



Razvijanje generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih v okviru obravnave dinamičnih sistemov pri predmetu Naravoslovje in tehnika v 4. in 5. razredu OŠ

dr. Vladimir Grubelnik

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru

dr. Marko Marhl,

Pedagoška fakulteta, Univerza v Mariboru

Uvod

Gradivo je namenjeno proučevanju, kako lahko obravnava dinamičnih sistemov pri predmetu Naravoslovje in tehnika v 4. in 5. razredu OŠ vpliva na razvoj nekaterih generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih. Proučevanje dinamičnih sistemov je namreč ključnega pomena za razumevanje dinamike kompleksnih naravnih sistemov, kot je na primer padanje teles, kroženje vode v naravi, pretvarjanje sončne energije v druge oblike energije, razni prehranjevalni spleti, in še bi lahko naštevali.

Naš namen je predstaviti možnosti prenosa obravnave dinamičnih sistemov na nižje stopnje izobraževanja, pri čemer bi bil omogočen razvoj generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih, ki si jih bomo podrobneje ogledali v nadaljevanju. Izpostavili bomo tako imenovano sistemsko mišljenje, ki je ključnega pomena za razumevanje dinamičnih sistemov. Poseben poudarek bomo dali vizualizaciji obravnavanih primerov, kjer bomo izpostavili tako imenovane vzročno-posledične diagrame, ki v teoretičnem smislu ponazarjajo vplive med posameznimi deli sistema oziroma eksperimenta. Eksperimentalno delo ima pri tem še poseben pomen, saj je ravno eksperiment tisti, ki priča o verodostojnosti posameznih modelov, ki opisujejo obravnavani dinamični sistem. Pri tem velja izpostaviti predvsem postopno izgradnjo modelov, kjer posamezne dele sistema sestavljamo na osnovi medsebojnih vplivov, ki jih ugotovimo na osnovi eksperimentalnih rezultatov. Kot primer takšne obravnave bomo izpostavili model kroženja vode v naravi, ki ga bomo podrobneje predstavili v nadaljevanju.

Predvsem nas zanimajo prednosti problemsko zastavljenega pouka s poudarkom na procesnih znanjih, kjer v smislu systemskega mišljenja učenec sam pride do posameznih odnosov med količinami, ki določajo stanje sistema. Velik poudarek dajemo tudi eksperimentalnemu delu, saj nam eksperimentalni rezultati omogočajo vpogled v verodostojnost modela, ki opisuje relacije med posameznimi deli obravnavanega sistema. Prednosti iščemo v smislu razvoja generičnih kompetenc, kjer se osredotočimo na učenčevo sposobnost zbiranja informacij, sposobnost analize in organizacije informacij, sposobnost interpretacije in sinteze sklepov, sposobnost učenja in reševanja problemov ter prilagajanje novim situacijam.



Raziskava bo potekala v dveh kontrolnih skupinah oziroma razredih petega razreda osnovne šole pri predmetu Naravoslovje in tehnika. V obeh kontrolnih skupinah se bo obravnaval pojav kroženja vode v naravi, ki ga bomo podrobneje opisali v nadaljevanju, tako v teoretičnem kot praktičnem delu. V eni izmed skupin se bo izvedla klasična frontalna ura pouka, kjer so učenci zgolj v vlogi poslušalca. V drugi skupini pa bo potekal problemsko zastavljen pouk, kjer učenci igrajo aktivno vlogo v smislu reševanja problemsko zastavljenih situacij, ki so podkrepljene z eksperimentalnim delom. Poudarek pri tej uri je na vizualizaciji posameznih dogajanj z eksperimentalnim delom in prikazom vzročno-posledičnih diagramov, ki ponazarjajo odnose med posameznimi deli dinamičnega sistema. Podrobneje bo potek učne ure opisan v nadaljevanju.

TEORETIČNI DEL

Razvoj generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih

V nadaljevanju je narejen pregled generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih (tabela 11), med katerimi bomo izpostavili tiste, katerih razvoj bomo proučili na osnovi obravnave dinamičnih sistemov. Pri tem gre za proučevanje, kako vpliva razvoj tako imenovanega sistemskega mišljenja v kombinaciji z eksperimentalnim delom na razvoj nekaterih generičnih kompetenc.

	Generične kompetence pri naravoslovnih predmetih:
GK1	spodobnost zbiranja informacij,
GK2	spodobnost analize in organizacija informacij,
GK3	spodobnost interpretacije,
GK4	spodobnost sinteze sklepov,
GK5	spodobnost učenja in reševanja problemov,
GK6	prenos teorije v prakso,
GK7	uporaba matematičnih idej in tehnik,
GK8	prilagajanje novim situacijam,
GK9	skrb za kakovost,
GK10	spodobnost samostojnega in timskega dela,
GK11	organiziranje in načrtovanje dela,



GK12	verbalna in pisna komunikacija,
GK13	medosebna interakcija
GK14	varnost

Tabela 1: Generične kompetence pri naravoslovnih predmetih

GK 1: Sposobnost zbiranja informacij

Pri proučevanju dinamičnih sistemov je ključnega pomena sposobnost zbiranja informacij. Učenec namreč mora glede na podane pogoje oziroma vhodne parametre biti sposoben beležiti oziroma zbirati izhodne rezultate, da lahko z njimi ugotovi dinamiko posameznih delov sistema. To lahko počne na kvalitativnem nivoju, kjer dobi vpogled v vedenje dinamičnega sistema, npr. s povečevanjem vrednosti nekega vhodnega parametra, ali pa na kvantitativnem nivoju, pri čemer učenec izpisuje vrednosti posameznih parametrov in rezultate zapiše v tabelo ali nariše diagram.

GK 2: Sposobnost analize in organizacija informacij

Numerični podatki in kvalitativni opisi dinamičnih sistemov lahko omogočijo učencu primerjavo s podatki in opisi v drugih virih (učbeniki, revije, medmrežje, znanstveno-popularne oddaje na televiziji). Še posebej pa je pri tem pomembna primerjava z eksperimentalnimi rezultati, ki jih dobi učenec na osnovi eksperimentiranja. Primerjava rezultatov mu omogoča iskanje napak in iskanje modelov, ki verodostojno opišejo posamezne naravne pojave.

GK3 in GK4: Sposobnost interpretacije in sinteze sklepov

Obravnava dinamičnih sistemov zelo dobro omogoča krepitev sposobnosti interpretacije dogajanj. Ko učenec v obravnavanemu problemu oziroma sistemu sam dodaja in odvzema posamezne vplive na modelni sistem, si celoten sistem bolje pomeni in ga razume. Gre tudi za interpretacijo rezultatov matematičnega modela v smislu primerjave z rezultati zares izvedenega šolskega eksperimenta. Pri tem so pomembni končni rezultati oziroma sinteze sklepov, ki dajejo učencu vpogled v odnose med posameznimi fizikalnimi količinami, ki opisujejo stanje sistema.

GK 5 in GK 8: Sposobnost učenja in reševanja problemov ter prilagajanje novim situacijam

Učenec se s kombinacijo poskusa, matematičnega modela in učiteljeve interakcije zelo veliko nauči. Na osnovi opazovanja rezultatov glede na



spreminjanje vhodnih parametrov pa pridobi tudi sposobnost učenja in prilagajanja novim situacijam. Pri tem je pomembno tudi iskanje tako imenovanih minimalnih modelov, ki so preprosti, vendar še vedno dobro opišejo dani dinamični sistem. Tako se učenec nauči osnovnih principov sistema, kar mu omogoča prenos znanja tudi na reševanje drugih problemov.

GK 6: Prenos teorije v prakso

Ker se v vsakdanjem življenju veliko srečujemo z dinamičnimi sistemi, daje njihova obravnava precej možnosti prenosa teorije v prakso. Kot primer omenimo pretakanje tekočin, s čimer se srečujemo v različnih dejavnostih: v industriji (pretok vode skozi čistilne naprave), gospodinjstvu (pretok vode skozi vodovodni sistem in pri centralni kurjavi, vključno z opisom nevarnosti za zamašitev delov napeljave in ustreznimi nasveti), energetiki (pretok vode skozi hidroelektrarno, vključno s študijem vpliva HE na nivo vode pred njo in za njo), meteorologiji, športu (relativno gibanje vode okrog plavalčevega telesa; kaj je boljše: ali je bolj ali manj potopljen med plavanjem), medicini (pretakanje krvi), itd. Obstaja tudi veliko simulacij nihajočih sistemov, ki se pojavljajo prav na vseh področjih življenja.

Obravnava dinamičnih sistemov

V vsakdanjem življenju imamo navadno opravka z zelo kompleksnimi dinamičnimi sistemi, ki zahtevajo od nas posebej skrbno obravnavo. Kompleksnost sistemov je predvsem v zapleteni dinamiki, zato analiza dinamike sistemov zahteva, da jasno definiramo sistem, ga razgradimo na posamezne dele in proučimo vsa ključna dogajanja in zveze med deli sistema, nato pa vse dele sistema smiselno povežemo v celoto, ki ji pravimo model. Model pomeni bodisi kvalitativen bodisi kvantitativen opis odnosov med posameznimi segmenti sistema, oziroma proučevanje zunanjih vplivov na sistem. Pri obravnavi dinamičnih sistemov oziroma izgradnji modelov v šoli je poudarek predvsem na sami izgradnji modela, ne pa toliko na rezultatu oziroma končnemu modelu, s katerim simuliramo obravnavan sistem. Končni model oziroma simulacija modela ima zgolj vlogo povratne informacije o relevantnosti modela. Takšen način dela omogoča boljše razumevanje obravnavanih sistemov, hkrati pa pripomore k učinkovitem reševanju problemov.

Prenos obravnave dinamičnih sistemov na področje izobraževanja

Proučevanje dinamičnih sistemov se je v zadnjih desetih letih močno uveljavilo tudi na področju izobraževanja, še posebej pri poučevanju naravoslovja v izobraževalnih sistemih ZDA, Nemčije in Avstrije (Schecker, 1998; Feurzeig in Roberts, 1999; Hupfeld, 2005). O tem pričajo številne



raziskave o uporabi modeliranja pri pouku naravoslovnih vsebin (Schecker, 1993; 1996; Gerdes in Schecker, 1998; Schecker, 1999) ter vključenost modeliranja v nekatere tuje učbenike (Mathelitsch, 1991; Bredtauert et al., 1999). Poudarjen je prenos primerov iz vsakdanjega življenja v pouk, kar zmanjšuje razkorak med teorijo in realnim eksperimentom, ki je v izobraževanju velikokrat prisoten (Raw, 1999; Schecker, 1996; Schecker, 1998; Leisen, 1999). Zaradi kompleksnosti naravnih sistemov v izobraževanju prevečkrat obravnavamo poenostavljene sisteme. To velja še posebej za nižje stopnje izobraževanja, kjer se učenci rešitve učijo na pamet in jih ne razumejo, ker običajno ne sovpadajo z realnim eksperimentom.

