

Dr. Mojca Čepič, Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani

## KAKO PRENESTI NARAVO V UČILNICO?

### UVOD

Naravni pojavi, ki jih učenci srečujejo v vsakodnevnem življenju, so odlična motivacija pri naravoslovnih predmetih. Žal so po navadi kompleksni in je za njihovo razumevanje treba poznati, dobro razumeti in preplesti različne naravoslovne vsebine. To navadno presega učencevo znanje in izkušnje. Če vztraja na obravnavi naravnega pojava, se mora učitelj zateči k filmom in fotografijam, da ne izhaja iz nepreverljivih spominskih izkušenj učencev. Možna pa je seveda tudi druga pot. Učitelj lahko uporabi model, ki ga pokaže v razredu ali, še bolje, ki ga učenci lahko uporabijo pri praktičnem delu. Z modelom naravnega pojava učencem omogoči pridobivanje izkušenj v zvezi s pojavom samim, dober model pa omogoči tudi samostojno ali vodeno raziskovanje modela in posledično naravnega pojava.

V fizikalnem izobraževanju in fiziki sploh ima beseda »model« več pomenov. S filozofskega stališča je celotna znanost, torej poskusi raziskovalcev, da razložijo naravne pojave, le model narave in pojavov v njej. Ta »znanstveni model« narave sestavljajo ubesedene razlage in njihove grafične predstavitve, kot so npr. modeli molekul ali njihove grafične predstavitve, v fiziki, elektrotehniki in tudi drugje pa se razlagam pridružujejo še matematični zapisi, ki omogočajo kvantitativne napovedi in primerjave z meritvami. Napovedi fiziki preverjajo z meritvami in pomembne kompleksne razlage, ki jih z meritvami ni bilo mogoče ovreči, so včasih pridobile poimenovanje »teorija« npr. Einsteinova relativnostna teorija. Dokler v fiziki vzrokov za pojave ne razumemo, postavljamo hipoteze, ki jih preverjamo z eksperimenti. Obe besedi: »teorija« in »hipoteza« imata v javnosti slabšalen prizvok. V javnem izražanju beseda »teorija« predstavlja nekaj, čemur je mogoče nasprotovati, saj naj bi izražala le šibko podprto mnenje strokovnjakov, beseda »hipoteza« pa ima sploh pomen »fantazije« oziroma nečesa, o čemer so ljudje samo premišljevali, nadaljnjih korakov preverjanja pa še ni bilo. Tudi v različnih znanostih imata obe besedi nekoliko drugačen pomen kot v naravoslovnih znanostih. V družboslovju je precej pogosta raba besede »teorija« v smislu nečesa, kar povzema določena spoznanja in omogoča raziskovalcem oblikovanje preverjanj teorije. Tako se v družboslovju pogosto eksperiment interpretira kot »potrjevanje« teorije. V naravoslovnih znanostih s poskusi ne preverjamo teorij, s poskusi poskušamo različne lastnosti izmeriti, iskati njihove soodvisnosti in podobno. Če rezultati niso v skladu s teorijo, potem je treba najprej razmisliti o merilnih postopkih, o vseh mogočih okoliščinah, ki vplivajo na izid poskusa, poskuse ponoviti in šele

tedaj začeti razmišljati o morebitni omejeni veljavnosti ali celo neveljavnosti teorije. Nekaj, kar si je v dolgotrajnih preverjanjih prisluzilo naziv »zakon« ali »teorija«, je bilo namreč že zelo zelo temeljito preverjeno. Tako so se v začetku prejšnjega stoletja pojavili dvomi o veljavnosti Newtonove mehanike pri hitrostih, primerljivih s svetlobno. Newtonove zakone so zato nadgradili z Einsteinovo relativnostno teorijo. Še vedno pa se moramo zavedati, da so zakoni in teorije samo modeli narave, ki jih je mogoče ovreči, ni pa jih mogoče potrditi kot pravilne. Le en sam poskus je lahko dovolj, da dolgotrajno uveljavljen model (teorija) ne velja več, množica poskusov, katerih rezultati so bili vsi v skladu z napovedmi teorije (modela), pa so verjetnost za veljavnost modela samo povečevali, niso pa teorije potrdili, kaj šele dokazali njene veljavnosti.

