

# Optimizacija eksperimenta za ponazoritev evapotranspiracije pri naravoslovnih predmetih

## Optimization of an experiment showing evapotranspiration for science school subjects

Luka Praprotnik, Tea Žmavčič, Gregor Torkar

*Pedagoška fakulteta Univerza v Ljubljani  
E-mail: teazmavcic@gmail.com*

### **Povzetek**

Namen prispevka je predstaviti izvedbo eksperimenta, s katerim ponazorimo proces evapotranspiracije, ki je eden ključnih procesov za razumevanje kroženja vode v naravi in pretoka snovi v rastlini. V eksperimentu smo merili vpliv različnih sestojev vegetacije in vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije. Rezultati, ki smo jih pridobili s pomočjo tehtanja ter merilnega sistema Vernier LabQuest 2 so pokazali, da vzorec poraščenosti tal vpliva na stopnjo evapotranspiracije. Prav tako smo ugotovili, da je veter eden izmed pomembnih dejavnikov, ki pospešijo proces evapotranspiracije. V zaključku opredelimo možnosti uporabe opisanega eksperimenta pri pouku naravoslovnih predmetov.

*Ključne besede:* pouk naravoslovja, eksperimentalno delo, evaporacija, transpiracija, evapotranspiracija, rastline, IKT

### **Abstract**

The purpose of this paper is to describe the experiment, which illustrates the process of evapotranspiration. This is one of the key processes for understanding water cycle in nature and movement of water in plants. Effects of different patterns of vegetation and the wind effect on the rate of evapotranspiration were measured. The results obtained with weighing pots and measuring systems Vernier LabQuest 2 showed that different patterns of vegetation influence on the rate of evapotranspiration. Wind is also one of the important factors that accelerate the process of evapotranspiration. In conclusion, implications for teaching science using the described experiment were discussed.

*Keywords:* science teaching, experimental work, evaporation, transpiration, evapotranspiration, plants, ICT

### **1. Uvod**

Pri pouku naravoslovnih predmetov se učenci srečajo z različnimi naravoslovnimi pojmi in procesi, ki predstavljajo podlago za razumevanje naravnih pojavov in zakonitosti ter povezanosti med živo in neživo narava. V učnih načrtih predmetov zasledimo didaktična priporočila, ki izpostavljajo, da je potrebno učne cilje uresničevati predvsem z neposrednim opazovanjem, eksperimentalnim in terenskim delom. Eksperimentalno delo je oblika aktivnega učenja, ki omogoča učencu boljše razumevanje snovi. Eksperiment lahko pri pouku služi kot vizualizacijsko sredstvo, ki pripomore k boljšem razumevanju abstraktnih pojmov in

naravoslovnih procesov, ki jih učenci obravnavajo pri pouku (Šorgo, 2014). Nobena druga učna metoda ne omogoča realizacije tolikšnih ciljev in s tem razvijanja znanj. Prav tako pa pri učencih spodbuja radovednost in služi kot sredstvo za motivacijo. Vključevanje učencev v tak način dela ponuja več kinestetičnih aktivnosti kot opazovanje (Strmčnik, 2001). Hkrati pa učenci razvijajo občutek za delo v skupini in sodelovanje. Prvovrstna izkušnja, ki jo učenci pri takšni obliki aktivnega učenja doživijo, nudi bolj trajno znanje, saj so pri izvajanju eksperimenta bolj dejavni (Tomažič, 2014).

Učenci se s pojmom transpiracija ter evaporacija prvič podrobneje srečajo v 6. razredu osnovne šole pri predmetu Naravoslovje. Transpiracija skupaj s pojmom evaporacija predstavlja evapotranspiracijo, ki opisuje skupno izhlapevanje vode iz rastline in tal. Učenci spoznajo, da sta transpiracija ter evaporacija dva ključna dejavnika vodnega kroga, ki ga poganja sončna energija. Razumevanje evapotranspiracije je za učence pomembno, saj je ključnega pomena za razumevanje njene vloge pri kroženju vode (Villegas in sod., 2010). Transpiracija je za učence abstrakten proces, saj ga je težko prikazati. Baker (1998) ugotavlja, da kar 22% učencev, ki so se že srečali s pojmom transpiracija menja, da se voda absorbira skozi liste v rastlino. Skoraj dve petini učencev pa meni, da rastlina v sebi zadrži vso vodo, ki jo dobi iz korenin. Coştu in Ayas (2005) ugotavljata, da je učencem velik izziv tudi razumevanje evaporacije, saj so nekateri učenci menja, da poteka le ob vrelišču vode.