Z uvajanjem načina dela, ki ga pogojuje modeliranje oziroma tako imenovano sistemsko mišljenje, pa se kompleksnosti ni potrebno bati, saj nam ravno ta način dela omogoča, da naučimo učenca razgradnje problema in smiselne sestave posameznih delov v ustrezno celoto, ki jo imenujemo model. Na nižji stopnji izobraževanja je predvsem pomemben kvalitativni pristop pri proučevanju zvez med posameznimi količinami. Ta pa je temeljnega pomena za razvijanje sistemskega mišljenja in omogoča obravnavo nekaterih ključnih primerov naravnih sistemov, ki jih srečujemo že v osnovni šoli. V naših prejšnjih prispevkih smo analizirali nekatere primere takšne obravnave v osnovni šoli, kot je kroženje vode v naravi (Grubelnik et al., 2003a), padanje teles z upoštevanjem zračnega upora (Marhl in Grubelnik, 2001; Grubelnik et al., 2003b) ter populacijski modeli (Grubelnik et al., 2004; 2006). Pri obravnavi teh primerov je pomembna predvsem vizualizacija oziroma predstavitev problema, ki ima na nižji stopnji izobraževanja še poseben pomen. Poudarjen je predvsem kvalitativni opis naravnih pojavov oziroma tako imenovano sistemsko mišljenje (Ossimitz, 2000a; 2000b), ki ga lahko kasneje na višji stopnji dopolni še matematični opis relacij med količinami (matematični model).

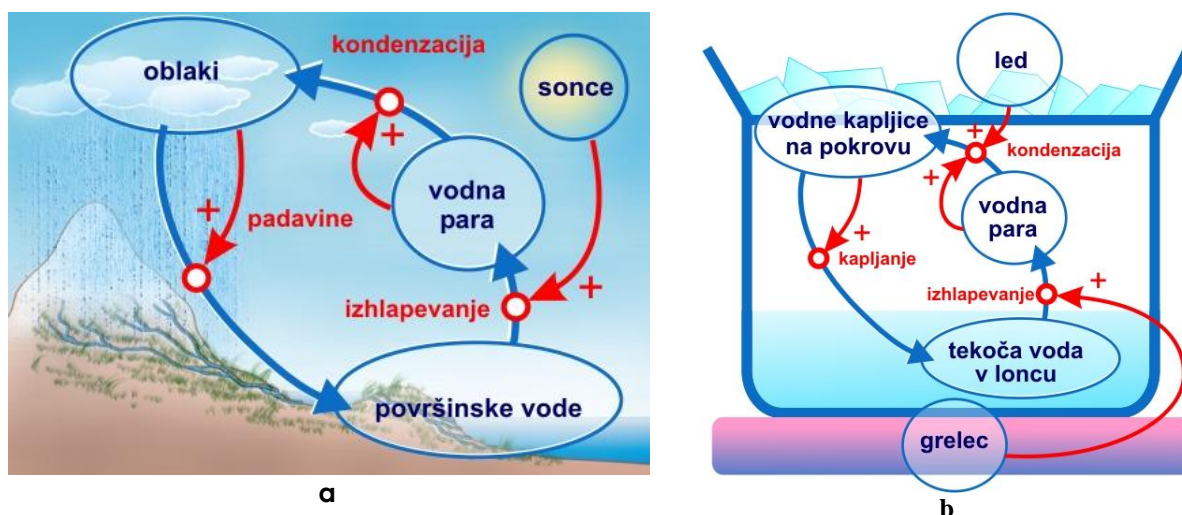
Primeri uporabe sistemskega mišljenja na primeru kroženja vode v naravi

Pomen kvalitativnega modeliranja za razvijanje sistemskega mišljenja si oglejmo na primeru kroženja vode v naravi. Primer je aktualen, saj ga zasledimo v učnem načrtu predmeta Naravoslovje in tehnika v 5. razredu devetletne osnovne šole, pri čemer se učenci že predhodno seznaniijo s posameznimi zgledi kroženja vode v naravi.

Na osnovi predznanja in izkušenj učenec s postopnim dodajanjem posameznih komponent znotraj sistema gradi model, pri čemer velja omeniti, da je v smislu izgradnje minimalnega modela težnja po vključevanju minimalnega števila posameznih komponent v model, pri čemer model še zadovoljivo opiše obravnavan realen sistem. Pri tem je za razumevanje pomembna predvsem vizualizacija obravnavanih primerov, ki jo dosežemo s tako imenovanimi »vzročno-posledičnimi diagrami«. Ti nakazujejo odnose med posameznimi členi znotraj sistema. Z diagrami jasno opredelimo posamezne dele sistema ter s puščicami označimo vplive posameznega

člena na druge člene v sistemu. Z znakoma (+, -) označimo vpliv povečevanja oziroma zmanjševanja števila oziroma kvantitete posameznega člena.

Na sliki 1 lahko vidimo dva zgleda vzročno-posledičnih diagramov, ki ponazarjata odnose med posameznimi količinami v sistemu kroženja vode v naravi in pri kroženju vode v zaprti posodi. Velja omeniti, da pri prikazu vzročno-posledičnih diagramov oziroma pri izgradnji modela, ki opiše dinamiko obravnavanega sistema, damo poudarek na sam postopek izgradnje modela. V konkretnem primeru gre za proučevanje posameznih pojavov v sistemu, kot so: padavine, stekanje, izhlapevanje, dviganje toplega in vlažnega zraka ter kondenzacija. Pri tem ima pomembno vlogo eksperimentiranje, kjer učenec na osnovi eksperimentalnih rezultatov ugotavlja vplive na posamezne pojave pri kroženju vode v naravi.



Slika 1: Vzročno posledična diagrama, ki ponazarjata odnose med posameznimi deli v sistemu: a) kroženje vode v naravi; b) ponazoritev kroženja vode v naravi s kroženjem vode v zaprti posodi

Na osnovi opazovanja dinamike sistema oziroma rezultatov eksperimentov, ki ponazarjajo odnose med posameznimi deli sistema, lahko omenjen model po potrebi tudi nadgradimo. Kot primer lahko omenimo vpliv hribov na kondenzacijo vodne pare in s tem razložimo, zakaj v hribovitih predelih pogostejše dežuje. Vključimo lahko tudi vpliv gozdov na izhlapevanje, saj rastline precej pripomorejo k izhlapevanju vode (slika 2).



Slika 2: Vzročno-posledični diagram, ki ponazarja posamezne vplive (sonce, gozdovi, gore,) na kroženje vode v naravi

Iz omenjenega primera lahko vidimo, da je za vizualizacijo dinamike sistemov v naravi zelo primerna uporaba vzročno-posledičnih diagramov, ki ponazarjajo posamezne dele sistema ter jasno nakazujejo njihove medsebojne odnose. Uporaba vzročno-posledičnih diagramov, ki prikazujejo kvalitativne odnose med deli sistema, je primerna že na razredni stopnji izobraževanja, na predmetni stopnji osnovne šole oziroma na višji stopnji izobraževanja pa lahko omenjene kvalitativne odnose nadgradimo še s posameznimi matematičnimi relacijami.

Kroženje vode v naravi

V tem poglavju je podrobneje opisano kroženje vode po posameznih fazah, od padavin in stekanja vode proti morju do izhlapevanja in kondenzacije. Ker je za razumevanje kroženja vode v naravi pomembno poznati lastnosti vode (pomen temperature pri spreminjanju agregatnega stanja vode, sestava vode...), so pred posameznimi pojavi kroženja vode podrobneje razložene še lastnosti vode.

Voda kot snov

Voda je brezbarvna, prozorna tekočina (kapljevina), ki je življenjskega pomena za vsa živa bitja. Dve tretjini teže našega telesa sestavlja voda. Ljudje jo dobimo s hrano in pijačo, izločimo pa s sečem, dihanjem in znojem. Podobno velja za mnoge živali. Rastline jo vsrkavajo skozi korenine in oddajajo skozi liste. Ker so v vodi raztopljene razne snovi, tudi te krožijo skozi živa bitja in jim omogočajo razvoj in življenje (Šorgo idr., 2002, str. 41).

Voda je kemična spojina dveh elementov, vodika in kisika. Vsak osnovni delec (molekula) vode je sestavljen iz dveh atomov vodika in enega atoma kisika. To velja za vsa agregatna stanja vode: za kapljevino, plin in trdno vodo (led). Isto velja tudi za umazano vodo ali za vodo v živih bitjih. Če je voda



umazana, to pomeni le, da so med molekule vode pomešani kosi druge snovi ali pa druge molekule.

Ko pomislimo na vodo, najprej pomislimo na obliko, s katero se srečujemo vsak dan: voda iz pipe, voda v kozarcu, voda v potočkih in jezerih, voda v morju, voda v rosnih in dežnih kapljicah. Taki vodi pravimo tekočina oziroma kapljevina, ker tvori kaplje. Voda je lahko tudi v trdni obliki. Takrat jo imenujemo sneg, led ali pa še kako drugače: na primer slana, ivje, toča. Trdno obliko vode povezujemo z mrazom. Voda zmrzuje okoli temperature nič stopinj Celzija; pravzaprav je ničla Celzijeve skale določena s temperaturo, pri kateri zmrzuje voda. Tretja oblika vode je plin. Tudi plinaste oblike vode je vse polno okoli nas, le da jo navadno komaj opazimo. Zrak je mešanica različnih plinov in vedno je v njem tudi nekaj vodne pare – vode v plinasti obliki. Tudi v najbolj suhem zraku nad puščavami je nekaj vode. V takih razmerah je dovolj le majhna sprememba, na primer ohlajitev, in že se voda izloči iz zraka v obliki majhnih kapljic. Voda zlahka prehaja iz enega agregatnega stanja v drugo: iz plinastega v tekoče, iz tekočega v trdno, iz plinastega v trdno, pa tudi v obratnih smereh.

Voda na tleh (morja, jezera, reke) je tudi življenjski prostor mnogih rastlin in živali. V njej lahko živijo stalno (alge, ribe...) ali občasno (žabe, želve...). Vodo uporabljamo za pitje in kuhanje, pa tudi za umivanje, pranje in industrijsko proizvodnjo. Posebno v industriji se voda pogosto močno onesnaži. Onesnaženi tovarniški iztoki onesnažijo reke in podtalnico, te pa morja, zato je pomembno, da onesnaženo vodo primerno očistimo pred izpustom nazaj v naravo. Pomembno je, da vode zaščitimo pred preveliko in nepotrebno porabo in pred onesnaževanjem. Zdrava voda je vse bolj cenjeno naravno bogastvo. Treba je zagotoviti redno oskrbo z vodo za ljudi, živali in rastline. Potrebujemo torej varčno in pretehtano trajno gospodarjenje z vodo.

Padavine

V naravnem zraku je vedno nekaj vode, največ v obliki nevidnega plina vodne pare. Vlažen zrak je pomemben za živa bitja, saj presuh zrak povzroča težave pri dihanju, suši sluznico, rastline ovenijo itd. Voda je v zraku tudi v obliki drobnih vodnih kapljic ali ledenih kristalčkov, ki se kažejo kot megla ali oblaki. V ogretem in bolj suhem zraku vodne kapljice ali kristalčki izhlapijo v nevidno vodno paro, zato megla ali oblaki izginejo. V ohlajenem ali prevlažnem zraku pa se vodne kapljice spet pojavijo. Voda v ozračju tako pogosto spreminja svojo obliko in s tem ustvarja del vremenskih sprememb (Ocepek, Smolej in Petkovšek, 1999, str. 87).