V tem prispevku pa se nameravamo posvetiti še eni vrsti modela, to je modelu kompleksnega naravnega pojava, ki ga lahko postavimo v razred ali celo pred učenca na klop in s katerim je mogoče eksperimentirati, tj. nadzorovano spreminjati okoliščine, ki na pojav vplivajo. Tega po navadi v naravi ne moremo. V nadaljevanju se bomo podrobneje posvetili kriterijem, ki jim mora oblikovanje modela zadostiti. Razmislili bomo o izhodiščih, o katerih je ob oblikovanju modela treba razmisliti, in nazadnje bomo postopek oblikovanja modela pokazali na primeru – na modelu drevesa in transporta vode v njem.

### OBLIKOVANJE MODELA NARAVNEGA POJAVA

Današnjemu poučevanju učenci pogosto bolj ali manj upravičeno očitajo, da je od vsakdanjega življenja odmaknjeno. Pouk je namreč omejen v stroge urne postavke in kratke časovne enote, ki po navadi ne omogočajo resnih refleksij o izkušnjah iz vsakdanjega življenja, kaj šele pridobivanja izkušenj v okolju in naravi. Pri tem nočem reči, da učitelji pouka ne poskušajo povezovati z vsakdanjim življenjem, vendar se moramo zavedati, da samo verbalno opominjanje učencev na njihove izkušnje pogosto ne doseže zaželenega učinka. Učitelj namreč učencem omeni določene izkušnje, ki jih ima navadno sam, ni pa rečeno, da jih imajo tudi učenci, prav tako ni rečeno, da so te izkušnje med mnogimi izkušnjami, ki jih imajo, po besednem opisu sploh prepoznali. Naj samo omenim, da današnjim otrokom težko ponazorimo smeri levega in desnega vijaka z odvijanjem in privijanjem pip, ker ima večina učencev doma enoročne pipe. Večina nima izkušenj z veliko lopato ali samokolnico, zato jim te izkušnje pri obravnavi vzvoda ne bodo v korist. Nasprotno pa morda učenci o novih tehnikah smučanja

vedo veliko več kot učitelj in njegovi opisi dogajanj ne bodo več v skladu z izkušnjami učencev.

Sploh je učitelj na najbolj varni strani, če poskrbi za naslednje: kot izhodiščno motivacijo za obravnavo vsebin uporabi naravni pojav. Le-tega pokaže bodisi na fotografiji bodisi s filmom in ob tem z učenci razčisti različne pojme, pri katerih bi lahko prišlo do nesporazumov. Ob tem vpelje tudi poimenovanja in povezave z znanjem, pridobljenim v preteklosti ali pri drugih predmetih, če je to potrebno. Pred obravnavo temeljnih vsebin poskrbi za pridobivanje izkušenj.

Ko želimo naravni pojav ponazoriti z modelom, se moramo osredotočiti na »oskubljen« pojav, ki ga želimo z modelom analizirati. Bistvena prednost modela je v izolaciji in poudarku le nekaterih vplivov na dogajanje. Kaj mislim z »oskubljenostjo«, bo ilustrirano v nadaljevanju ob konkretnih primerih.

Model, ki ga zgradimo, izhajajoč iz naravnega pojava, mora slediti nekaterim pravilom:

- a) Model naj, če je le mogoče, temelji na istih vzrokih kot naravni pojav sam (npr. kadar je temelj pojava lom svetlobe, ne smemo uporabiti modela, ki temelji na odboju).
- b) Model lahko temelji na analognih pojavih, vendar mora analogija biti jasno razvidna (npr. znane analogije med vodnimi in električnimi tokovi, pa tudi znani dvomi o njihovi uspešnosti).
- c) Z modelom mora biti mogoče eksperimentalno korektno pokazati za pojav značilna dogajanja, semikvantitativne zveze in podobno.
- č) Uporabljeni strokovni temelji ne smejo presegati znanja učencev v trenutku obravnave pojava in njegovega modela. Kadar model prispeva k nadgradnji obstoječega znanja, mora biti znano, katere koncepte bodo učenci ob predstavitvi modela usvojili.