Razumevanje evapotranspiracije je za učence 6. razreda osnovne šole pri predmetu Naravoslovje ključno, saj lahko le tako v celoti razumejo vodni krog, ki ga poganja sončna energija. V prispevku predstavljamo, kako lahko proces evapotranspiracije eksperimentalno spoznavajo učenci. Ob tem pa razvijajo sposobnosti reševanja naravoslovnih problemov, tudi s pomočjo uporabe IKT.

### 1.1 Kroženje vode

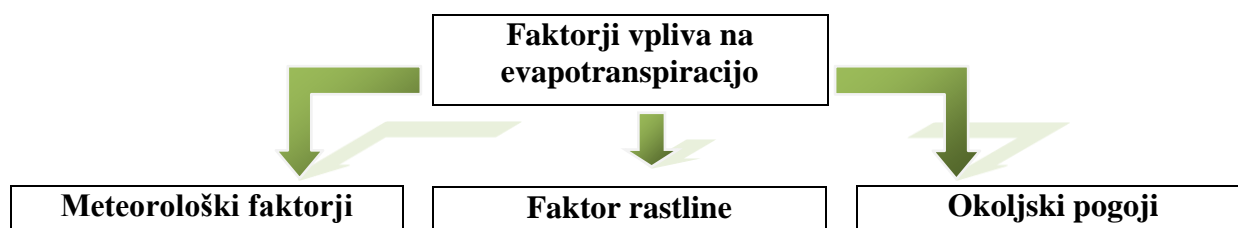
Voda je bistvenega pomena za naš planet. Voda v naravi neprestano kroži v vseh oblikah med biosfero, atmosfero, litosfero in hidrosfero (Trimble in Ward, 2004). Nima začetne točke, saj so procesi med seboj povezani, poganja ga sončna energija. Voda se nahaja in zbira v zbiralnikih. Zbiralniki vode so predvsem morja, jezera, podtalnica in ozračje (slika 1). Voda se transportira iz enega zbiralnika v drugega s pomočjo procesov evapotranspiracije, transpiracije, evaporacije, taljenja snega, padavin, podzemnih tokov, sublimacijo ter kondenzacijo (Pidwirny, 2006).



Slika 1: Prikaz kroženja vode s procesi (prirejeno po <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle>, 29.6.2016)

Fizikalni in biološki procesi, ki so vključeni v cikel kroženja vode:

