizikalno kemijski zakoni⁴; prav tako obstajajo osnovnejše (generične) in bolj variabilne (konkretne) oblike; prve označujejo višje taksonomske kategorije (filum, classis, ordo), druge pa nižje (familia, genus, species). Če bi začeli biologijo obravnavati s tega zornega kota, potem bi današnja taksonomija, ki poudarja sorodnost, ne imela več takega pomena kot taksonomija, imenovana racionalna, ki bi organizme razvrščala v sistem glede na osnovne generične oblike oziroma osnovne biološke zakonitosti vrst.

3.5.2. Konkretna podlaga za biološke zakone

Še najbolj konkretno osnovo je dobil koncept emergentnih bioloških zakonov v pojmu morfogenetskega oziroma generičnega polja. V preprostejših primerih poizkušajo organicisti to polje tudi matematično opisati ali ga računalniško modelirati⁵. Tudi ta pojem je nastal v embrioloških logih, kjer so ugotovili, da pri morfogenezi sodeluje več fizikalnih dejavnikov, naprimer ozmotski pritisk izvencelične tekočine in adhezijske sile med celicami. Vse te dejavnike se da razumeti kot posebno hierarhično organizirano polje, v katerem nastajajo napetosti oziroma sile, ki se izražajo v agregaciji celic in v vzpostavitvi njihove polarnosti (usmerjenosti). Na nižji hierarhični ravni je tako polje je lahko precej lokalizirano, naprimer morfogenetsko polje enega od udov. To polje je vmeščeno v polje celotnega organizma, kot je morfogenetsko polje dlani vmeščeno v polje roke.

Morfogenetsko polje je lahko bolj ali manj strogo definirano, dopušča več ali manj variacij. Pri ribah je naprimer polje pri morfogenezi plavuti precej manj strogo določeno kot pri sesalcih. Rezultat je mnogo bolj grobo oblikovan ud. S poskusi so tudi ugotovili, da morfogenetsko polje, ki nastopa v embriogenezi, ne more biti poljubno oblikovano, temveč ga označujejo struge dinamične stabilnosti. Z zunanjo motnjo lahko morfogenezo premaknemo iz ene struge v drugo, ni pa teh strug neskončno število. Tako je vsaj na tej ravni jasno, da resnično niso možne vsakršne oblike organizmov in da vzpostavljanje le-teh vodijo notranji zakoni morfogenetskega polja. Geni vsopajo v ta proces kot proizvajalci snovi, potrebnih za ustrezno oblikovanje morfogenetskega polja oziroma kot modifikatorji mejnih pogojev za konkretno obliko polja. Polje torej lahko do neke mere spreminjajo, toda sami po sebi ne zadoščajo za njegovo vzpostavitev in s tem za vzpostavitev organizmne oblike.

Nadalje je zelo pomembna ugotovitev, da so vsaj nekateri zakoni oblikovanja organizmov zelo univerzalni, da naprimer veljajo tako za protiste (migetalkarji, npr. *Tetrahymena*) kot za nevretenčarje, čeprav so si med seboj filogenetsko zelo oddaljeni. Taka zakonitost je naprimer, da mora biti pri presajanju delov organizma v novo okolje (lahko na istem organizmu) njegova okolica podobna okolici novega vsadka - sicer

⁴ V modernem molekularnem redukcionizmu je možna vsaka oblika, če jo a) kodira ustrezna genetska informacija, b) če omogoča svojim organizmom vsaj povprečno zmogljivost in c) če je možna v okviru fizikalno kemijskim zakonitostim.

⁵ Tako je skupina okoli birtanskega biologa Goodwina izdelala zelo obsežen program s 26 parametri, s pomočjo katerega so uspeli pokazati specifičnost morfogeneze pri enocelični algi *Acetabularia mediteranea*.

se slednji ne prime. Podobno je z razmeščanjem listov pri rastlinah, ko rastejo. Z različnimi manipulacijami so skušali rastline prisiliti, da bi razmeščale liste na kak četrti ali celo peti način, vendar so vedno ostajale znotraj treh: spiralnega, vretenastega in nasprotnega. Kombinacij med njimi niso mogli doseči, lahko pa so prisilili rastlino, da je iz enega prešla v drugi tip razmestitve listov - vendar vedno v okviru teh treh. Poleg tega so pri spiralni razmestitvi odkrili, da je daleč najpogostejši kot med sosednjima listoma $137,5^\circ$, kar popolnoma ustreza kotu pri zlitem rezu kroga v manjše dele. Je to slučaj ali so rastline nekakšni skriti geometri? Simulacijski poskusi z razmestitvami posebnih magnetnih kapljic v magnetnem polju so pokazali zakonit nastanek tako vretenaste razmestitve kot spiralne s kotom $137,5^\circ$. Ta kot torej ni nastal kot posledica optimizacijskega procesa, ki bi ga vodila selekcija, temveč je posledica generičnega polja pri morfogenezi listov in se pojavlja povsem polifiletsko (neodvisno pri različnih linijah).

Odkritje takih zakonitosti priča o univerzalnih zakonitostih biološke oblike oziroma živega stanja, ki se ne ozirajo na genetsko ozadje, saj pride do enakih ali zelo podobnih oblik tudi pri zelo različnih vrstah, se pravi pri različnih genetskih osnovah. Če bi bila oblika organizma odvisna le od genetskega programa, potem bi ob mutaciji lahko pač nastalo poljubno število "razmestitvenih spačkov" - odvisno pač od konkretne skozi variacije in selekcijo izoblikovane informacije, kajti fizikalno kemijski zakoni to omogočajo. Zakoni organizmske oblike - genuini biološki zakoni, ki so ireducibilni na fizikalno kemijske zakone - pa so bolj restriktivni in zato ne dopuščajo več kot treh načinov razmeščanja listov, ker so ti pač posledica lastnosti splošnega morfogenetskega polja, dejavnega pri tvorbi listov.

3.6. VPRAŠANJA ZA RAZMIŠLJANJE IN POVEZOVANJE

- a) Kaj je redukcija v okviru bioloških znanosti? Kaj vse se pri tem reducira? Koliko takih obdobji je bilo v zgodovini biološke misli?
- b) V čem je podobnost med Lamarckovo mislijo in modernim organicizmom?
- c) Kaj je to emergentizem; ali je omejen samo na biološko področje?
- d) Kaj pomeni, da je biologija avtonomna znanost? Se nagibaš k mnenju, da se jo dá reducirati na kemijo in fiziko in življenje na sklop atomov in molekul?
- e) Kakšne posledice za pojmovanje organizmov ima obstoj zakonov biološke oblike? Kakšna bi bila taksonomija na tej podlagi in kako bi se spremenila aplikativna znanost?
- f) Kakšen je pomen genetike v organicističnem pojmovanju življenja?