## MODEL TRANSPORTA VODE V DREVESIH

V nadaljevanju si oglejmo oblikovanje konkretnega modela kompleksnega naravnega pojava: transporta vode v drevesih. Model ilustrira vzroke za pretok vode od korenin navzgor proti listom dreves. Pojav je zelo počasen. Pretakanje vode od korenin navzgor poteka povsod okoli nas. Tega se zavedamo samo posredno, pojava samega ne opazimo, za njegov obstoj izvemo iz učbenikov in člankov. Pa vendar, če razmislimo o potrebah drevesa, njegovih živih delov, dogajanjih ob suši in tako dalje, se tega zavemo. Podrobnejšo razlago o dogajanjih priskrbijo biologi, a še vedno se zaradi abstraktnosti razlage učencem pogosto samo vtisnejo v spomin z namenom reprodukcije pri preverjanju znanja. V nadaljevanju predlagamo izdelavo umetnega drevesa, ki pokaže, da transport vode v drevesu poteka sam od sebe. (1)

Drevesa rastejo povsod okoli nas. Drevo korenini v zemlji, nad njo se pne deblo, ki se više in više veji bolj in bolj, na vejah pa rastejo po navadi zeleni listi. Kaj potrebuje list za svojo rast in obstoj? Hrano in kisik za dihanje.

Kot vsako živo bitje. Kisik je okoli njega v zraku. Hrano si izdelava s fotosintezo sam. Za fotosintezo potrebuje troje: svetlobo, ogljikov dioksid in vodo. Svetloba pada na list podnevi, ogljikov dioksid je v zraku okoli njega, le vodo je treba prečrpati iz tal. Kako torej voda teče navzgor? Biologi so zadeve podrobno raziskovali. Izkazalo se je, da voda teče navzgor po delu lesa tik pod lubjem, ki pa ni več živ, saj so veje ohranjale žive liste tudi, če so jih olupili. Se pravi, k transportu vode navzgor ne morejo pomagati aktivnosti živega tkiva. Temeljiti mora na procesih, ki so na razpolago tudi v neživih strukturah. Domislimo se lahko le treh: kapilarnega dviga, osmoze in kot zadnjega, nekako najmanj očitnega, izhlapevanja.

Ksilemske cevi, po katerih teče voda navzgor, so v preseku debele od 100 do 200 mikrometrov. Kapilarni dvig lahko v ceveh tolikšne debeline doseže samo 3 metre. Drevesa pa so mnogo višja.

Tudi osmoza je problematična. Osmotski tlak zaradi razlike v koncentracijah sladkorja, ki se nahaja v koreninah in v zemlji okoli njih, lahko znaša tudi 60 barov, kar zadošča za dvig vode 600 m visoko. A s stališča rastline je izjemno energetsko zahtevno vzdrževanje razlike v koncentracijah, saj voda, ki iz zemlje prodre v korenine, koncentracijo sladkorja zmanjša. Če bi bila osmoza gonilo za transport vode, bi morala rastlina s fotosintezo zagotoviti mnogo večjo produkcijo sladkorja za vzdrževanje razlike v koncentracijah med koreninskim sistemom in vlažnim okoljem korenine, kot se to dogaja v naravi. Zdi se, da igra pomembno vlogo osmoza samo spomladi, da napolni cevi, po katerih se pozneje pretaka voda v liste in priskrbi prvo hrano ob razvoju zgodnjih pomladanskih listov.

Preostane torej le izhlapevanje. Osmoza požene vodo v popke dreves spomladi. Ko se listi dreves razvijejo, ukripljene površine vode v medceličnem tkivu, kjer so radiji ukripljenosti mnogo manjši kot v samih ceveh v steblo, zadržijo vodo, da ne odteče nazaj. Iz teh istih površin voda tudi izhlapeva in s tem povzroča podtlak, ki vleče navzgor po ceveh za fotosintezo potrebno vodo.

Da je izhlapevanje res proces, ki lahko zagotovi pretok vode po ksilemskih ceveh, pokažemo z modelom drevesa (slika 1). Ker transport vode poteka po mrtvem drevesnem tkivu, ga lahko nadomestimo z umetnimi materiali. Ksilemske cevi nadomestimo s plastičnimi, vlažno zemljo s posodo, polno vode, in povečano površino lista z lijakom, pokritim s polprepustno membrano. Voda namreč v list priteka in iz njega izhlapeva, zrak iz okolja pa v notranjost lista ne vdira. Podobne lastnosti ima tkanina Goretex, ki v eno smer vode ne prepušča. Z njo pokrijemo površino lijaka in tako povečamo površino, iz katere voda izhlapeva, glede na presek cevi tudi nekaj deset- do stokrat (slika 1 b).