- **Infiltracija:** Je fizikalni proces, kjer vodna para v obliki padavin (dež, toča, žled ali sneg) pade iz atmosfere na tla in se tam absorbira. Absorbicija padavin je odvisna od poroznosti in prepustnosti tal. V kolikor je količina padavin višja od zmožnosti absorbcije vode zemlje, se voda nabira na površju v obliki luž ali se shranjuje v obliki podtalnice (Hillel, 2004).
- **Kondenzacija:** Je obraten proces evaporacije. Vodna para kondenzira v manjše delce pri določeni temperaturi (rosišče). Tvorijo se megla ali oblaki. O kondenzaciji govorimo takrat, ko se zrak ohlaja ali ko se poveča količina vodne pare v zraku do točke nasičenja (100% vlaga v zraku). Ko se vodna para kondenzira nazaj v tekoče stanje, se sprosti v okolje enaka količina toplote, ki je bila potrebna za evaporacijo.
- **Sublimacija:** Majhen delež kroženja vode predstavlja sublimacija. Pomembna je v polarnih območjih. Je proces spreminjanja vode iz trdega agregatnega stanja (ledeniki, snežena polja) neposredno v plinasto agregatno stanje.
- **Evaporacija:** je prehod vode iz tekočega stanja v plinasto stanje. Vibracije in trki med molekulami povzročijo, da molekule pridobijo dovolj kinetične energije za premagovanje medmolekulskih sil v tekočem stanju in pretvorbo v plinasto stanje. Povprečna kinetična energija molekul v tekoči fazi je linearno sorazmerna s temperaturo preko Boltzmann-ove konstante. Torej višja kot je temperatura tekočine, večje bo izhlapevanje (Katul, 2012). Izhlapevanje vode iz oceanov predstavlja večino vodne pare, ki se nahaja v atmosferi. 91 % vode, ki izhlapi v ozračje, se vrne s padavinami nazaj v oceane, ostalih 9% pa se vrne v obliki kopenskih padavin. Nastalo neravnovesje med padavinami in izhlapevanjem na kopnem in oceani se uravnava s taljenjem snega in ledenikov ter tokom rek in podtalnice proti oceanom. Razmerje med količino padavin in odtekanjem vode na eni strani ter izhlapevanjem vode na drugi imenujemo vodna bilanca.
- **Transpiracija:** Del vode, ki pade na tla v obliki padavin, prestrežejo rastline. Transpiracija je izgubljanje vode iz rastline v obliki vodne pare, ki poteka skozi listne reže, kutikulo, lenticеле in periderm (Lah, 2002). Gre za fiziološki proces, pri katerem rastlina s koreninskim sistemom črpa vodo iz zemlje, jo uporabi v metaboličnem procesu in jo nato skozi listne reže izpusti v atmosfero (Brilly in Šraj, 2000).
- **Evapotranspiracija:** Transpiracija sestavlja skupaj s procesom izhlapevanja vode (evaporacijo) evapotranspiracijo (Trimble, Ward, 2004). Na evapotranspiracijo vplivajo različni faktorji. Delijo se na meteorološke faktorje, faktorje rastline ter okolijske pogoje (Allen in sod., 1998) (slika 2).



Slika 2: Faktorji vpliva na evapotranspiracijo, prirejeno po Allen in sodelavci, 1998.

## 1.2 Pomen vode za rastlino

Voda je ključna za rast in razvoj rastline. Je majhna polarna molekula z vodikovimi vezmi, kar ji daje lastnost odličnega topila. Ima veliko površinsko napetost. Pomanjkanje vode je eden izmed najpogostejših vzrokov omejene primarne produkcije v kopenskih ekosistemih. Voda v rastlini sodeluje pri različnih procesih: služi kot transportni medij, je lahko reaktant in

produkt v različnih kemijskih reakcijah. V celicah rastline se s pomočjo vode vzpostavi pozitiven hidrostatski tlak, turgor.

Voda se v rastlini giblje na dva načina. Prvi način je difuzija, kjer je gradient v koncentraciji gonilna sila. Je oblika transporta, ki je najbolj učinkovita na kratke razdalje in je še posebej pomembna na celičnem nivoju rastline. Difuzijo molekul topila (v živih sistemih je to voda) skozi polprepustno membrano (plazmalemo) imenujemo osmoza. Difuzijski transport je za rastlino pomemben pri transpiraciji, saj takrat poteka difuzija molekul vode iz zračnih prostorov lista skozi reže v ozračje. Drugi način transporta vode pa je snovni tok, kjer je gonilna sila gradient tlaka. Takšno gibanje vode je značilno v celičnih stenah rastlinskih celic, za transport tekočine v prevodnih delih ksilema in floema ter za transport vode v tleh (Vodnik, 2012).

Ključno vlogo pri sprejemanju vode v rastlino imajo korenine. Za vodno bilanco rastline je pomembno razmerje med listno površino ter površino korenin. Sprejem vode preko korenin se odvija v rizosferi – mesto na območju tal tik ob površini korenin. Sprejemanje vode v rastline definira razlika v vodnem potencialu tal ter vodnem potencialu korenin. Rastlina v rizosferi zmanjšuje vodni potencial, kar povzroči ustvarjanje gradienta vodnega potenciala med rizosfero ter bolj odmaknjenimi delih tal, iz katerih se voda transportira do korenine s snovnim tokom (Vodnik, 2012).