Vse oblike kondenzirane vodne pare, ki se pojavljajo na zemeljski površini ali atmosferi v tekočem ali trdnem stanju, imenujemo padavine. Te se lahko pojavljajo neposredno na zemeljski površini ali pa na tleh, oziroma na posameznih predmetih na njej. V to skupino prištevamo predvsem naslednje padavine: roso, slano, ivje, poledico itd. Lahko pa se zbirajo v oblakih in iz njih



padajo na zemeljsko površino. V to skupino

uvrščamo v glavnem dež, sneg, babje pšeno, sodro, točo itd.

Znano je, da lahko vsebuje zrak pri višji temperaturi več vodne pare, pri nižji temperaturi pa manj. Če se zrak dovolj ohladi, se del vodne pare zgosti (kondenzira) v kapljice. Podobno nastane v naravi rosa na travi, le da se trava in zrak po sončnem zahodu ohladita zaradi nadaljnjega oddajanja toplote z nevidnim sevanjem. Če pa so temperature pod ničlo, se vodna para iz zraka nabere v obliki drobnih kristalčkov in pojavi se slana. Ko se zrak tudi dlje od tal in predmetov dovolj ohladi, se prične vodna para zgoščevati v kapljice na drobnih delcih, ki jih je v zraku vedno dovolj. Te kapljice so tako drobne, da posameznih ne vidimo, ko jih je mnogo skupaj, pa vidimo meglo. Dopoldne, ko sonce dovolj ogreje zrak, lahko kapljice megle izhlapijo vanj in megla izgine. Pozimi se to pogosto ne zgodi in megla se obdrži ves dan ali več dni skupaj. Kadar temperatura v megli pade pod 0°C, lahko podhlajene meglene kapljice, ki zadenejo v veje ali žice, nanje primrznejo in nastane ivje. Oblaki so, podobno kot megla, skupek zelo drobnih vodnih kapljic ali kristalčkov. Nastali so, ko se je vodna para zaradi ohlajitve zraka zgostila na majhnih delcih, ki so vedno v zraku. Oblaki so različnih vrst, oblik in debelin ter nastajajo na različnih višinah. Oblaki nastajajo tam, kjer se zrak dviga in izginjajo tam, kjer se zrak spušča. Zrak se na primer dviga, ko se mora pretakati čez gore. Kadar je močno vlažen, so hribi vsevprek zaviti v oblake. Če je zrak zelo suh, so grebeni in vrhovi gora brez oblakov.

V ozračju nastajajo tudi nevidna, zelo blago nagnjena, a obsežna »pobočja« hladnega zraka, ob katerih se topel in vlažen zrak dvigata; to so vremenske fronte. Zato tudi ob frontah nastajajo oblaki in padavine, fronte nam prinašajo slabo vreme. Ob prisojnih pobočjih ali nad temnejšimi tlemi se ob sončnem vremenu zrak precej bolj ogreje kot v okolici. Toplejši zrak se začne dvigati in ohlajati in v poletno nebo zakipijo kopasti oblaki. Ti se lahko ob visoki vlagi razvijejo v nevihtne oblake.

Padavine padajo iz oblakov. Včasih je nebo močno oblačno, a nič ne pade, včasih pa se iz majhnega oblaka vsuje ploha. Oblačne kapljice so zelo majhne in razmeroma redke. Z medsebojnim združevanjem rastejo zelo počasi, saj se jih mora združiti milijon za veliko dežno kapljo. Tako nastane navadno le drobno pršenje. Drugače pa je, če med kapljice zaidejo ledeni kristalčki. Ti kristalčki pobirajo vodno paro iz zraka okrog sebe, kapljice pa jo skušajo nadoknaditi tako, da izhlapevajo. Kristalčki se tako debelijo na račun kapljic in na ta način zelo hitro rastejo. V četrto ure lahko nastanejo velike snežinke in pričnejo padati proti tlu. Če je mraz (pozimi ali v visokih gorah), take tudi padejo na tla in sneži. Če se na poti do tal snežinke stalijo, pa padejo kot dež. V višinah, kjer nastanejo padavine, zato tudi poleti nad nami sneži. Padavine dajejo le tisti oblaki, ki segajo dovolj visoko (nevihtni oblaki), da na vrhu zmrznejo in kristalčki zaidejo med kapljice v spodnjem delu oblaka. Lahko pa so vir kristalčkov tudi višje ležeči ledeni oblaki (Ocepek, Smolej in Petkovšek, 1999, str. 87-93).



Stekanje vode proti morju

Dež, ki pada na zemeljsko površino, stalno odteka v obliki potokov, rečic in rek, ki se združujejo in sestavljajo velike vodne tokove, ki se običajno zlivajo v morje. Nekatere reke se izlivajo tudi v jezera, ali pa tečejo po suhih dolinah in se manjšajo, dokler ne izginejo zaradi izhlapevanja ali se izgubijo v suhi zemlji.

Stekanje vode lahko razdelimo na površinske in podzemne vode. Na nekaterih krajih voda ne more priti pod površje, ker ji pronicanje preprečijo posamezne vrste rudnin in skal v zemlji. Ta voda se združi v reke, jezera in oceane in jo imenujemo površinska voda. Oblike površinskih voda se lahko že na kratkih razdaljah zelo spremenijo. Iz izvira teče potok, zraven katerega je lahko mlaka; potok se izliva v jezero, iz jezera pa teče počasi tekoča reka. Majhne spremembe so na velikih razdaljah le v zelo velikih nižinskih rekah, nekaterih velikih jezerih in v podtalnici. Površinske vode delimo na tekoče vode in stoječe vode. Tekoče vode ali vodotoki tečejo po osnovi in imajo usmerjeno gibanje od višjih proti nižjim legam. Vzdolž vodotoka se spreminjata hitrost vodnega toka in temperatura vode. Prav tako se spreminja tudi količina v vodi raztopljenih snovi. Višina vode se v strugi spreminja glede na padavine. S tem se spreminja tudi hitrost vodnega toka. Čim večja je višina vode, tem hitrejši je njen tok. Vodni tok nosi s seboj snovi, ki jih raztopi na svoji poti. Med njimi so tudi mineralne hranilne snovi, ki jih potrebujejo rastline za rast. Druga vrsta površinskih voda so stoječe vode. Stojee vode so vse fiste vode, ki se na kopnem nabirajo in združujejo v manjših ali večjih kotanjah. So različnih oblik, velikosti in globin. Čeprav se imenujejo stoječe, voda v njih nikoli ne miruje. V njih se razmere ves čas spreminjajo. Spreminja se temperatura, količina plinov, niha tudi vodna gladina. Včasih voda celo izgine. Tako presahnejo luže ali mlake. Nekatera jezera pa se v dolgih letih zaradi zasipavanja in kopičenja organskih snovi spremenijo v barja in močvirja.

Veliko vode se steka tudi pod površjem, to so podzemne vode. Med podzemne vode prištevamo vodo v prodiščih, podtalnico, mineralne in termalne vode ter vode na krasu, kjer najdemo izvire, ponikalnice in jamske potočke. Podtalnica je podzemska voda, ki je prišla v podzemlje s pronicanjem padavinske vode v tla, ali pa je vulkanskega izvora in je nastala v zemeljski notranjosti. Podtalnica se giblje od področij z višjim potencialom k področjem z nižjim. Gladina podtalnice je v grobem vzporedna s površjem, zato je gibanje podtalnice odvisno od topografije. Hitrost gibanja je navadno počasna, odvisna je do nagiba in prepustnosti tal. Za podtalnico v peščenih in prodnatih plasteh je značilno, da ima skozi vse leto stalno temperaturo, ki redko preseže 10 °C - 12 °C. Ker pomeni podtalnica vir pitne vode, je pomembno, da jo ohranjamo čisto. Dandanes pa je to oteženo zaradi vseh kemikalij, gnojil in odpadkov, ki zaradi dežja pronikajo v podzemlje, kjer se nahaja podzemna voda. Predvsem je podzemeljska voda ogrožena v naseljih, ki so zgrajena na prepustnih tleh, produ in apnencu, saj nečistoča



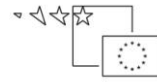
zlahka pronica skozi razpoke in pore in jo onesnaži. Če ne bomo postali bolj skrbni glede vode, je bo kmalu zmanjkalo za pitje.

Tako se vse tekoče vode stekajo proti najnižji točki, torej v morje. Morje je ogromen življenjski prostor, ki med seboj ločuje celine. Površina morja skoraj nikoli ne miruje, saj morsko vodo premikajo morski tokovi. Ob obali lahko velikokrat opazimo, da se v določenem časovnem zaporedju morje dvigne in potem zopet spusti. Ta pojav imenujemo plimovanje, kar pa ni posledica dotokov v morje, ampak nanj vpliva Luna (in nekoliko tudi Sonce). Morja so tudi različno topla. Na površini morja in ob obali so večje temperaturne spremembe kot v globinah, kjer je temperatura stalna. Površinska temperatura vode je odvisna tudi od letnega časa. Glavna sestavina morske vode je razen vode same morska sol, ki daje morju slanost. Poleg nje so v morski vodi raztopljene še nekatere druge soli. Morje je slano, ker voda na svoji poti do morja raztaplja snovi, med katerimi je tudi sol. Raztopljene soli nato odnaša v morje, kjer se tudi kopičijo.

Izhlapevanje

Izhlapevanje je pomemben del cikla kroženja vode v naravi. Pogosto se dogaja, da pojem izhlapevanja enačimo s pojmom izparevanja. Če vodo v kotličku zavremo, začne izparevati. To se zgodi pri okrog 100 °C. Če pustimo, da voda prejema energijo še potem, ko zavre, se vse več in več vode spremeni v plin, ki ga imenujemo vodna para. Temperatura se pri tem ne spreminja. Za prehajanje kapljevine v plin pa ni nujno vretje. Obleka, premočena od dežja, se posuši tudi v hladnem vremenu. Prehajanje kapljevine v plin pri nižjih temperaturah od 100 °C imenujemo izhlapevanje. Do izhlapevanja pride, ker hitre molekule vode ob površju pobegnejo v zrak.

V naravi poteka izhlapevanje vsak dan in neprekinjeno. Sonce segreva vlažna tla ter vrhnje plasti velikanskih površin oceanov in voda z njih izhlapeva. Z izhlapevanjem se voda spreminja v vodno paro. Vodna para je redkejša od zraka, zato se dviga v višine in potuje z vetrovi. Voda najhitreje izhlapeva na toplem, sončnem mestu. Veter sproti odnaša izhlapelo paro in tako še pospeši sušenje. Razprostrto perilo se suši hitreje kot zloženo, ker voda izhlapeva z večje površine. Perilo se bo potemtakem najhitreje posušilo v toplem in vetrovnem vremenu in če bo široko razprostrto. Tudi z lužami, ki nastanejo po deževnem vremenu, se zgodi enako. Ko po dežju posije sonce, se luža posuši in voda izgine. Takšnemu izginotju pravimo izhlapevanje. Sončna toplota spremeni luže v vodno paro, ki se pomeša z zrakom. Vodna para se nato dviguje, saj je redkejša od zraka. Iz navedenih primerov lahko vidimo, da je izhlapevanje pojav, ki je del našega vsakdanjega življenja. Omogoča spreminjanje vode v vodno paro in s tem dvigovanje vode v plinastem stanju nazaj v oblake. To je odvisno od različnih dejavnikov, kot so Sonce, površina, veter...