4. STRUKTURA ZNANSTVENEGA MIŠLJENJA IN DELA

4.1. OSNOVNA FILOZOFSKA STALIŠČA GLEDE ZNANOSTI

Racionalisti so trdili, da je z znanstveno samo nekaj, kar je logično v redu (nepsrotislovno, dokazljivo, ovrgljivo, precizno, ponovljivo ipd.). Poudarek je bil torej na umskih načelih. Za razliko od njih pa so se empiristi zavzemali za to, da je možno vse znanstvene izjave reducirati (povezati z) na konkretna izkustva pri opazovanjih ali eksperimentih. To je vključevalo zahteve po dokazljivosti preko eksperimenta (izkustva) ter intersubjektivnost (po starem objektivnost), tj. možnost, da določen pojav potrdi ne v naprej določeno število neodvisnih opazovalcev. Iz obeh usmeritev se je v današnjem času izoblikoval t.im. moderni empirizem, ki je nekakšna sinteza obeh. Zahteva neprotislovnost, izkustveno ali/in umsko dokazljivost, intersubjektivnost ter časovno in prostorsko univerzalnost (seveda kjer je to na mestu; npr. pri zgodovini ne more biti govora o ponavljanju!)

4.2. VERTIKALNA STRUKTURA ZNANOSTI

Znanost lahko razdelimo na različne načine, odvisno od kriterija delitve. Horizontalna razdelitev na naravoslovne in družboslovne znanosti, ki se nato naprej delijo, je splošno poznana. Manj je znano, da lahko znanost razdelimo tudi vertikalno, glede na abstraktnost oziroma konkretnost. V tej delitvi dobimo tri glavne ravni: empirično (izkustveno), teoretično in raven paradigme. Slednja je najbolj abstraktna, tako rekoč neopazna je in vendar močno vpliva na oblikovanje znanstvene teorije in prakse.

4.3. PARADIGMA

4.3.1. Pojem paradigme

Po Platonu so bile Paradigme ideje, po katerih se vzorčijo stvari v pojavnem svetu. Podobno vlogo imajo tudi paradigme v znanosti. Predstavljajo nekakšen vrednostni sistem, na podlagi katerega je oblikovana konkretna znanstvena teorija. V teoriji znanosti pojem paradigme nima povsem splošno sprejetega pomena. Nekateri ta pojem definirajo kot uveljavljeni del neke celovite teorije, drugi kot množico prepričanj, ki vladajo v določeni znanosti in so izraženi v učbenikih. Po zopet tretjem pogledu pomeni paradigma metafizične hipoteze, tj. osnovne hipoteze, ki jih privzemamo v določeni znanosti, vendar jih ne moremo dokazati - več o tem kasneje. Mi bomo paradigmo definirali kot **notranje skladno skupino idej, ki uokvirjajo in oblikujejo konkretno znanstveno teorijo in prakso**. Paradigma je notranji (lahko tako rekoč nezavedni) vrednostni sistem, ki določa meje razvoja znanstvene teorije in daje težišče različnim pojmom. Tako uokvirja znanstveno razlago in raziskovalne napore ter nudi znanosti neke vrste skelet. Paradigma je torej konservativni element znanosti, kar ima svoje dobre in slabe plati. Dobre plati so, da onemogoča razvoj in sprejem nezrelih, ne dovolj utemeljenih, hipotez ali teorij. Negativnost konservativne funkcije paradigme pride do izraza takrat, kadar staro paradigmo izziva neka nova, ki bolje odgovarja na zastavljena znanstvena vprašanja. S tem, ko paradigma varuje znanost pred nezrelimi prodori, jo marsikdaj varuje tudi pred zreliimi. Marsikdaj je potreben velik napor, predno lahko prodre nova teorija in ovrže staro.

4.3.2. Metafizične hipoteze

Kot že omenjeno, sodijo k paradigmi tudi metafizične hipoteze znanosti, ki predstavljajo nekakšen verski moment znanosti, saj gre za teze, ki jih sprejemamo brez dokaza za njihovo potrditev. Dokaz tu ni niti načeloma možen. To so na primer predpostavka o zakonitosti pojavov, o upravičenosti induktivnega sklepanja, o načelni razločljivosti vseh pojavov, o vzročnosti, o univerzalni enotnosti materije in njenih lastnostih, predpostavka o objektivnem obstoju materije (neodvisnem od naše zaznave in celo obstoja), predpostavka o matematični opisljivosti odnosov itd. Dejansko je sam razvoj znanosti, zlasti na področju fizike (kvantna mehanika), nekatere od teh predpostavk postavil pod vprašaj (npr. vzročnost in razločljivost pojavov na ravni posameznih kvantnih dogodkov). Tako so ta vprašanja še vedno zelo aktualna; človeštvo je še daleč od njihove rešitve, jih pa privzemamo kot samorazvidna dejstva, nujno potrebna za samo izgradnjo znanosti.

4.4. RAVEN ZNANSTVENE TEORIJE

4.4.1. Pojem teorije

Teorijo lahko definiramo na več načinov. Po eni strani je to sistem splošnih stavkov (definicij, hipotez, ugotovitev ipd.), ki opisuje in razlaga neko področje pojavov. Po drugi strani pa lahko v teoriji vidimo posplošitev empirično dobljenih podatkov v urejene sistem pojmov in zakonskih (splošnih) stavkov. Teorija je nekakšno srce znanosti, saj si le in prav preko nje razlagamo določeno področje pojavov in spoznavamo

njegovo notranjo strukturo. Le preko teorije (če je dovolj razvita) smo sposobni tudi napovedovati pojave, kar je osnova za tehnologijo.

4.4.2. Nazori o teoriji

Obstaja več nazorov o teoriji. Po *realističnem* je teorija rekonstrukt realnosti, nekakšna preslikava bistvenih odnosov nekega področja pojavov v urejen miselni sistem. Tu teorija predstavlja resničnost. Med teorijo in področjem, ki ga le-ta predstavlja, nastopa podoben odnos kot med zemljevidom in ozemljem. Temu nazoru nasprotuje t.im. *instrumentalistični*, ki trdi, da je teorija le instrument za ureditev naše izkušnje in ne predstavlja objektivne realnosti. Temeljni odnosi, ki nastopajo v teoriji, odslikavajo način (logiko) našega razmišljanja in ne nujno odnose v objektivni realnosti. Skratka, mi vidimo svet skozi že precej strukturirana očala našega uma in si ga tako tudi razlagamo. Lahko pa, da je v resnici precej drugačen. S praktičnega vidika lahko ob bok tema dvema konceptoma rečemo, da so nekatere teorije bliže prvemu, druge pa drugemu konceptu.