Tok vode iz koreninskih laskov poteka po koreninskih tkivih (radialni transport) in se nadaljuje po prevodnem tkivu - ksilemu (aksialni transport) do listov, kjer voda vstopa v celice listov, kjer je fotosintetska aktivnost rastline največja. Transport vode po ksilemu opisuje kohezijsko - tenzijska teorija, ki pravi, da je gonilna sila za tok vode po ksilemu podtlak oziroma tenzija v listih, ki nastaja zaradi izhlapevanja vode iz površine mezofilnih celic. Osnova za ksilemski transport po kohezijsko - tenzijski teoriji je oddajanje vode iz rastline oziroma transpiracija (Vodnik, 2012). Proces oddajanja vode iz rastline imenujemo transpiracija. Transpiracija poteka skozi listne reže, kutikulo, lenticеле in periderm (Lah, 2002).

V eksperimentu smo merili vpliv različnih sestojev vegetacije in vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije.

### 1.3 Namen raziskave in raziskovalni cilji

Namen raziskave je razviti eksperiment, ki učencem nazorno prikaže proces evapotranspiracije pri različnih vzorcih poraščenosti tal. Želeli smo, da eksperimentalno delo omogoča učencem veliko mero samostojnosti v raziskovalnem delu. Cilj raziskave je tudi razvoj IKT kompetenc z uporabo merilnega sistema Vernier, s katerim lahko izvedejo zastavljeni eksperiment.

## 2. Izvedba eksperimenta in rezultati z interpretacijo

V eksperimentu smo želeli izmeriti vpliv različnih sestojev vegetacije in vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije.

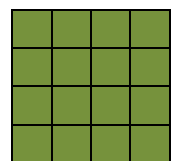
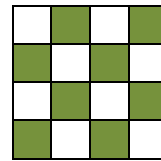
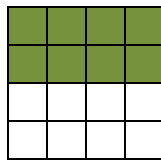
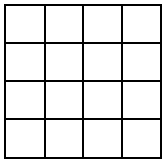
Material, ki smo ga potrebovali za izvedbo eksperimenta:

- merilni sistem Vernier
- senzor za merjenje vlage tal
- senzor za merjenje relativne vlažnosti zraka
- senzor za merjenje temperature
- senzor za merjenje osvetljenosti
- komora
- rastline sadik kodrolistnega peteršilja (*Petrosileum crispum*)
- šotni lončki (16 lončkov)

- tehtnica
- silikagel
- ventilator

V eksperimentu smo uporabili sadike rastlin kodrolistnega peteršilja (*Petrosileum crispum*), razporejene v štiri različne matrice oziroma sestojе (slika 3 in 4):

- tla brez rastlin
- polovica tal strnjeno in polovica brez rastlin
- mozaično (šahovnica)
- tla s sadikami (strnjeno)



Slika 3: prikaz razporeditve sadik peteršilja



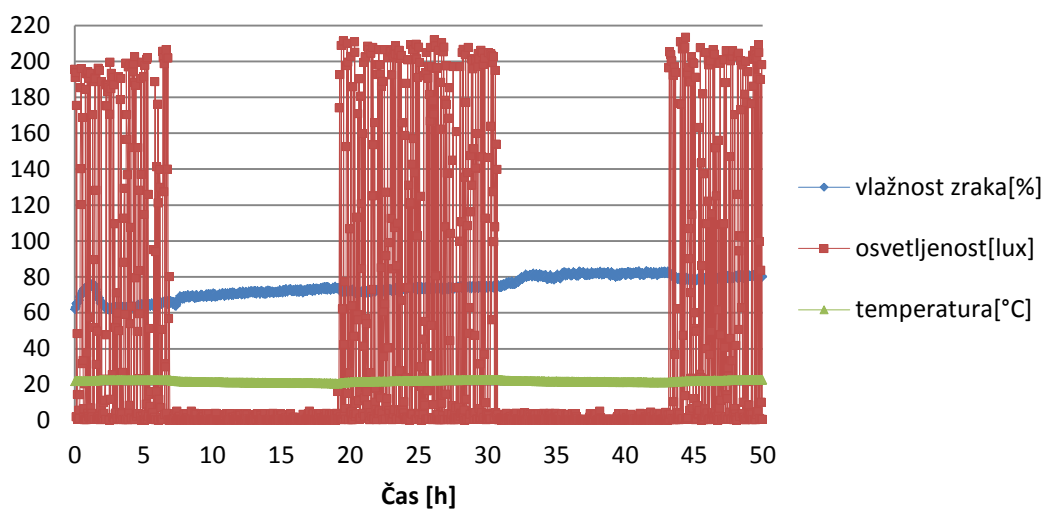
Slika 4: Primer saditve polovica tal strnjeno in polovica brez rastlin