Površina listov drevesa (slika 1 a) je v primerjavi s skupnim presekom drevesnih cevi, po katerih se pretaka voda, seveda mnogo večja, a prav zato govorimo samo o »oskubljenem« modelu. Umetno drevo izključuje druge vzroke pretoka: ker so cevi debele, ne more biti vzrok kapilarni vlek, ker je tako v rezervoarjih kot v cevi le voda,

Slika 1: Simbolična predstavitev drevesa in njegovih delov (a) ter umetni analogi: list (b), korenine in zemlja okoli njih (c) in celo umetno drevo (č).



osmoza na pretok ne more vplivati. Preostane torej le še izhlapevanje.

Umetno drevo, oskubljeno najrazličnejših vplivov, kot so rast drevesa in druge okoliščine, omogoča načrtovane raziskave vplivov različnih zunanjih okoliščin npr. temperature in vlažnosti zraka na pretok vode iz korenin v liste.

Rezervoar vode (slika 1 c) postavimo na digitalno tehtnico in tehtnico prek vmesnika priključimo na računalnik. Ker ima rezervoar na vrhu manjšo odprtino, skozi katero izhlapi nekaj vode, potrebujemo za natančnejšo meritev še primerjalni rezervoar, v katerem na enak način merimo količino vode. Cev in lijak napolnimo z vodo, odprti konec cevi potopimo v rezervoar, »list« pa dvignemo na stojalo, kot kaže slika 1 b. Umetno drevo je postavljeno. Preostane nam le zasledovanje (in načrtno spreminjanje) okoliščin, npr. temperature prostora.

Zmanjševanje vode v rezervoarju je posledica izhlapevanja na površini »lista«. Masni tok zaradi izhlapevanja je odvisen predvsem od relativne vlažnosti v neposredni bližini površine. Če vklopimo ventilator (slika 1 b, pod »listom«), je vlažnost ob površini tako rekoč enaka vlažnosti v prostoru. Če tega ne storimo, je vlažnost ob površini »lista« večja, a še vedno je odvisna od vlažnosti v prostoru. S hkratnim merjenjem temperature in vlažnosti so rezultati

še bolj zanimivi. Kot primer si oglejmo eno od meritev.<sup>1</sup>

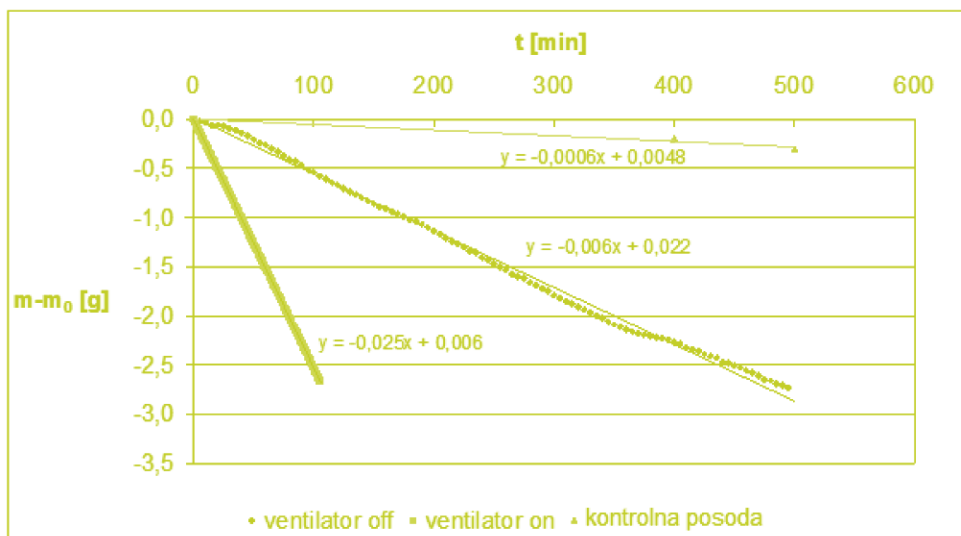
Na sliki 2 vidimo, da se masa v vseh treh rezervoarjih s časom zmanjšuje. Na zmanjševanje vplivata površina, skozi katero voda izhlapeva (primerjava rezervoarja brez »drevesa« in z njim), ter vlažnost zraka ob površini (»list« brez ventilatorja in z njim). Na sliki 3 vidimo še vplive na masni tok. Ko se je v prostoru znižala temperatura zaradi odsotnosti kurjave čez vikend, se je zvišala relativna vlažnost in posledično zmanjšal masni tok zaradi izhlapevanja.