Kondenzacija

Vodna para ne ostane v zraku za vedno. Včasih se zgosti v kaplje in spremeni v kapljevino. Pojavu pravimo kondenzacija. Do nje pride, če se zrak ohladi in če so v njem kakšni delci. Hladen zrak zadržuje manj pare kot toplel zrak, zato se del pare pri ohlajanju zraka kondenzira v kaplje. Te zrastejo okrog delcev v zraku. Sledi za reaktivnimi letali nastajajo zaradi kondenzacije po ohladitvi izpušnih plinov, v katerih je tudi vodna para. Podobno se zgodi s hladno pijačo v toplem prostoru. Če postavimo kozarec pijače za kakšno uro v hladilnik, se bo le-ta ohladila. Ko ga nato vzamemo iz hladilnika, se na zunanji strani kozarca naberejo vodne kapljice. Do tega pojava pride, ker hladno steklo ohladi okoliški zrak. Nekaj pare iz ohlajenega zraka se kondenzira na hladnem steklu. Zaradi tega pojava se tudi v hladnih dneh orosijo notranje strani okenskih šip. Če šipe obrišemo, se kondenzacija za nekaj časa ustavi, ker s šipe odstranimo delce, na katerih se nabira voda. Do kondenzacije pride tudi, če z žlico prestrežemo izhajajočo paro. Če iz čajnika z vrelo vodo uhaja para, se okrog ustja nabere bel oblaček iz drobnih vodnih kapljic. Kapljice nastanejo iz pare, ki se zunaj lonca ohladi in zgosti. Če tako curek uhajajoče pare prestrežemo z mrzlo žlico, se bo para kondenzirala in z žlice bodo polzele vodne kapljice.

V naravi se voda nenehno kondenzira, saj je kondenzacija del cikla kroženja vode, ki omogoča, da se voda, ki pride v ozračje z izhlapevanjem, združi v majhne kapljice. Sončna toplota povzroči izhlapevanje vode iz morij, jezer in rek. Izhlapela voda se skupaj s toplim zrakom dviguje. Med dvigovanjem se vlažni zrak ohladi in ne more več zadržati vse pare. V zraku se torej vodna para neprestano zgošča v kapljice. Če bi bili z zraku le plini, bi se voda le težko zgoščala, saj molekule v plinu ne čutijo prave potrebe, da bi se združevale. Za združevanje potrebujejo nekakšno zbirno točko, to pa jim nudijo prašni drobcji ali drugi delci trdnih snovi, ki jih je v zraku vedno dovolj. Na drobcu trdne snovi se začnejo nabirati molekule vode in se sčasoma naberejo v kapljico. Te se nadalje zberejo v oblake, kjer se večajo, dokler ne padejo na zemljo v obliki padavin.

Kroženje vode v naravi in vpliv Sonca na vreme

Prej smo spoznali posamezne pojave kroženja vode v naravi, sedaj pa jih združimo v celoten proces kroženja vode ter si oglejmo vpliv sonca na celoten pojav.

Sonce segreva vlažna tla in vrhnje plasti velikanskih površin oceanov, zato voda z njih izhlapeva. Sonce je torej pomemben dejavnik pri kroženju vode. Je gonilna sila, ki omogoča, da voda prehaja iz enega agregatnega stanja v drugo - da se spremeni iz kapljevine v plin. Brez Sonca bi bilo onemogočeno vračanje vode v zrak, kjer nastajajo oblaki.

Izhlapovanje iz morja je hitrejše, ker je zrak nad vodo toplejši in sprejema več vlage. Voda izhlapeva tudi s površja jezer, rek, vlažnih zemljišč in rastlin.



Ponekod in v toplih obdobjih leta je izhlapevanje večje od količine padavin in dež sploh ne more namočiti zemljišča toliko, da bi to lahko izkoristile rastlinske korenine. Z izhlapevanjem se voda spreminja v vodno paro. Vodna para je redkejša od zraka, zato se dviga v višine in potuje z vetrovi. V višjih zračnih plasteh se počasi ohlaja, pri določeni temperaturi pa se para kondenzira v kapljice ali ledene kristale, ki nato padajo kot dež ali sneg. Največkrat se to dogaja nad visokimi hribi, zato je tam največ padavin. Voda, ki pade na gorovja, zaradi Zemljine privlačnosti teče v nižine. Veliko padavin pade nazaj v morje in oceane, osmino pa odnesejo zračni tokovi skozi ozračje proti kopnemu. Mnogo padavin, ki padejo na kopnem, ostane za dalj časa v ledu. Tako kroži tudi voda, ujeta v večni led, čeprav traja kroženje tisoče, celo milijone let. Če pa bi se stalil ves led, bi se gladina morij dvignila za nekaj metrov.

Tako voda v naravi ves čas kroži, pri tem pa se čisti ali onesnažuje. Voda se lahko onesnaži že v onesnaženem zraku, še bolj pa v onesnaženih tleh (gnojila, škropiva, odpadki). Za večino potreb takšna voda ni več uporabna, niti za namakanje polj ne. Dandanes je onesnaženje voda vse večje, zato ponekod čiste vode že močno primanjkuje. Zaloge nemorske ali sladke vode na Zemlji so sicer velike, vendar omejene. Da ne bi ostali brez potrebne čiste vode, je treba močno onesnažene vode pred izpustom v potoke in reke očistiti. Očiščene morajo biti dovolj dobro, da ne uničijo življenja v rekah in ne onesnažijo podtalnice, ki pomeni zalogo pitne vode pod zemljo.

Kroženje vode ne poteka enako hitro na vsej Zemlji. V deževnih gozdovih blizu ekvatorja se ciklus kroženja vode ponovi v enem dnevu. V deževnih gozdovih je zelo vroče in zelo vlažno. Ko je v zraku preveč vodne pare, začne močno deževati. Rastlinstvo je bujno in živalstvo raznovrstno. Nasprotno pa je ciklus kroženja vode v puščavah zelo počasen. Zrak je vroč in suh. Običajno dežuje le enkrat na leto. Rastlinstvo in živalstvo se prilagodita življenjskim razmeram.

Čeprav je dogajanje vremena osredotočeno na plast zraka do višine 15 km, zaslužijo tudi višje zračne plasti nekaj pozornosti, saj so stična mesta za sevanje, ki prihaja iz vesolja s sončnimi žarki. Če je spodnja plast zračnega ovoja Zemlje tisti prostor, v katerem se odvija vreme, potem je Sonce tisti vir energije, ki poganja vremensko dogajanje. Sončno sevanje je torej energija, ki ustvarja vreme. Le del sončnega sevanja dospe do površja Zemlje. Sončni žarki na svoji poti do Zemlje le malo ogrejejo atmosfero. Del sončnega sevanja, ki dospe do zemeljske površine, od spodaj ogreva zračni ovoj. Sonce obseva dokaj različno posamezne predele Zemlje, kar je posledica zemljepisne širine, letnega časa in ure dneva. Ekvatorialne širine so bolj obsevane kot polarni predeli. Tudi poleti je sončno obsevanje močnejše kot pozimi. Poletju severne poloble ustreza zima južne poloble in obratno. Opazimo lahko, da je poleti precej več padavin kot pozimi.

PRAKTIČNI DEL



Namen raziskave in metodologija

Namen raziskave je proučiti razvoj nekaterih generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih v okviru obravnave dinamičnih sistemov pri predmetu Naravoslovje in tehnika v 5. razredu OŠ. Kot primer je izbran pojav kroženja vode v naravi.

Proučiti želimo predvsem možnosti vpeljave systemskega mišljenja v pouk in njegov vpliv na razvoj nekaterih generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih. Pri tem nas predvsem zanimajo prednosti problemsko zastavljenega pouka s poudarkom na procesnih znanjih, kjer v smislu systemskega mišljenja učenec sam pride do posameznih odnosov med količinami znotraj obravnavanega fizikalnega problema. Prednosti iščemo v smislu razvoja nekaterih generičnih kompetenc, kjer omenjeno obliko pouka primerjamo s klasično izvedeno frontalno uro. Velik poudarek dajemo tudi eksperimentalnemu delu, ki ima v smislu systemskega mišljenja velik pomen, saj nam eksperimentalni rezultati dajejo vpogled v verodostojnost modela, ki opisuje relacije med posameznimi deli obravnavanega sistema.

Kompetence, ki jih želimo pri tem proučiti so:

- GK 1: Sposobnost zbiranja informacij
- GK 2: Sposobnost analize in organizacija informacij
- GK3 in GK4: Sposobnost interpretacije in sinteze sklepov
- GK 5 in GK 8: Sposobnost učenja in reševanja problemov ter prilagajanje novim situacijam
- GK 6: Prenos teorije v prakso

Pri proučevanju dinamičnih sistemov je namreč ključnega pomena sposobnost zbiranja informacij. Učenec mora biti glede na podane pogoje oziroma vhodne parametre sposoben beležiti oziroma zbirati izhodne rezultate, da lahko na osnovi njih določi dinamiko posameznih delov sistema. Na nižji stopnji izobraževanja lahko to počne na kvalitativnem nivoju, kjer dobi vpogled v vedenje dinamičnega sistema npr. s povečevanjem vrednosti nekega vhodnega parametra. Še posebej je pri tem pomembna primerjava z eksperimentalnimi rezultati, ki jih dobi učenec na osnovi eksperimentiranja. Sposobnost analize rezultatov mu omogoča iskanje napak in iskanje modelov, ki verodostojno opišejo posamezne naravne pojave. Obravnava dinamičnih sistemov zelo dobro omogoča tudi krepitev sposobnosti interpretacije dogajanj. Pri tem so pomembni končni rezultati oziroma sinteze sklepov, ki dajejo učencu vpogled v odnose med posameznimi fizikalnimi količinami, ki opisujejo stanje sistema.

Na osnovi opazovanja rezultatov glede na spreminjanje vhodnih parametrov si učenec pridobi tudi sposobnost učenja in prilagajanja novim situacijam. Pri tem je pomembno iskanje tako imenovanih minimalnih modelov, iz katerih se učenec nauči osnovnih principov sistema, kar mu omogoča prenos znanja na reševanje drugih problemov in prenos teorije v prakso.



Metodologija

Raziskava bo potekala v dveh kontrolnih skupinah oziroma razredih petega razreda osnovne šole pri predmetu Naravoslovje in tehnika. V obeh kontrolnih skupinah se bo obravnaval proces kroženja vode v naravi. V eni izmed skupin se bo izvedla klasična frontalna ura pouka, kjer so učenci zgolj v vlogi poslušalca. V drugi skupini pa bo potekal problemsko zastavljen pouk, kjer učenci igrajo aktivno vlogo v smislu reševanja problemsko zastavljenih situacij, ki so podkrepljene z eksperimentalnim delom. Poudarek pri tej uri je na vizualizaciji posameznih pojavov z eksperimentalnim delom in prikazom vzročno-posledičnih diagramov, ki ponazarjajo odnose med posameznimi deli dinamičnega sistema. Podrobneje je potek učne ure opisan v nadaljevanju. Vpliv načina dela na razvoj generičnih kompetenc se bo preverjal na osnovi pred-testa in po-testa, ki ga učenci rešijo v vsaki skupini pred pričetkom in po koncu učne ure.