Posebej za namen raziskave smo izdelali komoro iz lahke in za pline neprepustne umetne mase (slika 5). Lahko bi uporabili tudi leseno ali predelali akvarijsko posodo.



Slika 5: Komora uporabljena v eksperimentu z nameščenim merilnim sistemom Vernier in ustreznimi senzorji

Eksperiment je potekal v več fazah. V prvih štirih fazah smo v komoro položili eno izmed štiri opisanih vzorcev matric. Pri različno razporejenih vzorcih sadik smo merili vpliv sestoja na vlažnost tal s pomočjo senzorjev, ki so merili vlažnost tal in zraka v komori. Merilni sistem je zabeležil meritev vsaki 2 minuti (30 meritev na uro). Meritev smo izvedli tudi s tehtanjem lončkov s prstjo. S tem smo želeli pokazati tudi možnost izvedbe eksperimenta brez uporabe merilnega sistema Vernier. Z merjenjem vlažnosti tal in s tehtanjem podlage s sadikami smo lahko ugotovili, pri katerem vzorcu je evapotranspiracija najvišja in kako vplivajo različni sestoji rastlin na intenzivnost evapotranspiracije. Temperatura v komori je znašala med 21 in 22 °C tekom celotnega eksperimenta. Dnevni cikel smo v komori ustvarili s pomočjo lučke (LED), ki je predstavljala svetlobo. Svetloba je bila merjena zgolj za informacijo o poteku dnevno nočnega ritma (slika 6). V kolikor bi za komoro uporabili akvarijsko posodo bi za zagotavljanje dnevno nočnega cikla ne potrebovali luči.

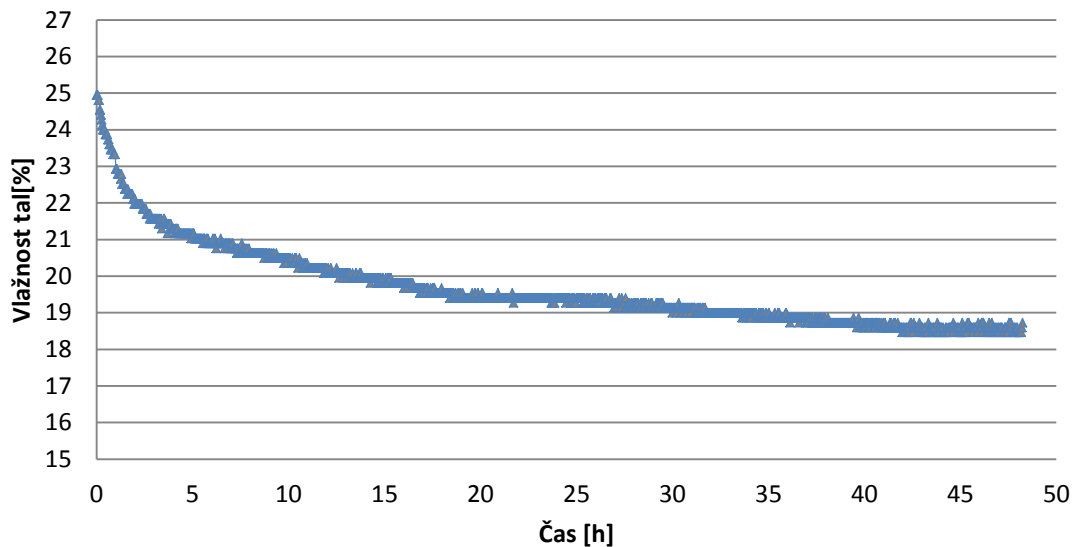


Slika 6: Pogoji v katerih je bila merjena stopnja evapotranspiracije.