4.4.3. Abstrakcija

Pri teoriji se srečujemo z abstrakcijo, podobno kot je to značilno za odnos med ozemljem in zemljevidom. Tudi slednji predstavlja le nekaj vidikov prvega - tisto, kar se nam je zdelo bistveno za našo orientacijo. Tudi teorija podaja le bistvene odnose našega raziskovalnega področja. To ima svoj pozitivni učinek: odkritje bistva, preglednost, preprostost, pa tudi negativnega. Lahko se namreč zgodi, da zavržemo kot nepomembno tudi kako dejansko pomembno informacijo. Način abstrakcije kroji paradigma, saj ona določa, kaj je vredno oziroma bistveno in kaj ne. Višek abstrakcije predstavlja t.im. formalna teorija, kjer nastopa le še formalni jezik (simbolni jezik, npr. matematični, jezik kemijskih formul).

4.4.4. Zakoni

"Meso" teorije predstavljajo zakoni. To so univerzalni (splošni stavki), ki se nanašajo na določeno področje pojavov in za katere velja vezni pogoj "če - potem". Ali v formalnem (logičnem jeziku): $Vx; f(x) \rightarrow g(x)$ (za vsak x , če velja $f(x)$, potem velja tudi $g(x)$). Vsak zakon v rekonstrukcijskih znanostih predstavlja izkustveno (indukcijsko) posplošitev ter pomeni nespremenljiv (invarianten odnos).

Tudi tu imamo dve temeljni struji: *realisti* menijo, da zakoni (naravni) dejansko obstajajo in da so znanstveni zakoni le njihov opis (to je bilo značilno za pojmovanje Newtona, Galilea in velike množice drugih znanstvenikov). *Nominalisti* menijo, da so zakoni le skupna imena za podobne si pojave, Naravnih zakonov po tem naziranju ni, so le znanstveni. Dejansko zakoni nimajo materialne narave (nimajo ne teže, razsežnosti ipd.), ne moremo jih neposredno zaznati, lahko jih spoznamo le v umu. V vsakem primeru pa so zakoni v naravoslovnih znanostih hipoteze, saj nimajo absolutnega statusa. Vedno se lahko zgodi, da moramo kak zakon, ki je veljal že dolgo popravljati zaradi novih spoznanj.

Obstaja več vrst zakonov. Vzročno posledični ugotavljajo, kako neki pojavi sledijo iz drugih pojavov. Zakoni funkcijske odvisnosti ugotavljajo zvezo med različnimi veličinami (npr. $pV=nRT$, $E=mc^2$). V bioloških disciplinah so zelo pomembni statistični zakoni. Tu ne znamo napovedati posamezen dogodek, temveč le frekvenčne porazdelitve pri množici dogodkov. Če mora biti pri prvih dveh tipih zakonov veljavnost 100% (načeloma jih že en protiprimer ovrže), pri statističnih zakonih protiprimer le spremeni razmerja. Poznamo še zakone razvoja, ki določajo razvoj nekega sistema (taki so npr. entropijski zakon ali pa zakoni biološke evolucije). Poleg do sedaj razložene raznovrstnosti, se ločijo zakoni tudi po ravneh: tako imamo visoke teoretične zakone, ki so zelo splošni in empirične zakone, ki se nanašajo na bolj konkretne pojave.

4.4.5. Razlaga

Zakoni predstavljajo temelj znanstvene razlage ali znanstvene pojasnitve. Gre za možnost razlage preteklih dogodkov/pojavov ali pa za napoved bodočih. Možnost za to je dana v brezčasnosti zakonov, ki se

tičejo tako preteklosti kot prihodnosti. Poleg zakonov mora v razlagi nujno nastopati še t.im. robni pogoj (na primer spust predmeta pri razlagi njegovega padca z zakonom gravitacije). Pravilnost znanstvene razlage zahteva, da je razlaga (R) logična posledica razlagalnih stavkov (H). H mora vsebovati vsaj en splošen stavek zakonskega značaja in vsaj en robni pogoj, H se mora nanašati na empirično, z eksperimenti ali opazovanji dobljeno vsebino, vsi stavki v H morajo biti resnični ali vsaj močno podkrepljeni, zakonski stavki v H se morajo brez protislovja ujemati z robnimi pogoji v istem H.

4.4.6. Pojem

Poleg zakonov so temeljni elementi teorije pojmi. Pojem je sinteza bistvenih znakov nekega predmeta ali pojava izražena v terminu. Vsak pojem ima svojo vsebino in svoj obseg, torej nekaj pomeni in obsega določen razred predmetov ali pojavov. Vsak pojem lahko označujejo nujne, ne-nujne (slučajne), zadostne in nezadostne lastnosti. Kot bistvene štejemo le nujne in zadostne. Pri pojmu človeka je na primer barva kože slučajna lastnost, srce nujna a nezadostna, pisanje pesmi zadostna a ne nujna in mišljenje nujna in zadostna, torej bistvena za človeka.

Posebno poglavje je tvorjenje pojmov (tudi tega je že obdelal Sokrat). To je logični postopek, pri katerem prehajamo od zunanjega predmeta/pojava na njegovo bistvo. To poteka v več fazah: 1. primerjanje, 2. analiziranje lastnosti proučevanega objekta (tu ločimo nujne, slučajne in zadostne), 3. odmišljanje nebistvenih lastnosti, 4. sinteza bistvenih lastnosti (znakov) in 5. posplošenje bistvenih lastnosti na cel razred objektov.

Pojmom moramo v vsaki znanosti točno določiti (vsebino) pomen preko definicije. Definicija je logični postopek, pri katerem razgrnemo vsebino pojma. Pri tem se moramo držati naslednjih pravil: tisto, kar definiramo (subjekt definicije) mora biti sorazmerno tistemu, s čemer to definiramo (predikat). Definicija ne sme biti krožna, mora pa biti natančna, jasna in enoznačna. Težimo po definicijah, v katerih ni nikalnic. V vsaki znanosti mora imeti vsak strokovni pojem svojo definicijo. Množica vseh teh definicij predstavlja terminologijo znanosti.

4.4.7. Hipoteze

Pojem hipoteze je vsekakor bistven za teoretsko raven znanosti. Tudi tu ni enega samega pomena te besede. Po eni definiciji so hipoteze sleherne izkustvene posplošitve, na primer vsi zakoni in načela v rekonstrukcijskih znanostih. Po drugi definiciji so hipoteze deduktivno speljani stavki iz trditve višjega reda, ki pa jim mora slediti dokaz. Hipoteze so lahko tudi svobodne miselne konstrukcije za ureditev naše izkušnje (v stilu "recimo, da je to tako in tako"). Po četrti verziji so hipoteze trditve, ki opisujejo to, kar se kaže kot očitno ali verjetno. To so različni genialni prebliski ali intuitivne racionalizacije pridobljenih izkušenj.