Izvedba učne ure

Učna ura poteka po posameznih fazah cikla kroženja vode, kot je opisano v prejšnjem poglavju. Poudarek učne ure je na aktivnem sodelovanju učencev, kjer jih učitelj usmerja in vodi s pogovorom ter tako dobi povratno informacijo o njihovem znanju. Učitelj na osnovi podanih vprašanj spodbudi aktivnost učencev. Glede na odgovore in znanje učencev učitelj vodi učno uro in dopolnjuje tabelsko sliko v obliki vzročno-posledičnega diagrama. Posamezni pojavi kroženja vode so podkrepljeni tudi z eksperimenti, s katerimi učencem olajšamo predstave in izboljšamo razumevanje pojavov.

Padavine

Učno uro pričnemo s pogovorom o dežju, ki nam služi kot izhodiščna točka, saj ga učenci v naravi pogosto srečujejo, ga lahko vidijo in si ga znajo pomeniti. Pogovarjamo se o dežju kot o najpogostejši padavini. Na tablo narišemo območje z dežjem (slika 3), nato pa za boljšo predstavo učencev izvedemo še poskus, ki ponazarja dež.



Slika 3: Tabelska slika dežja

Prikaz dežja

S poskusom učencem prikažemo deževanje (slika 4) in jim tako v spomin prikličemo izkušnje o tej padavini. Učenci se spomnijo padanja dežnih kapljic iz oblakov na tla, pronicanja kapljic v zemljo in ustvarjanja potokov.

Pripomočki: steklena posoda, zemlja, kanglica, voda;



Slika 4: Prikaz dežja

Potek dela: Pripravimo maketo hriba, na kateri bomo prikazali deževanje. Vzamemo stekleno posodo, primerno za akvarij ali vivarij, saj lahko učenci skozi njo vidijo in opazujejo dogajanje. Priskrbimo zemljo, ki naj bo rahla in zračna, saj takšna zemlja lažje vpija vodo kot zbita in trda zemlja. Zemljo nasujemo v kot steklene posode in oblikujemo hrib. Tako je maketa pripravljena. Potrebujemo le še kanglico, s katero prikažemo deževanje. Pozorni moramo biti na nastavek kanglice, ki naj ima veliko luknjic za nazorno predstavitev deževanja. V kanglico nalijemo vodo in jo pridržimo nad

maketo. Kanglico nagnemo, da začne iz nje enakomerno kapljati. Zalivamo hrib in tako prikažemo deževanje. Učence opozorimo, naj pozorno opazujejo, kaj se dogaja s kapljicami dežja. Nekaj kapljic pronica skozi zemljo v notranjost, nekaj kapljic pa steče vzdolž hriba.

S poskusom učence usmerimo na padavine. Poskus je zanje primeren, saj z njim prikažemo dež in jih spomnimo na izkušnjo deževanja. Učenci vidijo, kako kapljice padajo in pronicajo v zemljo ali se zbirajo na površju. V tem pogledu pomeni poskus motivacijo.

Štekanje vode proti morju

Za nadaljnji potek učne ure je pomembna učenčeva predstava o odtekanju vode, kadar dežuje, saj moramo nekatere dele stekanja še posebej poudariti.

Učencem zastavimo vprašanje: Kam odteče voda, kadar dežuje?

Z zastavljenim vprašanjem želimo dobiti informacijo o tem, kakšne predstave imajo učenci o stekanju vode. To je pomembno za nadaljnji potek učne ure, kjer bomo na osnovi rezultatov poudarili določene dele stekanja vode.

Glede na odgovore učencev nadaljujemo s postopnim dodajanjem posameznih slik na tablo, vse do podtalnice. Tabelsko sliko tako tvorijo slika dežja, slika potokov in rek ter slika podtalnice (glej sliko 5). Ob tem izvedemo tudi poskus, s katerim prikažemo močnejše padavine. Učence opozorimo, naj pozorno opazujejo, kaj se dogaja z dežjem in kam teče voda.



Slika 5: Tabelska slika z dodanim površjem (reke, potoki, podtalnica...)

Prikaz stekanja vode

S poskusom prikažemo stekanje vode proti končni postaji, ki v naravi pomeni morje. Dežne kapljice, ki padejo na zemljo iz oblakov, pronicajo v notranjost zemlje, nekaj se jih zbira v podtalnici, nekaj vode odteče po površju v potoke, ki se združijo v reke, le-te pa se na koncu izlivajo v morje.

Pripomočki: steklena posoda, zemlja, kanglica, voda;



Slika 6: Stekanje vode

Potek dela: Za poskus uporabimo že prej pripravljeno maketo hriba, ki smo ga oblikovali v stekleni posodi. Posoda mora biti steklena zato, da lahko skozi steklo vidimo in opazujemo dogajanje. Prav tako uporabimo kanglico z nastavkom, ki ima veliko luknjic za nazornejši prikaz deževanja. Kanglico napolnimo do vrha z vodo in jo pridržimo nad posodo. Medtem ko učenci opazujejo, nagnemo kanglico in dalj časa zalivamo hrib. S tem prikažemo močnejše in dolgotrajnejše padavine. Učence opozorimo, naj pozorno opazujejo kapljice, ki ponazarjajo dež. Opazujejo tudi stekanje vode po hribu navzdol. Kapljice se zbira v majhne potočke, ki se zlivajo na dno posode. S tem ponazorimo, kako poteka v naravi stekanje vode proti morju.

S poskusom prikažemo stekanje vode v naravi. Učenci vidijo, da se voda, ki pade na zemljo, vpije v zemljo ali pa se zbira na površju in steka proti najnižji točki. Poskus je zelo preprost, zato učenci nimajo težav pri razumevanju stekanja vode. S poskusom si učenci priključijo v spomin deževanje v naravi in stekanje vode po površju v rekah in potokih.

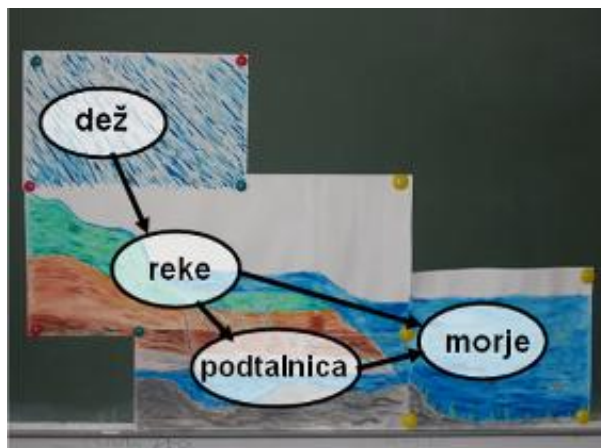
V nadaljevanju nas zanimajo predstave učencev o tem, kam se izteka vsa voda.

Učencem postavimo vprašanje: Kje je zadnja postaja stekanja vode?

Z zastavljenim vprašanjem želimo dobiti informacijo o tem, ali učenci razumejo celoten pojav stekanja vode in ali vedo, da je morje najnižja točka

na Zemlji, kamor lahko steče voda. Hkrati pa nam pomenijo odgovori na to vprašanje izhodišče za nadaljevanje učne ure o tem, kam gre voda iz morja.

Učence ponovno opozorimo na poskus, ki smo ga izvedli pri stekanju vode. Iz poskusa vidijo, da se vsa voda steka ob vznožje hriba, ki pri našem poskusu pomeni morje. Morje je najnižja točka na površju Zemlje, po kateri tudi merimo nadmorsko višino, zato pomeni zadnjo postajo stekanja vseh voda. Na tabli označimo morje (slika 7).



Slika 7: Tabelska slika z dodanim morjem

V nadaljevanju nas zanima, kaj se zgodi z nivojem vode v morju, če se vanj nenehno izlivajo vsi potoki, podtalnica in reke, zanima nas, ali ostane voda v morju ali gre iz njega. Z alkoholnim pisalom zarišemo nivo vode v posodi, ki nam je pomenila morje, ter učence osredotočimo na tretji poskus, s katerim prikažemo dvig gladine vode v posodi ob dodatnem zalivanju oz. prikažemo močnejše padavine.

Prikaz naraščanja gladine morja

S poskusom prikažemo vpliv močnih padavin in nenehnega stekanja potokov, rek in podtalnice na gladino morja. S tem pokažemo, da vsi ti dejavniki povzročijo dvig gladine vode v stekleni posodi, kar pa v naravi ne poteka na enak način. S tem smo zastavili problemsko situacijo, ki nas bo v nadaljevanju privedla k nadaljnjemu procesu kroženja vode v naravi, k izhlapevanju.

Pripomočki: steklena posoda, zemlja, kanglica, voda, alkoholno pisalo;



Slika 8: Nivo vode v posodi narašča.

Potek dela: Poskus ponovno izvedemo na hribu, ki smo ga oblikovali z zemljo v stekleni posodi. Učenci skozi steklo opazujejo dogajanje. Opozorimo jih, naj bodo pozorni na trenutni nivo vode v morju steklene posode. Vzamemo alkoholno pisalo in z njim zarišemo nivo morja. Nato pripravimo kanglico z nastavkom, ki ima veliko luknjic, jo napolnimo z vodo in pridržimo nad stekleno posodo. Kanglico nagnemo nad hribom, da začne iz nje teči voda. S kanglico dalj časa zalivamo zemljo in prikažemo dolgotrajnejše deževanje. Voda se steka v potokih in rekah po hribu navzdol v morje, kar povzroči dvig gladine morja v stekleni posodi. Ko naraste gladina za 2 cm do 3 cm, prenehamo s prikazom stekanja voda in s prikazom padavin ter ponovno z alkoholnim pisalom zarišemo nov nivo morja v stekleni posodi.

S poskusom prikažemo dvig gladine vode v posodi, ki ponazarja morje v naravi. S tem nastavimo problemsko situacijo. Učenci vedo, da ne gre posploševati rezultate tega poskusa z dogajanjem v naravi, saj iz izkušenj vedo, da gladina morja v naravi ne narašča, čeprav se nivo rek in potokov dvigne zaradi obilnega deževanja.

Učencem zastavimo vprašanje: Ali nivo vode v morju narašča?

Po potrebi zastavimo tudi podvprašanja:

- Ste že bili kdaj na morju?
- Ste že bili kdaj dvakrat v istem kraju?
- Ste že kdaj videli, da bi iz morja gledal samo dimnik hiše?
- Ali mislite, da bi ljudje gradili hiše ob morju, če bi jih potem čez nekaj let zalilo morje?

Z vprašanji želimo učence napeljati na izhlapevanje vode.

Učencem zastavimo vprašanje: Ali bo nivo vode v posodi enak tudi čez nekaj dni?

Ko učenci dojamajo, da nivo morja kljub nenehnim pritokom rek in deževanju ne narašča, jih opozorimo še na nivo rek, jezer in potokov, ki pa ob močnem



deževanju vseeno naraste. To je izhodišče, da učence napeljemo na pojem izhlapevanja, katerega težko razumejo, saj ga v naravi ne morejo videti.

Izhlapevanje

V nadaljevanju nas zanimajo učenčeve predstave o tem, kam izgine voda. Tako želimo učence napeljati na pojem izhlapevanja in ugotoviti, koliko že vedo o njem.

Učencem postavimo vprašanje: Kam izgine voda, če se gladina vode kljub dežju in pritokom ne dvigne?

Učence opozorimo na sušenje perila in luže na asfaltni cesti.

Sušenje mokrega perila

Sušenje mokrega perila omogoča izhlapevanje. Voda najhitreje izhlapeva na toplem, sončnem mestu. Veter sproti odnaša izhlapelo paro in tako še pospeši sušenje. Razprostrto perilo se suši hitreje kot zloženo, ker voda izhlapeva z večje površine. Perilo se bo potemtakem najhitreje posušilo v toplem in vetrovnem vremenu in če bo široko razprostrto.