### 2.1 Meritev stopnje evapotranspiracije pri vzorcu brez sadik

Začetna skupna masa lončkov brez sadik je znašala 1200,10 g. Končna skupna masa lončkov pa je znašala 1113,38 g. Skupna izgubljena masa lončkov je znašala 86,21 g. Opazimo lahko, da je masa lončkov strmo padala. Meritev je trajala nekaj manj kot 50 ur.

Začetna vrednost vlažnosti tal izmerjena z merilnikom Vernier je znašala 25,3%. Krivulja vlažnosti tal je nato sunkovito padala do vrednosti približno 21,6%. Nato krivulja vlažnosti tal počasi pada vse do končne vrednosti okoli 18,5%. Razlika v začetnem in končnem deležu vlage tal je znašala 6,80%. Naklon krivulje se je sčasoma zmanjšal zaradi nasičenosti vlažnosti zraka (slika 7). Manjša kot je bila vlažnost tal, večja je bila vlažnost zraka. Prav tako je izhlapevanje iz proste površine tal višje, saj je v dnevnem ciklu konstantno izpostavljena sončni svetlobi.

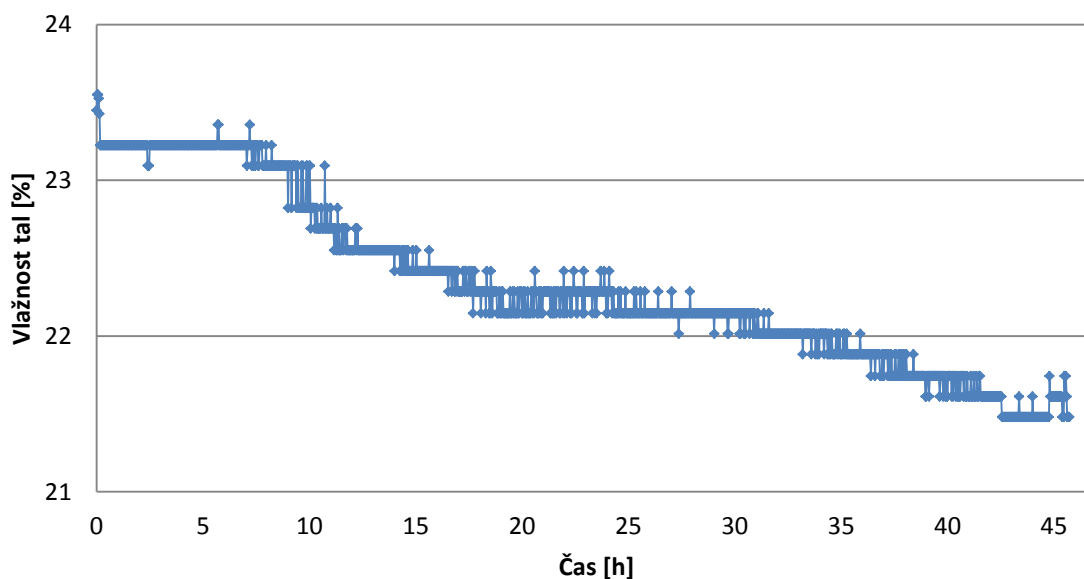


Slika 7: Prikaz zmanjševanja vlažnosti tal v odvisnosti od časa pri vzorcu tal brez sadik.

### 2.2 Meritev stopnje evapotranspiracije pri vzorcu polovica strnjeno, polovica gola tla

Izguba vode je bila 67,73g, kar je manj kot pri vzorcu sama tla. To lahko pojasnimo s tem, da je bila pokrivnost tal pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin večja kot pri vzorcu brez rastlin. Manjša izguba skupne mase vode je posledica tega, da je razporeditev rastlin v lončku zaradi svoje košatosti prekrila sosednje lončke brez rastlin, kar je privedlo do manjšega izhlapevanja iz tal. Izguba mase vode v primerjavi z vzorcem strnjeno je veliko večja.