4.5. EMPIRIČNA RAVEN

Empirično raven predstavljajo fizične in neposredno nanje navezane umske dejavnosti v znanstvenem procesu. Konkretno gre za eksperimente in opazovanja. Med fizične dejavnosti štejemo na primer pripravo eksperimenta, njegovo nastavitvev, izvedbo in meritve. K umskim dejavnostim bi sodili oblikovanje delovne hipoteze, načrtovanje eksperimenta, po njegovi izvedbi pa tudi analizo rezultatov in interpretacijo, ki pomeni tudi primerjanje z izhodiščno delovno hipotezo. Faktorji, ki vplivajo na eksperiment ali opazovanje so teorija skupaj s paradigmo (vsak eksperiment načeloma izhaja iz neke teoretske predpostavke), fizična instrumentacija, sistem merjenja in faktor pričakovanja. Zadnji faktor naj bi bil čim manjši, težko pa ga povsem ukinemo. Srce eksperimentov ali opazovanj je nedvomno merjenje. Od Galilea, ki je prvi dal merjenju pravo težo v znanosti, pa do danes, se je merjenje razvilo celo v samostojno znanstveno disciplino - meroslovje (metrologija). Merjenje dejansko pomeni uvrščanje naših zaznav ali inštrumentalnih detekcij v čimbolj natančno določene razrede.

Eksploiment je namerno povzročanje nekega pojava ali procesa, ki ga želimo nemoteno in večkrat opazovati. Prav nadzorovanje razmer loči eksperiment od opazovanja, kjer na proučevani sistem nič ne vplivamo. Nadzor razmer pri eksperimentu ima svoje prednosti in slabosti. Dobro je, ker nam nudi možnost zelo sistematičnega preučevanja, slabo pa je, da lahko pretiran nadzor razmer ustvarja artefakte. Organizmi se na primer lahko v strogo nadzorovanih razmerah vedejo drugače kot v naravi. Splošni elementi ki nastopajo pri eksperimentu so delovna hipoteza oziroma razlog eksperimenta, načrt, predmet poizkusa, eksperimentalna situacija, eksperimentator itd.

4.6. RAZISKOVALNO DELO IN OBJAVLJANJE

V znanosti privzemamo metafizične hipoteze o objektivnem redu in univerzalni substanci le na najvišji abstraktni ravni, le kot osnovo za raziskovalno delo. Te ideje delujejo kot nekakšno tiho, neopazno ozadje našega teoretičnega in empiričnega znanstvenega dela. V konkretnem znanstvenem delu pa skušamo osnovno predstavo o redu in substanci zapolniti s konkretno vsebino. To konkretno pomeni nenehno soočanje naših pričakovanj glede reda s konkretnimi pojavi - "šifriranimi" odtisi skritega reda. Predvsem želimo mentalno upodobiti red, v umu narediti njegovo kolikor toliko enolično preslikavo. Zanima nas torej trajno v bivajočem, kot je to zastavil že Platon. Tu pride metodični dvom veliko bolj do izraza, saj nikdar ni rečeno, da smo pravilno upodobili realni red; oziroma če smo instrumentalisti, ne vemo, ali je naša "preureditev izkustva" (to je v raziskovalnem procesu dobljenih podatkov) zares dokončna.

V skladu z apriorno predpostavko o hierarhičnosti je tudi ta mentalna zgradba hierarhična, večnivojska. Njeno osnovo tvorijo kar prej navedeni aksiomi znanosti - pravimo jim tudi metafizične hipoteze. Na ravni posamezne znanstvene discipline se soočamo s t.im. paradigmo, na še nižji ravni s teoretičnimi koncepti (teorijo) in na najnižji ravni s posameznimi empiričnimi odkritji, ki jih še preverjamo. Važno je vedeti, da vsa ta zgradba ni le v umu posameznika, temveč je intersubjektivna oziroma se izraža skozi jezik. Zelo pomemben element znanosti je torej komunikacija (znani "publish or perish"). Znanost je v prvi vrsti dužbena kategorija: družba jo omogoča s svojimi sredstvi in v njej se potrjuje ter razvija.

Soočanje med predstavami o redu in dejstvi se odvija preko nekakšnega izpraševanja narave (če se omejimo na naravoslovje). S tem zapolnjujemo vrzeli v našem redu. Zanimivo pa je, da vrzeli v našem znanju niso povsem prazne - v umu le imamo neko predstavo o redu tudi na še neraziskanih področjih. Pritajeno, ne da bi to nujno vedeli, je torej naš znanstveni sistem (sistem kolikor toliko preslikanega reda) ponavadi večji od dejanskega pozitivnega znanja. Tu deluje svojevrstni razumski totalitarizem, ki ni povsem v harmoniji z osnovnimi pozitivističnimi postavkami znanosti: dele reda, ki ga že poznamo, prenašmo tudi na dele, ki jih ne poznamo. Seveda vemo, da jih ne poznamo, zato jih želimo preverjati in prav tu zastavljamo vprašanja. V širšem smislu pravimo temu spraševanju znanstveno raziskovanje. Poteka pa na način eksperimentiranja ali opazovanja. Oblikovanje vprašanja je vedno pod nadzorom paradigme, konkretno pa izhaja iz teorije kot delovna hipoteza. Delovna hipoteza vsebuje torej predstavo o redu in substanci na našem področju raziskovanja. Fenomeni, ki smo jim priča pri eksperimentu ali opazovanju, in so nam znani predvsem kot rezultati eksperimenta, morajo biti podvrženi naši indukciji - posploševanju in seveda abstrakciji. Pri odločitvi za eksperimente se soočamo z dvema ekstremoma: izbiro majhne vrzeli (še neraziskanega), kjer je zelo verjetno, da bo vse po pričakovanjih in z izbiro velike vrzeli, kjer se lahko soočimo s povsem drugačnim redom od predpostavljenega. V prvem primeru je majhno tveganje in tudi majhen znanstveni novum⁶, v drugem primeru pa je oboje veliko.

Znanstveno raziskovanje je torej soočanje s temo. Je proces, kako temo (nevidni red in vzroke) osvetliti. Pravo raziskovanje je zato vedno tveganje; manj ko tvegamo, manj v resnici osvetlimo in obratno. Pri tem se poleg hrabrosti soočamo tudi s fenomenom paradigmatške obremenjenosti, ki se je lahko sploh ne zavedamo. Če smo nagnjeni k privrženosti uveljavljenim prepričanjem, potem je bolje, da raziskujemo le

⁶ To pa pomeni tveganje, da našega (malenkostnega) izsledka sploh ne bodo hoteli objaviti!

majhne vrzeli v varnem zaledju že povsem pojasnjenih pojavov. Soočanje z veliko vrzeljo zahteva sposobnost, da se odmaknemo od paradigme⁷, sposobnost ugledati stvari skozi povsem nova očala, ali drugače, pripravljeni in sposobni moramo biti ugledati nov red, ki na globlji ravni povezuje fenomene našega raziskovalnega področja. Tipična primera tega v biologiji sta bila Lamarck (1744-1829) in Darwin (1809-1882). V fiziki je bil tak primer Einstein, v kemiji Lavoisier (1743-1794). Tu namreč odpove zgolj preračunljivi razum. Sposobnost ugledati novi red, ga dokazati in to spoznanje uveljaviti v širši znanstveni skupnosti, zahteva tisto redko lastnost, ki ji pravimo genialnost. Ta temelji na znanstveni intuiciji, na sposobnosti neposrednega uvida v bistvo nekega fenomena in je ena od najglobljih umskih sposobnosti.