Luže na asfaltu

Po deževnem dnevu nastanejo na asfaltu luže. Ko po dežju posije sonce, se luža posuši in voda izgine. Takšnemu izginotju pravimo izhlapevanje. Sončna toplota spremeni luže v vodno paro. Vodna para se nato dviguje, saj je redkejša od zraka.

Do sedaj smo z učenci razjasnili, da voda v morju kljub nenehnim pritokom in dežju ne narašča, ampak nenehno izhlapeva. Nas pa zanima ali učenci res razumejo pojem izhlapevanja, zato želimo, da ga učenci razložijo.

Učencem zastavimo vprašanje: **Kaj pomeni, da voda hlapi?**

Ker želimo, da se sami prepričajo o razlagi besede hlapenje, v nadaljevanju izvedemo poskus, s katerim prikažemo hlapenje oziroma spreminjanje vode v vodno paro.

Prikaz izhlapevanja vode

S poskusom segrevanja vode v zelo kratkem času prikažemo njeno izhlapevanje. S kuhalnikom segrevamo vodo v stekleni čaši. Toplota povzroči spreminjanje vode v vodno paro, ki se začne zaradi manjše gostote od

okoliškega zraka dvigovati. Zato je v posodi vedno manj vode. Ko voda zavre, vidimo nad posodo tudi dvigovanje vode v obliki meglice.

Pripomočki: električni kuhalnik, steklena čaša, voda;

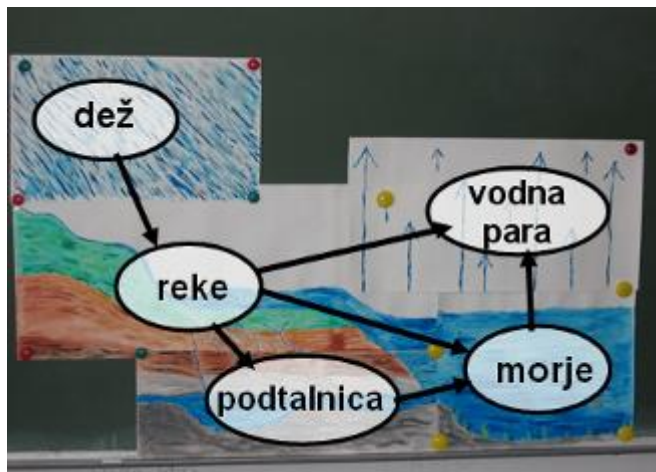


Slika 9: Prikaz izhlapevanja vode

Potek dela: Pripravimo kuhalnik in ga priključimo na električno napetost. Vzamemo stekleno čašo, da lahko učenci skozi jo opazujejo dogajanje, in jo do polovice napolnimo z vodo. Čašo dobro obrišemo z zunanje strani, da ne bi zaradi kapljic na dnu posode ob visoki temperaturi počila. Čašo z vodo postavimo na električni kuhalnik in jo segrevamo. Voda v čaši izhlapeva, vendar tega ne vidimo, dokler voda ne doseže visoke temperature, kar za učence pomeni problem. Da bi videli, kako se voda dviga, jo moramo zavreti. Ko voda v stekleni čaši zavre, jo postavimo pred učence. Pri tem učence opozorimo, da voda v naravi ne vre, vendar kljub temu nenehno izhlapeva in se dviga. Če bi pustili čašo dalj časa v razredu, bi voda počasi izhlapela. Učenci opazujejo, kako kuhalnik segreva vodo in jo spreminja v vodno paro. Vodna para izhaja iz čaše kot plin, ki ga ne vidimo. Vidimo pa, kako se dviga voda v obliki meglice, medtem ko se nivo vode v posodi znižuje. Ta pojav imenujemo izhlapevanje vode.

Učenci spoznajo, da voda v naravi ves čas hlapi, le da je ta pojav pri večjih temperaturah hitrejši. Za boljšo predstavbo izhlapevanja podamo različne primere v naravi, kot je sušenje mokrega perila, izginjanje luž na asfaltu, izginjanje vode v posodi, ki smo jo postavili na okensko polico ipd.

Na tablo dodamo sliko, ki ponazarja izhlapevanje vode.



Slika 10: Tabelska slika z dodano ponazoritvijo izhlapevanja vode

Do sedaj smo spoznali deževanje, stekanje vode proti morju ter izhlapevanje. Voda se pod vplivom toplote, ki jo v naravi oddaja Sonce, spreminja v vodno paro, ki je redkejša od okoliškega zraka, zato se dviguje. V nadaljevanju pa bomo spoznali, kaj se zgodi z vodno paro na neki višini. Počasi preidemo na pojem kondenzacije, ki je za učence prav tako težko razumljiv, zato ga razložimo ob poskusu, ki je v nadaljevanju tudi podrobneje opisan.

Kondenzacija

S prejšnjim poskusom segrevanja vode smo razložili pojem izhlapevanja. Učence še enkrat osredotočimo na dvigovanje vodne pare v zrak. Učenci pri poskusu vidijo, da se voda v obliki meglice dviguje. V nadaljevanju pa nas zanima, koliko učencev zna sklepati, kam gre vodna para. Zanima nas zadnja postaja dvigovanja vodne pare, ki jo pomenijo oblaki.

Učencem zastavimo vprašanje: Kam gre vodna para?

Sledi pogovor o odgovorih, s katerim potrdimo pravilne odgovore in popravimo napačne. Pogovarjamo se, da vodna para ne gre v vesolje in da se mora nekje ustaviti.

Prikaz kondenzacije vodne pare

S poskusom prikažemo kondenzacijo vodne pare. Vodna para se v obliki meglice dviguje nad stekleno čašo. Z ledom ohladimo pladenj, s katerim pokrijemo čašo. Vodna para se zaradi hladnega pladnja ohladi in se zgosti v vodne kapljice.

Pripomočki: električni kuhalnik, steklena čaša, voda, železni pladenj, led;



Slika 11: Z ledom ohladimo pladenj

Potek dela: Na električnem kuhalniku imamo že od prej pripravljeno stekleno čašo, v kateri do vretja segrevamo vodo. Zaradi toplote iz čaše izhaja vodna para, ki je redkejša od okoliškega zraka, zato se dviga. Na čašo postavimo železni pladenj, tako da čašo v celoti pokrijemo. Na pladenj damo kocke ledu. Pozorni smo na to, da vzamemo železni pladenj, ki je dober prevodnik toplote, da se na spodnji strani primerno ohladi. Opozorimo učence, naj pozorno opazujejo, kaj se zgodi z vodno paro. Ohlajeni pladenj povzroči, da se vodna para ohladi in se začne zgoščevati v vodne kapljice. Prepričamo se tako, da odstranimo led s pladnja in si ogledamo njegovo spodnjo stran, na katerem so nastale kapljice, ki padajo nazaj v vodo. Ta pojav imenujemo kondenzacija. Učence opozorimo, da smo pri poskusu segrevali vodo zato, da bi pospešili izhlapevanje in kondenzacijo in ju naredili vidna, da pa voda v naravi ne vre.

Za boljše razumevanje pojma kondenzacije navedemo še nekaj primerov iz narave:

Hladna pijača v toplem prostoru

Ko vzamemo hladno pijačo iz hladilnika, se pločevinka orosi. Roso povzroči topel zrak, ki vsebuje veliko vodne pare. Zrak se pri pločevinki hladne pijače ohladi, kar povzroči, da se vodna para v zraku kondenzira in se na pločevinki nabere v obliki drobnih vodnih kapljic.

Dih v ogledalo

Človekova sapa, ki prihaja iz telesa, je topla. Topel zrak vsebuje veliko vodne pare. Ko dihnemo topel zrak v ogledalo, ki je hladno, se zrak ohladi in na ogledalu se kondenzira vodna para, kar vidimo kot drobne kapljice.

Očala (iz mrzlega zraka na toplo)

Kadar gremo z očali na mrzlo, se očala ohladijo. Ko pridemo z očali na toplo, pa se topel zrak v prostoru, ki vsebuje veliko vodne pare, ob očalih ohladi in povzroči kondenzacijo vodne pare. To vidimo na očalih kot drobne kapljice oziroma roso.

Avtomobilska okna pozimi

Pozimi so zunaj zelo nizke temperature. Kadar pustimo avto na hladnem dalj časa, se njegova okna ohladijo. Ko se usedemo vanj, da bi se nekam odpeljali, izdihujemo topel zrak, ki vsebuje veliko vodne pare. Topel zrak se ob hladnih oknih ohladi in se kondenzira na šipi v obliki drobnih kapljic oziroma rose. Čez določen čas se zrak v avtomobilu dovolj segreje, da sprejme vlago, ki jo izdihavamo. Segrejejo se tudi stekla, ki se ne rosijo več.

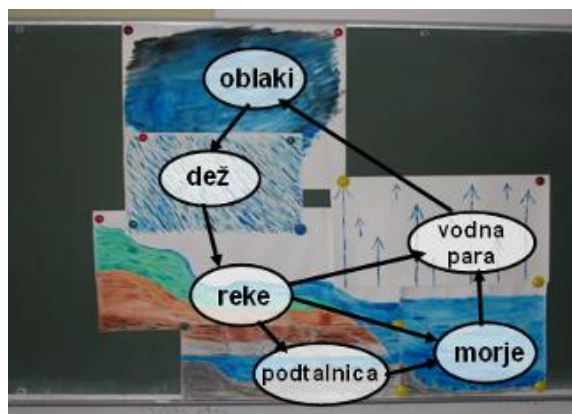
V tem delu učne ure smo spoznali, kako se vodna para kondenzira oziroma spremeni v vodne kapljice. V nadaljevanju pa nas zanimajo predstave učencev o tem, kje se zbirajo vodne kapljice.

Učencem postavimo vprašanje: Kje se zbirajo vodne kapljice?

Z zastavljenim vprašanjem želimo ugotoviti, kaj učenci menijo, kje se zbirajo vodne kapljice. Ker se vprašanje navezuje na kapljice, katere lahko učenci pogosto vidijo padati iz oblakov, predvidevamo, da učenci pri odgovarjanju ne bodo imeli težav, zato pričakujemo enotne odgovore, da se vodne kapljice zbirajo v oblaku.

O odgovorih se nato pogovorimo in razjasnimo, da se vodne kapljice zbirajo v oblakih, kjer se debelijo. Ko so pretežke, padejo nazaj na zemljo v obliki dežja.

Na tabli prikažemo sliko oblaka.



Slika 12: Tabelska slika z dodanim oblakom

S tem zaključimo cikel kroženja vode, ki zajema vse od padavin, stekanja vode proti morju in izhlapevanja, do kondenzacije vodnih kapljic v oblakih, iz katerih padejo v obliki padavin nazaj na Zemljo. Poudarimo, da voda v naravi



nenehno kroži in v nadaljevanju seznanimo učence o vplivu Sonca na kroženje vode.

Vpliv Sonca na kroženje vode

Doslej smo spoznali, kako poteka kroženje vode v naravi. Naučili smo se, da voda v naravi nenehno kroži. V nadaljevanju pa nas zanimajo ključni vplivi na kroženje vode v naravi. Osredotočili se bomo na vpliv Sonca, ki v smislu izhlapevanja poganja proces kroženja vode v naravi.