Umetno drevo, ki je model pravega drevesa, omogoča študij vplivov izhlapevanja skozi liste na transport vode od korenin navzgor. Ob opazovanju živega drevesa so meritve mnogo zahtevnejše, kontrola okoliščin pa skorajda nemogoča, vsaj v izobraževalne namene. Umetno drevo pa razlage dogajanj ponazarja relativno preprosto.

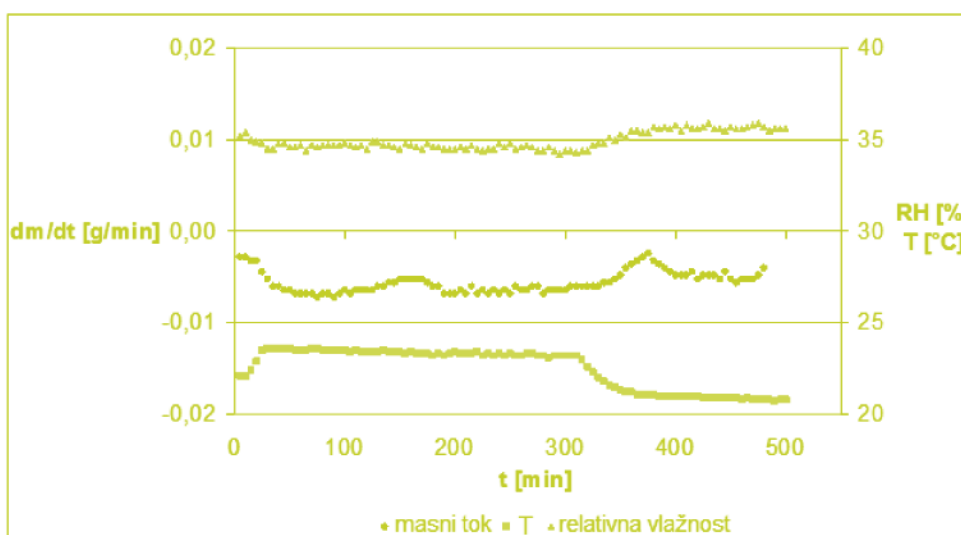
## SKLEP

Oblikovanje modela kompleksnega naravnega pojava ni preprosta naloga. Za začetek moramo kompleksnost pojava dobro razumeti, se znati odločiti, katerim okoliščinam se je v modelu mogoče odpovedati, katere okoliščine pa velja poudariti in z modelom njihov vpliv raziskovati. Oblikovanje modela je podrobneje obravnavano ob

Slika 2: Odvisnost mase od časa za kontrolni rezervoar, za rezervoar ob izklopljenem in vklopljenem ventilatorju.



Slika 3: Masni tok (zmanjševanje mase v rezervoarju na časovno enoto), temperatura v prostoru in relativna vlažnost v odvisnosti od časa. Masni tok ima negativen predznak, saj se masa v rezervoarju zmanjšuje.



transportu vode od korenin k listom v drevesih. Živo drevo je mogoče modelirati iz umetnih materialov in pokazati,

da transport vode od korenin k listom lahko poteka brez aktivnega sodelovanja rastline.

## LITERATURA

1. Susman Katarina, Razpet Nada, Čepič Mojca (2011). Modelling water transport in high trees, Phys. Ed.

## POVZETEK

Kompleksne naravne pojave je mogoče podrobneje raziskovati s poskusi na modelih, ki te naravne pojave predstavljajo. Članek prikazuje, kako zasnovati model naravnega pojava, katerim kriterijem mora model ustrezati, da omogoča raziskavo pojava samega in kako model uporabiti pri pouku. Kot primer oblikovanja modela in njegove uporabe je obravnavan model transporta vode v visokih drevesih.

**Ključne besede:** modeli, transport vode, izhlapevanje