Ne glede na to, kako veliko vrzel proučujemo, raziskovanju, ki mora ustrezati osnovnim zahtevam o ponovljivosti, natančnosti ipd., mora slediti *komunikacija* naših izsledkov širši znanstveni skupnosti. Šele tu naša raziskava sploh dobi neko vrednot ali pa ostane brez nje.⁸ Delo v laboratoriju ali na terenu je vsekakor potrební pogoj za znanstvenost, toda ni zadostni pogoj - to delo mora dobiti še ustrezno priznanje skozi objave (revije, referati, knjige) na prvem mestu in skozi odmevnost teh objav na drugem. Sito za objave predstavljajo recenzenti in uredniki, v drugi fazi pa nas dejansko ocenjuje znanstvena publika (mednarodna ali domača). Recenzenti naj bi predvsem ocenili, koliko je raziskava sploh relevantna (lahko ima naprimer premajhno vrzel, ali pa je problem raziskal že nekdo drug) in koliko je verodostojna (npr. ali se da na podlagi predlagane objave narediti ponovitev). Kadar gre za zelo velik novum, ki spodjeda uveljavljeno paradigmo, se lahko uredniški odbor odloči za posebno ponovitev raziskave, preden naj bi šel članek v objavo (taka politika je naprimer znana pri reviji Nature). Delo, ki ga objavljamo, mora v poglavju z imenom *uvod* vsebovati najprej utemeljitev naše specifične odločitve za raziskavo in razlago vrzeli. Vsebovati mora torej utemeljitev našega "vprašanja" narave skozi razlago že opravljenega in objavljenega dela, ki se tiče "roba" naše vrzeli, in jasno oblikovano delovno hipotezo. V drugi točki (*matreial in metode*) moramo navesti način priprave in izvedbe raziskave in obdelave podatkov, kar je osnovni pogoj za ponovljivost in daje vpogled v zanesljivost in ustreznost naše metodologije. Sledi navajanje rezultatov (poglavje *rezultati*) in končno naš komentar na rezultate (*diskusija*), kjer moramo čimbolj jasno povedati, kako rezultati odgovarjajo naši delovni hipotezi, kaj to pomeni za pripadajočo znanost in kaj še nakazujejo poleg odgovora na delovno hipotezo. To zadnje pomeni, da nam lahko da narava tudi drugačne odgovore od tistih, ki smo jih pričakovali. Sposoben in skrben raziskovalec vidi tudi te odgovore in jih skuša prevesti v znanstveni jezik. Načeloma objavljamo tudi raziskave, ki se ne ujemajo z delovno hipotezo. Če je bila delovna hipoteza že tako ali tako neverjetna, nam take raziskave verjetno ne bodo objavili, se bo pa to zgodilo, če se je zavrnjena hipoteza zdela verjetna z vidika uveljavljene teorije. Zavrnitev delovne hipoteze je tedaj pomemben prispevek za strokovno javnost, saj priča o tem, da nekaj ni bilo v redu z uveljavljenimi predpostavkami o zakonitostih, ki se tičejo vrzeli in morda tudi širšega raziskovalnega področja.

In tako iz prostora globoke subjektivnosti (osnovni aksiomi znanosti) in osnov znanstveno raziskovalnega dela vstopamo v prostor, o katerem sicer redko razmišljamo kot o znanosti, v prostor znanosti kot družbenega fenomena.

⁷ In prav tu ima svojo vlogo filozofska poglobljenost znanstvenika, žal marsikdaj redka lastnost. Filozofija s svojim metodičnim dvomom in spraševanjem o navidez samoumevnih stvareh omogoča znanstveniku zadostno distanco od splošno uveljavljene paradigme in tako daje možnost za sveže znanstvene uvide.

⁸ To načelo se v naših logih odraža v načinu točkovanja raziskovalcev in raziskovalnih skupin (število objav, objave v uglednih revijah in število citatov s strani drugih avtorjev).

5. LOGIKA

5.1. UVOD

Logika je znanost o splošnih strukturah pravilnega izpeljevanja enih stavkov iz drugih ter o pravilih, v skladu s katerimi tvorimo sodbe, pojme in izvajamo sklepe. Krajše rečeno je logika znanost o pravilnih strukturah konstruktivnega in rekonstruktivnega mišljenja. S to svojo naravo je logika temelj metodologije znanost, predstavlja njeno osnovno paradigmo. Ključni pojem logike je pojem resnice (in ne na primer vzroka, bistva, smisla ipd.). Vendar tu ne gre za predmetno resnico (torej za ujemanje med neko izjavo in tistim, na kar se izjava nanaša), temveč za t.im. formalno resnico. Slednja pomeni vse, kar ni protislovno. Ločimo dve glavni vrsti logike: *deduktivno* in *induktivno*. Pri prvi izhaja resnica iz zakonov (izrekov, ugotovitev, aksiomov ipd.) absolutno, pri drugi pa le z neko verjetnostjo. Logični stavki so tako le povedni stavki, v katerih lahko ugotavljamo resničnost. Logični stavki niso stavki v prihodnjem stavku, definicije, vprašalni stavki ipd.

5.2. SIMBOLNA DVOVREDNOSTNA STAVČNA LOGIKA

To je logika, kjer so stavki in odnosi med njimi predstavljeni s posebnimi simboli (formalno).. Le-ti se nanašajo na stavčne spremenljivke, konstante, operatorje in veznike. Z vsemi temi elementi tvorimo t.im. logične izraze. Spremenljivke (p, q, r) nadomeščajo poljuben povedni stavek. Konstante izražajo logično vrednost (stavka ali izraza) in sta v tej logiki dve: resnično (1) in neresnično (0). Dvovrednostna logika ima le en operator: negacijo (-; -p pomeni "non-p").

Logični vezniki (L-vezniki) izražajo odnose med logičnimi stavki (preprostimi ali logičnimi izrazi). V dvovrednostni logiki nas v osnovi zanima odnos med dvema stavkoma, zato govorimo o dvojiških ali binarnih veznikih. V načelu ima dvovrednostna logika 16 veznikov. Vsak stavek ima lahko dve vrednosti, dva stavka skupaj 4 (22) in zveza mednjima 24(=16). Po t.im. pravilu razširitve lahko v tej logiki vedno nadomestimo neko spremenljivko z njeno vrednostjo. To omogoča definicijo L-veznikov preko t.im. L-matrice. Oglejmo si matrično definicijo najbolj pomembnih veznikov:

p	q	T	V	\wedge	\rightarrow	\leftrightarrow	K
1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0

T: tautologija, izjava je resnična ne glede na resničnost posameznih stavkov.