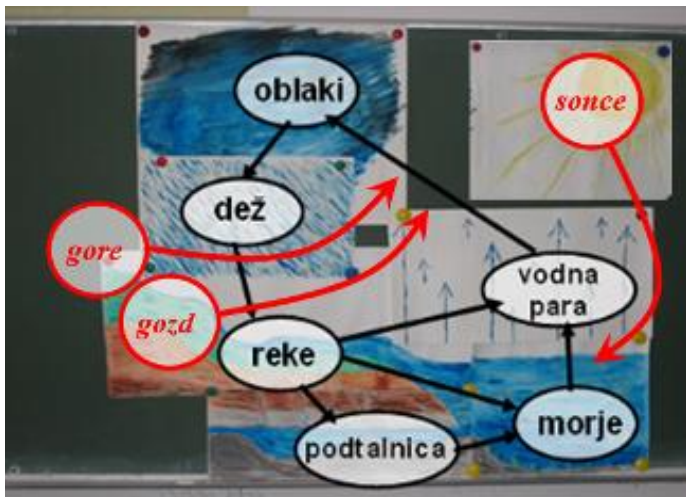
Učence opozorimo, da voda v naravi kroži tako, da se dvigne v zrak in nato zaradi privlačnosti Zemlje pade nazaj na tla.

Učencem zastavimo vprašanje: Kaj omogoča, da se voda dvigne v zrak?

Z zastavljenim vprašanjem bomo preverili, kaj učenci menijo, kaj omogoča vodi dvigovanje nazaj v zrak. Zaradi poskusa, kjer smo segrevali vodo in prikazali izhlapevanje, predvidevamo, da bodo učenci vzrok dvigovanja vode pripisovali toploti oziroma Soncu.

Še enkrat se osredotočimo na zadnji poskus, s katerim je ponazorjen celoten cikel kroženja vode. Kapljice, ki se nabirajo na železnem pladnju, kapljajo v vodo in ponazarjajo padavine, kuhalnik opravlja vlogo Sonca v naravi, ki omogoča segrevanje vode in izhlapevanje oziroma spreminjanje vode v vodno paro. Ker je vodna para redkejša od okoliškega zraka, se dviga in se na določeni višini zaradi hladnega zraka ohlaja. Vodna para pri tem kondenzira in nastajajo oblaki. Pri poskusu omogoči ohlajanje vodne pare led na železnem pladnju. Vodna para, ki pride v stik s pladnjem, se ohladi. Ohlajena vodna para se začne združevati v vodne kapljice na spodnji strani pladnja, ki pod vplivom teže padajo nazaj v čašo. S poskusom učenci dojamejo, da opravlja vlogo kuhalnika v naravi Sonce, ki segreva vodo, in da kroženje vode brez Sonca ne bi moglo potekati.

Na tablo pritrdimo še zadnjo sliko, ki ponazarja Sonce.



Slika 13: Tabelska slika z dodanim Soncem

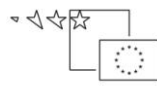
Tako smo s postopnim dodajanjem posameznih slik tekom ure sklenili celoten cikel kroženja vode v naravi, pri čemer smo posamezne procese kroženja vode bolj poudarili in jih podrobneje obdelali. Izpostavili smo tudi Sonce kot najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na kroženje vode v naravi.

V nadaljevanju bi lahko izpostavili še vpliv gor, ki s svojo pregrado prisilijo vodno paro, da se ob pobočjih dvigne in s tem ohladi, kar povzroča nastajanje oblakov ob hribovitih predelih. Izpostavili bi lahko tudi vpliv rastlin na izhlapevanje. V deževnih gozdovih je ta vpliv precej izrazit in s tem cikel kroženja vode precej pospešen.

Metoda evalvacije (pred-test in po-test)

Raziskava o razvoju nekaterih generičnih kompetenc pri naravoslovnih predmetih v okviru obravnave dinamičnih sistemov bo potekala v dveh kontrolnih skupinah oziroma razredih petega razreda osnovne šole pri predmetu Naravoslovje in tehnika. V eni izmed skupin se bo izvedla frontalna ura pouka, kjer so učenci zgolj v vlogi poslušalca. V drugi skupini pa bo potekal problemsko zastavljen pouk, kjer učenci igrajo aktivno vlogo v smislu reševanja problemsko zastavljenih situacij, ki so podkrepljene z eksperimentalnim delom. Poudarek pri tej uri je na vizualizaciji posameznih pojavov z eksperimentalnim delom in prikazom vzročno-posledičnih diagramov, ki ponazarjajo odnose med posameznimi deli dinamičnega sistema.

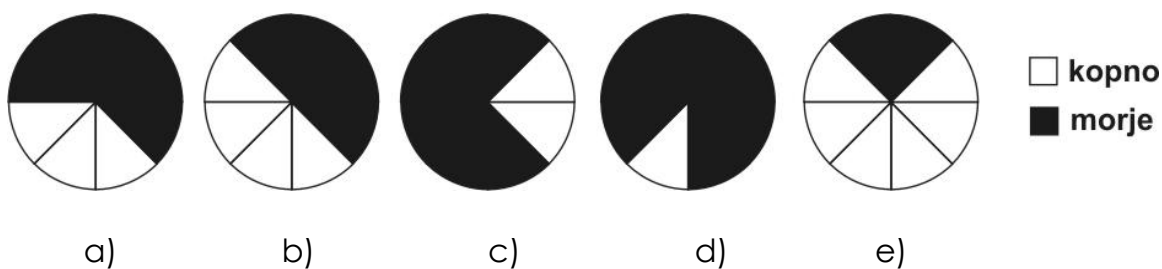
Vpliv načina dela na razvoj generičnih kompetenc se bo preverjal na osnovi pred-testa in po-testa, ki ga učenci rešijo v vsaki skupini pred pričetkom in po koncu učne ure. V nadaljevanju je predstavljen osnutek pred-testa in po-testa, katerega korekcije so možne v nadaljnjem sodelovanju z učiteljem, preizkuševalcem didaktičnih gradiv v praksi.



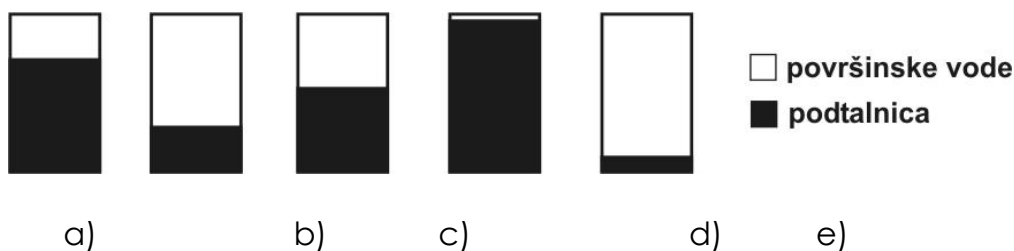
KROŽENJE VODE V NARAVI – pred-test

Pred teboj je 10 vprašanj o kroženju vode v naravi. Preberi vprašanja in ob vsakem vprašanju obkroži odgovor, ki se ti zdi najbolj pravilen.

1. Koliko je morja v primerjavi s kopnim na Zemlji?



2. Predstavlja si, da bi vso sladko tekočo vodo na Zemlji (potoki, reke, jezera, podtalnica) nalil v velik kozarec. Kolikšen del vode v kozarcu bi bila podtalnica?



3. Katera trditev je pravilna?

- a) Iz oblaka vedno pada dež, ki se pozimi ob tleh zaradi nizkih temperatur spremeni v sneg.
- b) Iz oblaka pada sneg, ki se poleti pri padanju stali in pade na zemljo v obliki dežja.
- c) V oblaku je mešanica snega, dežja in toče, zato včasih iz oblakov dežuje, sneži ali pa pada toča.

4. Kam se steka vsa voda, ki pade na vašo streho, kadar dežuje? (Nadaljuj pot!)

Streha, žleb, _____, _____, _____, _____, _____.

5. Kam odteče voda, ki pade na zemljo, kadar dežuje?



- a) Vsa voda steče po potokih v reke, ki odtekajo v jezera in morje.
- b) Polovico vode ostane na površju (potoki, reke, jezera), polovica pa je steče v zemljo.
- c) Skoraj vsa voda steče v zemljo.

6. Zakaj luža na asfaltni cesti čez nekaj časa izgine?

- a) Ker asfalt počasi prepušča vodo v zemljo.
- b) Ker voda zavre in izpari.
- c) Ker voda izhlapi in gre v zrak.

7. Tekoča voda se spremeni v vodne hlape, ki gredo v zrak. Kaj se zgodi z vodnimi hlapi?

- a) Vodni hlapi gredo v vesolje.
- c) Vodni hlapi se segrejejo in se spremenijo v oblake.
- b) Vodni hlapi se ohladijo in se spremenijo v oblake.
- d) Vodni hlapi se ne morejo dvigati in ostanejo pri tleh.

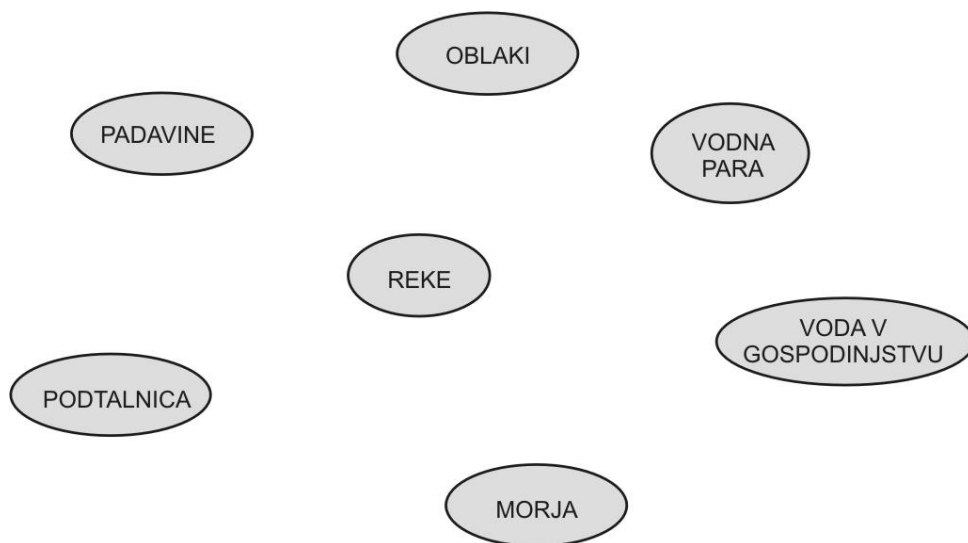
8. Zakaj se pločevinka z ohlajeno pijačo, ki jo vzameš iz hladilnika, v toplem prostoru orosi?

- a) Ker prehaja ohlajena pijača skozi pločevinko.
- b) Ker se v hladilniku na pločevinki naberejo majhni ledeni kristalčki, ki se na toplem stalijo.
- c) Vodni hlapi v zraku se ob pločevinki ohladijo in spremenijo v vodne kapljice.

9. Kaj je kondenzacija?

- a) Kapljice padajo iz oblakov na zemljo.
- b) Tekoča voda se spremeni v vodno paro.
- c) Voda zavre.
- d) Vodna para se spremeni v kapljice.
- e) Tekoča voda zmrzne.