V: disjunkcija, ne-izključitveni ali ($p \vee q$ pomeni p ali q).

\wedge : konjunkcija, in ($p \wedge q$ pomeni p in q)

\rightarrow : implikacija, torej ($p \rightarrow q$ pomeni "če p, potem q" ali "p torej q").

\leftrightarrow : ekvivalenca, logična enakost ($p \leftrightarrow q$ pomeni "p tedaj in le tedaj, če q").

K: kontradikcija, negacija tautologije.

V logiki so posebej pomembni logični zakoni. To so L-izrazi, katerih vrednost je vedno resnična ne glede na resničnost posameznih stavkov. Take stavke lahko vedno preverimo preko matrične verifikacije, kjer mora biti na koncu vrednost izraza na vseh mestih enaka 1. Oglejmo si primer: $\text{non}(p \wedge \neg p)$: zakon prepovedanega protislovja. V obeh primerih vrednosti za p (tako 0 kot 1) ima ta preprost izraz vrednost 1. Zakon prepovedanega protislovja je najpomembnejši kriterij za pravilnost znanstvenih tekstov. V kolikor najdemo v njem protislovje, ni veljaven. Oglejmo si še nekaj pomembnih zakonov: $p \vee \neg p$ (tretjega ni), najpomembnejši zakon logičnega (deduktivnega) sklepanja je t.im. modus ponens: $((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow q$. V zvezi z njim velja tudi $((p \rightarrow q) \wedge \neg q) \rightarrow \neg p$. Navedimo še zakon tranzitivnosti: $((p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r)) \rightarrow (p \rightarrow r)$.

Obstaja še nešteto drugih L-zakonov, ki jih uporabljamo pri pravilnem sklepanju, toda prikazano naj zadošča kot ilustracija.

5.3. INDUKCIJA IN INDUKTIVNA LOGIKA

Indukcija ali navajanje je sklepanje z značajem verjetnosti. To sklepanje vodi od manj splošnih k bolj splošnim stavkom. Načeloma ločimo dva tipa indukcije: popolno in nepopolno. Pri popolni indukciji, ki se uporablja zlasti v matematiki, velja posplošena lastnost za vse elemente definiranega razreda brez izjeme.

Pri nepopolni indukciji ločimo dve nadaljnji vrsti: števno ali enumerativno in znanstveno. Pri prvi gre za to, da raziskujemo področje pojavov z neko lastnostjo in nato to lastnost posplošimo na cel razred teh pojavov. Na primer na vzorcu sto vranov ugotovimo, da so črni in nato posplošimo črno barvo perja na vse vrane. Enumerativna indukcija ni zanesljiva (poznamo na primer bele vrane), lahko naredimo preuranjen ali preveč površen sklep. Znanstvena indukcija je temeljna za rekonstrukcijske naravoslovne znanosti. Ta indukcija gre v bistvo pojava in nato posploši zakonitosti. Skratka, to indukcijo uporabljamo pri tvorbi zakonov. Tudi tu se lahko zmotimo, lahko zgrešimo bistvo pojava, vendar je to mnogo redkeje kot pri enumerativni. Preko znanstvene indukcije lahko ugotavljamo vzročno zvezo med pojavi ali pa strukturo stvari/pojavov.

Poznamo več metod induktivnega sklepanja, ki so bistvene za sleherno empirično raziskovanje. Te metode je sistematiziral že John Stuart Mill na polovici 19. stoletja. Metoda skladnosti pomeni, da iščemo različne primere pojava a in in iščemo konstantno okoliščino, npr.:

okoliščine	pojav	
ABC	a	Pri taki shemi sklepamo, da je okoliščina A zadostni pogoj za pojav a
ADE	a	(npr. določen strup in smrt organizma).
AFG	a	

Za ugotavljanje potrebnega pogoja za pojav a uporabljamo metodo edine razlike:

ABC	a	Tu se pojav a ne pojavi, v kolikor ne nastopa okoliščina A (npr. voda in
-BC	nič	življenje rastline).

Ker hočemo v znanosti ponavadi ugotoviti tako potrebne kot zadostne pogoje, se zatekamo k t.im. sestavljeni metodi skladnosti in razlike, ki je dejansko le kombinacija obeh prejšnjih. Poleg teh treh relativno preprostih in razvidnih metod je Mill razvil še druge, bolj komplicirane, npr. metodo edinega preostanka in metodo združenih sprememb, ki jih uporabljamo v bolj specialnih primerih.

6. DRUŽBENI STATUS ZNANOSTI IN OSNOVE NJENE ETIKE

Znanost je družbena, draga in konservativna. Prvo pomeni, da nekaj velja kot znanstveno dejstvo šele takrat, ko to prizna večinski del znanstvene skupnosti. Kot je bilo že rečeno, o vrednosti slehernega

znanstvenega dela ne odločajo le objektivni in pravilno izvedeni eksperimenti, temveč tudi z različnimi interesi in pogledi obremenjeni ljudje (npr. recenzenti, uredniki). V tem, za znanost vsekakor zelo pomembnem segmentu, znanost sploh ni objektivna, temveč precej subjektivna. V znanstveni skupnosti nastopa moment borbe za uveljavljenje novih izsledkov, kjer hitro pride do neetičnega vedenja tako s strani preveč razgretih inovatorjev, kot s strani širše skupine znanstvenikov, ki ocenjujejo novost. V različnih uredniških odborih strokovnih revij, v svetu strokovnih društev in komitejih za dodelitev sredstev ponavadi nastopajo starejši znanstveniki in njihovi zvesti mlajši privrženci, ki tvorijo znanstveni establishment. Ta je po naravi konservativen, ima pa seveda tudi za družbo pomembne dragocene izkušnje pri odločanju o znanstvenih projektih in oceni njihove izvedbe. Na to se tesno navezuje drugo dejstvo: finance. Čedalje dražje raziskave zahtevajo tudi čedalje bolj pretehtan in strokoven način odločanja, se pravi, da o tem odloča pomemben del prej omenjenega establishmenta. Da bo že a priori nagnjen k odobravanju projektov, ki sovpadajo z njegovimi koncepti, je seveda jasno. Pri tem ne gre za obtožbo, temveč le za videnje situacije, kjer je etično ravnanje na posebnem testu.

Kar se same "čiste" znanosti tiče, je načeloma konservativni establishment močan branilec uveljavljene (preverjene) ideologije, ki služi kot osnova (paradigma) za oblikovanje znanstvenih teorij in daje osnovne smernice za empirično raziskovalno delo. S svojo konservativnostjo igra uveljavljena ideologija dvojno vlogo. Po eni strani je pozitivna, ker kot nekakšno ogrodje stabilizira znanstveno teorijo in prakso, po drugi strani pa tudi negativna, saj rada dalj časa zavira uveljavitev svežih spoznanj, ki jo ogrožajo.

Zaradi velike družbene vloge, ki jo ima znanost v navezavi na tehnologijo, energetiko in gospodarstvo, ima neetično vedenje v znanosti (npr. prepoved ali oviranje državnim strukturam nevšečnih raziskav, prav tako pa tudi zahteve po raziskavah, ki so nevarne človeštvu) lahko tudi širše in dalekosežne družbene posledice, ki daleč presegajo okvir same znanosti.

6.1. PODROČJA, KJER POGOSTO PRIHAJA DO ETIČNIH KRŠITEV

6.1.1. Etični problemi v okviru širše in ožje znanstvene politike

V tem poglavju si bomo ogledali nekatere najbolj značilne pojave, ko prihaja v okviru sistema znanosti do neetičnega ravnanja.

- 1) nepravilno **razporejanje sredstev**. Tu gre predvsem za vpliv establishmenta na dodeljevanje sredstev. Znanstvenik ima v primeru nepravilne zavrnitve naloge le majhno možnost, da to dokaže, saj ponavadi niti ne pozna recenzentov, niti ne pozna drugih projektov. Poleg establishmenta lahko vplivajo na nepravilno razdelitev sredstev tudi raznovrstne zveze in poznanstva. Ljudje, ki odločajo o sprejemu raziskovalnih tem, so vedno podvrženi večjim ali manjšim pritiskom "s strani". To ne poteka le na državni temveč tudi na mednarodni ravni.
- 2) pristranska **uredniška politika**. Uredniški odbor revije ali analogno telo za pripravo kongresa lahko zavrne ali zavlačuje z objavo članka, s katere vsebino (idejno osnovo) se ne strinja, čeprav je sicer v redu napisan. Avtorju v takem primeru ponavadi preostane le iskren pogovor z urednikom ali pa poskus objave v sorodni reviji. Primeri neutemeljenih, zgolj ideološko pogojenih zavračanj so relativno pogosti (primer Benveniste).
- 3) vzpostavljanje **neformalnih koalicij** proti znanstvenikom, ki ogrožajo uradno znanstveno doktrino in s tem establishment. To je normalna "bojna" situacija v znanosti, ko neka nova paradigma ogroža uveljavljeno. Včasih je možno uveljaviti novo paradigmo šele ob fizični smrti večine članov starega establishmenta. Zlasti na tem področju pride do izraza dejstvo, da znanost še zdaleč ni samo raziskovanje, temveč je mnogo širša družbena dejavnost. Uveljavljanje novega odkritja, ki ogroža staro paradigmo, lahko veliko bolj spominja na politiko kot na znanost (tu se lahko spomnimo na Darwinove težave ob uveljavljanju njegove teorije evolucije ali na težave za priznanje kometov v prejšnjem stoletju).

- 4) **ignoriranje** znanstvenih izsledkov, ki ogrožajo uveljavljeno paradigmo. Včasih so miselni vzorci, ki ustrezajo uveljavljeni paradigmi tako močni, da znanstveniki dobesedno ignorirajo vse, kar se jim zoperstavlja. To pomeni, da ni nobenih odmevov na objavljene rezultate, ki izzivajo uveljavljeno paradigmo.
- 5) **nepravično ocenjevanje** (recenziranje) poročil raziskovalnih nalog. Tu gre lahko za nevoščljivost (negativna recenzija namesto pozitivne), lahko pa za prijateljsko uslugo (pozitivna recenzija namesto negativne). Ta pojav je zlasti razširjen v deželah z majhnim znanstvenim zaledjem. V tem primeru si je potrebno pomagati s čimbolj neodvisnimi tujimi recenzenti.
- 6) **formalistično pretiravanje** v točkovanju znanstvenih skupin ali posameznikov glede na objave in odmevnost. To pride predvsem v poštev, ko gre za obrobne - a zato ne nujno manj zahtevne ali kakorkoli manj vredne - znanstvene panoge. Še tako nadarjen znanstvenik težko dobi odmevne rezultate, če je s svojim raziskovalnim delom pred časom, za kar je v biologiji lep primer Gregor Mendel. Po drugi strani pa prav na tem področju prihaja do izigravanja, naprimer da se dva ali več raziskovalcev med seboj zmeni, da se bodo ne glede na dejansko potrebo medsebojno citirali. Prihajalo je tudi do primerov, ko so avtorji objavili neumnosti, in ko so jih drugi vneto pobijali, so jih seveda hkrati tudi citirali.
- 7) **onemogočanje napredovanja** bolj nadarjenim ali bolj originalnim raziskovalcem. V tej zvezi je precej pogost negativna selekcija naslednikov. Znanstveno manj sposoben šef oddelka na nekem inštitut ali vodja katedre si mora, če hoče preživeti, izbrati bolj sposobne kadre, ki pa ga hkrati tudi ogrožajo.
- 8) **siljenje** podrejenih raziskovalcev k potvarjanju rezultatov ali k nemoralnim eksperimentom. Ta pojav je pogost zlasti na področju uporabnih raziskav. Prikriva se naprimer ekološka nevarnost raziskovanega projekta.

6.1.2. Etični problemi na področju raziskovanja

- 1) **potvarjanje ali prirejanje** rezultatov. V grobih primerih se to le poredko dogaja, čeprav so poznani primeri tudi popolnih izmislekov častihlepnih znanstvenikov. Včasih so prodri celo v učbenike. Ponavadi gre za subtilna prirejanja rezultatov, npr. izločanje "neustreznih" primerkov iz obdelave, da dobimo dobro statistiko. Včasih recenzent zahteva za objavo določene podatke, do katerih avtor ne more več priti. Tedaj je avtor pred preizkušnjo, da si jih preprosto izmisli ali ponaredi (priredi). Pred preizkušnjo po potvarjanju rezultatov nas lahko obvaruje zavest, da ima laž kratke noge. Prirejanje je namreč učinkovito le na kratek rok - na dolgi varamo sami sebe, kajti prej ali slej bodo pravilni rezultati, če imajo seveda sploh neki pomen za znanost, prišli na dan.
- 2) **kraja rezultatov in dela**. To je pogosto zlasti pri poskusih objave, ko recenzent dela na istem polju kot avtor, pri čemer je pred slednjim v zaostanku. Znani so primeri, ko zadržuje ali zavrne članek oziroma ga da v dopolnitev, sam pa se posluži v njem opisanih rezultatov. Ta skušnjava pride v poštev le za redke med nami (v glavnem le za bodoče ali sedanje recenzente). Veliko pogosteje pa bomo lahko njena žrtev, ko bomo skušali objaviti rezultate svojega znanstvenega dela, zlasti v tujini. Tu velja vsa previdnost in zavarovanje, na primer, da pošljemo osnutek članka prijateljem v tujini ipd. Čedalje bolj velja, da v znanosti ne smemo zaupati nikomur izven kroga preverjenih prijateljev in sodelavcev.
- 3) **nemarno delo**. Gre za pozabljanje na za potek poskusa pomembne parametre. Nemarnega dela je v znanosti relativno veliko, čeprav je to odvisno od discipline. Praktično nemogoče je pri poskusih nadzirati vse vsaj malo relevantne parametre, saj postanejo lahko s tem poskusi prezapleteni. Prisiljeni smo torej zmanjšati nadzor eksperimentalne situacije, vendar je ravno tu past, da gremo v ekonomiziranju predaleč. Potrebno je tudi dobro nadzirati delo laborantov, katerih interes večinoma ni natančno ali pedantno delo, temveč iskanje bližnjic.
- 4) **pristranska interpretacija rezultatov**. Interpretacija rezultatov (ponavadi napisana v diskusiji člankov) je praviloma obarvana z naziranjem avtorja. To je pravzaprav ena od redkih svobod avtorja, da izrazi svoje