10. S puščicami poveži besede med seboj tako, kot kroži voda v naravi!

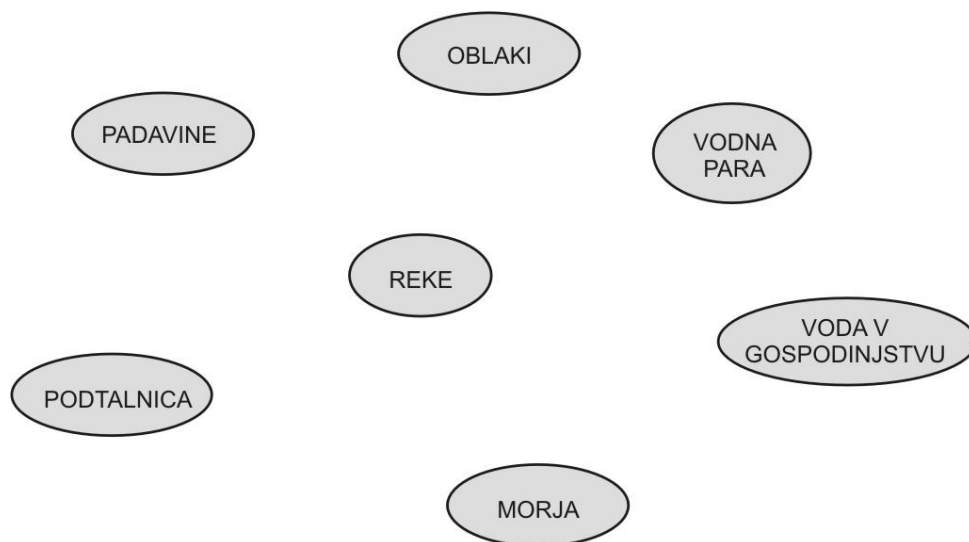




KROŽENJE VODE V NARAVI – po-test

Pred teboj je 10 vprašanj o kroženju vode v naravi. Preberi vprašanja in ob vsakem vprašanju obkroži pravilne odgovore. Možnih je več pravilnih odgovorov.

1. S puščicami poveži besede med seboj tako, kot kroži voda v naravi!

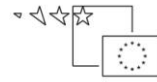


2.) Obkroži pravilne trditve!

- a) Voda se nahaja v dveh stanjih, kot kapljevina (reke, jezera) in kot trdna snov (led, sneg).
- b) V zraku, ki je v učilnici, se tudi nahaja voda, vendar je mi ne vidimo.
- c) Vodna para je voda v plinastem stanju.
- d) Voda se lahko nahaja v treh agregatnih stanjih: trdnem, tekočem in plinastem.
- e) Vodo v oblaku vidimo kot vodno paro.
- f) Sneg je voda v trdnem stanju.
- g) Megla je voda v plinastem stanju.

3.) Obkroži pravilne trditve!

- a) Če vodo v obliki pare dovolj ohladimo, se voda spremeni v obliko ledu.
- b) Če vodno paro dovolj segrejemo, se spremeni v vodne kapljice.
- c) Če led dovolj segrejemo, se stali.
- d) Če led dovolj ohladimo, se stali, podobno kot če bi ga segreli.



4.) Zakaj včasih v hribih sneži, hkrati pa v dolini dežuje?

- a) Ker je v hribih hladneje kot v dolini.
- b) Ker nad hribom iz oblaka padajo snežinke, iz oblakov nad dolino pa dežne kapljice.
- c) Ker se snežinke pri padanju stopijo in spremenijo v dežne kapljice.
- d) Ker dežne kapljice v hribih zaradi nizke temperature zmrznejo in postanejo snežinke.

5.) Zakaj izgine luža na asfaltni cesti?

- a) Ker voda pronica v zemljo.
- b) Ker vodo s ceste odstranijo avtomobili.
- c) Ker voda izhlapeva.
- d) Ker se voda spremeni v plin in odide v zrak.

6.) Obkroži pravilne trditve!

- a) Voda iz posode hitreje izhlapi pri višji temperaturi kot pri nižji.
- b) Bolj kot vodo ohladimo, hitreje se bo spremenila v plin in odšla v zrak.
- c) Če postavimo toplo in mrzlo vodo na sonce, bosta obe izhlapevali enako hitro, ker je za izhlapevanje pomembna le temperatura zraka.

7.) Zakaj se kozarec s hladno pijačo na zunanji strani orosi, če ga damo na sonce?

- a) Vodna para ob pločevinki kondenzira in nastajajo majhne kapljice.
- b) Zrak se ob pločevinki tako segreje, da izloča vodne kapljice, ki se nabirajo na pločevinki.
- c) Majhne kapljice nastajajo iz vodne pare, ki prehaja iz notranjosti pločevinke.
- d) Zrak se ob pločevinki ohladi in zaradi tega izloča vodo v obliki majhnih kapljic.

8.) Obkroži pravilne trditve!

- a) Za nastanek oblaka mora biti tlak dovolj majhen, zato oblaki nastajajo visoko na nebu.
- b) Oblaki nastajajo visoko na nebu, ker je tam bolj vlažen zrak kot pri tleh.
- c) Oblak nastane tam, kjer je temperatura zraka manjša kot 0 °C.
- d) Pri nastanku oblaka pride do kondenzacije vodne pare.
- e) Za nastanek oblaka je pomembno, da se topel zrak ohladi.

9) Obkroži pravilne trditve!



- a) Ker se zemeljsko ozračje vedno bolj segreva, bo vedno manj padavin, ker se zrak ne bo mogel ohladiti in izločiti vodnih kapljic.
- b) Kadar je toplejše, je več padavin, ker Sonce povzroča večje izhlapevanje.
- c) Količina padavin je poleti in pozimi približno enaka, saj temperatura ozračja nima vpliva na količino padavin.
- d) Če bi Sonce svetilo šibkeje, bi bilo precej več padavin, vendar bi padal samo sneg.
- e) Poleti je manj padavin kot pozimi, ker je poleti v zraku manj vode.
- f) Ker lahko poleti tople zrak sprejme več vodne pare, je tudi več padavin kot pozimi.
- g) Če bi Sonce svetilo nekoliko močnejše, bi bilo več padavin kot danes.

Literatura

1. BREDTAUER, W., BRUNS, K. G., KLAR, G., LICHTFELD, M., SCHMIDT, M., WESSELS, P., GERDES, J., MARHL, M., SCHLOBINSKI-VOIGT, U., SCHMIDT, T. (1999). *Impulse Physik 2; Mathematik+Physik für die Oberstufe der Gymnasien*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
2. FEURZEIG, W. in ROBERTS, N. (1999). *Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education*, Springer, New York.
3. FORRESTER, J. W. (1971). *World Dynamics*, Wright-Allen Press, Cambridge.
4. GERDES, J., SCHECKER, H. (1998). Physiklernen mit Modellbildungssystemen. v: Behrendt, H. (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie - Probleme und Perspektiven*, Alsbach, 227-229
5. GRUBELNIK, V., FOŠNARIČ, S. in MARHGL, M. (2003a). Concepts of system thinking and modelling, V: PLENKOVIĆ, Juraj (ur.), *The 10th International Scientific Conference, Društvo i tehnologija 2003*, Rijeka, 36-40.
6. GRUBELNIK, V., FOŠNARIČ, S. in MARHL, M. (2003b). Modeliranje kot usmerjena didaktična dejavnost pri pouku, *Pedagoška obzorja*, 18 (1), 35-45.
7. GRUBELNIK, V., FOŠNARIČ, S. in MARHL, M. (2004) System thinking and modelling in the concept of constructivism, *Informatologia*, 37 (3), 259-263.
8. GRUBELNIK, V., FOŠNARIČ, S. in MARHL, M. (2006). Razvijanje systemskega mišljenja, *Pedagoška obzorja*, 20 (3-4), 51-57.
9. HANNON, B. in RUTH, M. (1997). *Modeling Dynamic Biological Systems*, Springer, New York.
10. HANNON, B. in RUTH, M. (2001) *Dynamic Modeling*, Springer, New York.
11. HARGROVE, J. L. (1998). *Dynamic Modeling in the Health Sciences*, Springer, New York.



12. HUPFELD, W. (2005). Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, [dostopno na svetovnem spletu: <http://www.modsim.de> (25.2.2005)]
13. LEISEN, J. in NEFFGEN, N. (1999). Modellbildungspraktikum: Fall von Körpern in Luft, *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 48 (3), 7-14.
14. MARHL, M., GRUBELNIK, V. (2001). Modeliranje pri pouku naravoslovja. V: Kramar, M. (ur.), Duh, M. (ur.). Didaktični in metodični vidiki prenove in razvoja izobraževanja: knjiga referatov z 2. mednarodnega znanstvenega posveta, 2001, Maribor, 381-387.
15. MATHELITSCH, L. (1991). *Physikaufgaben* 3, Hölder-Pichler-Tempsky, Wien, 15-16.
16. OCEPEK, R., SMOLEJ, I., PETKOVŠEK, Z. (1999). Spoznavajmo naravo 4. Ljubljana: DZS.
17. OSSIMITZ, G. (2000). Entwicklung systemischen Denkens, Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen, University of Klagenfurt, Klagenfurt.
18. OSSIMITZ, G. (2000). Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany. System Dynamics 2000 conference in Bergen, Norway, 1-17, [dostopno na svetovnem spletu: http://www.uni-klu.ac.at/~gossimit/pap/ossimitz_teaching.pdf (15.4.2006)]
19. RAW, A. (1999). Developing A-level physics students mathematical skills-a way forward?, *Physics Education*, 34 (5), 306-310.
20. ROBINSON, W. A. (2001). *Modeling Dynamic Climate Systems*, Springer, New York.
21. RUTH, M. in LINDHOLM, J. (2002). *Dynamic Modeling for Marine Conservation*, Springer, New York.
22. RUTH, M., HANNON, B. in FORRESTER, J. W. (1997). *Modeling Dynamic Economic Systems*, Springer, New York.
23. SCHECKER, H. P. (1993). Learning physics by making models, *Physics Education*, 28, 102-106.
24. SCHECKER, H. P. (1996). Modeling Physics: System Dynamics in Physics Education, Creative Learning Exchange, Newsletter, 5 (2), 1-12.
25. SCHECKER, H. P. (1998). *Physik-Modellieren, Grafikorientierte Modellbildungssysteme im Physikunterricht*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
26. SCHECKER, H., KLIEME, E., NIEDDERER, H., EBACH, J., GERDES, J. (1999). *Physiklernen mit Modellbildungssystemen - Förderung physikalischer Kompetenz und systemischen Denkens durch computergestützte Modellbildung (Abschlussbericht für die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG)*, Universität Bremen, Institut für Bildungsforschung, 1-28, [dostopno na internetni strani: http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/DFG_PMS_Ab.pdf (23.3.2006)]
27. STÖCKLER, M. (1995) Modell, Idealisierung und Realität, *Praxis der Naturwissenschaften Physik* 44 (1), 16-21.
28. ŠORGO, A., MARENTIČ požarnik, B., PLUT, D., KRNEL, D., VOVK, M., PAVŠER, N. (2002). *Okoljska vzgoja*. Maribor: Obzorja.



29. VODOVNIK, L., MIKLAVČIČ, D. in
KOTNIK, T. (1998) *Biološki sistemi*, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v
Ljubljani, Ljubljana.