mišljenje. Vendar je tudi tu potrebno ohranяти objektivnost, saj lahko s svojevoljno interpretacijo zavajamo recenzente oziroma druge bralce naših objavljenih del. Ena od najpomembnejših etičkih vrlin, ki pride tu do izraza, je sposobnost raziskovalca, da se ne naveže na svoja pričakovanja. To mu da stabilnost in treznost.

- 5) **apriorno odbijanje** drugačnih teoretičnih izsledkov. Ozkost je eden od največjih sovražnikov znanosti. Znanost v svojem osnovnem namenu produkcije znanja zahteva odprt um za novosti, za sveže poglede in odkritja. Širina uma je bila tudi ena od prvih etičkih vrlin, ki so jo gojili v zibelki naše civilizacije - Stari Grčiji. Odbijanje ni nujno aktivno, lahko gre le za ignoriranje.

6.2. ŠIRŠI ETIČNI KONTEKST ZNANSTVENEGA RAZISKOVANJA

- 1) **nemoralen odnos do živih eksperimentalnih objektov.** V znanosti organizmom kot eksperimentalnim objektom ponavadi ne priznavamo pravic, ki jih ljubosumno branimo za človeški rod, npr. pravice do življenja ali do fizične celovitosti. Probleme na tem področju, če smo že prisiljeni eksperimentirati z živalmi in jih ubijati, lahko rešujemo z izbiro nižjih organizmov in manjšega števila. Poskušamo izvajati eksperimente tako, da povzročamo minimalno bolečino. Sem sodijo raziskovalna področja (npr. farmacija, medicina), kjer živali izpostavljam različnim kemijskim ali fizikalnim dejavnikom, ki naj bi jih kasneje, ko bomo poznali pravilno uporabo, uporabili na ljudeh. Tu gre predvsem za mučenje in ubijanje razvitih živali, ki so relativno podobne človeku. Sem lahko sodijo tudi osnovne raziskave, npr. raziskave tumorjev, kjer živali izpostavljam veliki koncentraciji karcinogenov. Posebno poglavje so raziskave, ki posegajo v integriteto organizma, pa najsi gre za študij presajanj ali za genetski inženiring. Človek postaja inženir živega stanja, ne da bi se nujno zavedal vseh posledic svojega početja. Glede na spoznanja t.im. nove biologije namreč prave narave živega stanja še sploh ne pozna, ukvarja se le z nekaterimi elementi (geni), ki sodelujejo pri njegovem oblikovanju (kot potrebni a nezadostni pogoj). To neznanje lahko pomeni prednost, saj onemogoča še hujše manipulacije, po drugi strani pa je lahko vzrok lahkomiselnim posegom, kjer se ne zavedamo dologoročno usodnih posledic.
- 2) **zanemarjanje okolja.** Zanemarjanje okolja je možno zlasti pri aplikativnih raziskavah, kjer je osnovni motiv čim večji profit (primer: raziskave za postavitve energetskih objektov, npr. postavitve atomske elektrarne v Krškem na potresno aktivnem območju, kar so prikriji; raziskave, ki "dokazujejo", da razni kemijski dodatki k živalski krmi ne škodijo okolju oziroma ljudem ipd.). Tu smo lahko posebej občutljivi prav biologi, saj nam je ponavadi bolj jasno kot drugim, kako povezan je živi svet in kako usoden lahko postane na videz manjši poseg v okolje. Proti zanemarjanju okolja se lahko borimo z ozaveščanjem pristojnih ljudi ali celo s protestno akcijo. V isti vrsti lahko navedemo tudi neštete raziskave, ki se tičejo prehrambene in kmetijske industrije in ki skušajo odkriti, kako z raznimi škodljivimi snovmi (antibiotiki, konzervansi, umetna gnojila) ali "primernim" genetskim inženiringom (npr. produkcija rastlin odpornih proti pesticidom, ki jih lahko nato uporabljamo v večjih dozah!) izboljševati produktivnost. V vseh primerih gre za aplikativne raziskave, ki dobivajo čedalje večjo težo (navezava na industrijo) in ki pomenijo udejanjanje kapitalskega privzivanja znanja. Mimogrede, tako pridobljeno znanje, ki je ponavadi zaklenjeno s patentnimi pogodbami, deluje zelo erozivno na samo znanost.
- 3) **lahkomiseln odnos do posledic** za človeštvo ali planet usodnejših znanstvenih odkritij. S tega področja so najbolj razvpiti primeri v zvezi z atomsko energijo in genetskim inženiringom. Toda ni potrebno, da smo ravno izumitelji atomske bombe. Vsako znanstveno odkritje ima neke posledice za človeštvo in/ali naravo. Po neizbežnem dejstvu, da z odkritimi zakoni nismo sposobni le razlagati temveč tudi napovedovati in s tem obvladovati, novo spoznanje daje tudi novo moč ravnanja z objekti našega raziskovalnega področja. Posledice nekaterih spoznanj so lahko le minimalne (jih tako rekoč ni), posledice drugih pa veliko usodnejše; mnoge so nekje vmes. Pomembno je, da imamo pri samem raziskovanju in snovanju nadaljnjih eksperimentov vedno na umu možne oziroma verjetne posledice raziskave. Znanstvenik oziroma

raziskovalec naj ne bo le dober ekspert, temveč tudi, in predvsem, mislec, ki bo sebi in drugim svoje raziskovalno področje ter izsledke vedno osvetljeval v kontekstu širše celote, v okviru kaktere lahko nastanejo usodne posledice.

ⁱ glej Trainor, L.E.H., *Emergence in Physics and Biology*, 1997, *Physical Theory in Biology*, uredniki Lumsden C.J., Brandts W.A., Trainor L.E.H., World Scientific Publishing Co., Singapore, pp. 11-16.