Merilnik vlažnosti tal je meril vlažnost tal pri enem izmed lončkov, v katerih je bila rastlina. Krivulja se v začetnih urah izravna, nato pa počasi pada. Padec lahko pripišemo nočnemu ciklu, saj imajo rastline ponoči zaprte listne reže, kar privede do manjšega oddajanja vode. Nato se krivulja spet stabilizira. Končen delež izgubljene vlažnosti tal je znašal 2,08% (slika 8).



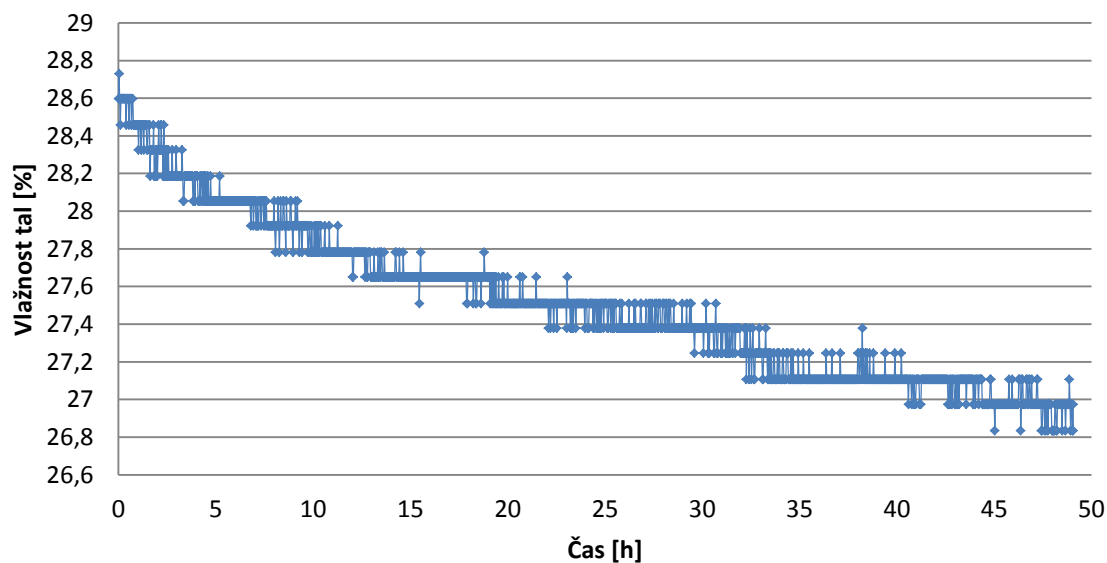
Slika 8: Prikaz vlažnosti tal v odvisnosti od časa pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

### 2.3 Meritev stopnje evapotranspiracije pri vzorcu mozaično (šahovnica)

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu šahovnica je znašala 1175,54g, končna skupna masa je znašala 1123,87g. Skupna izgubljena masa lončkov je znašala 51,67g, kar je več kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica sama zemlja. Pri vzorcu mozaično (šahovnica) je bila pokrivnost tal zaradi košatosti rastlin večja kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica sama zemlja. Pri vzorcu mozaično so rastline prekrile lončke, v katerih so bila gola tla, kar je vplivalo tudi na manjšo stopnjo evaporacije iz tal.

Merilnik vlažnosti zemlje je meril vlažnost zemlje pri enem izmed lončkov, v katerih je bila rastlina. Začetna vlažnost zemlje je znašala 28,72%. Nato je krivulja počasi padala do končnega deleža vlažnosti zemlje, ki je znašal 26,83 %. Razlika v začetni vlažnosti tal in končni je znašala 1,89%, kar je manj kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica gola tla (slika 9). Prav tako je krivulja bolj položna za razliko od vzorca polovica gola tla in polovica strnjeno ter vzorca sama zemlja.



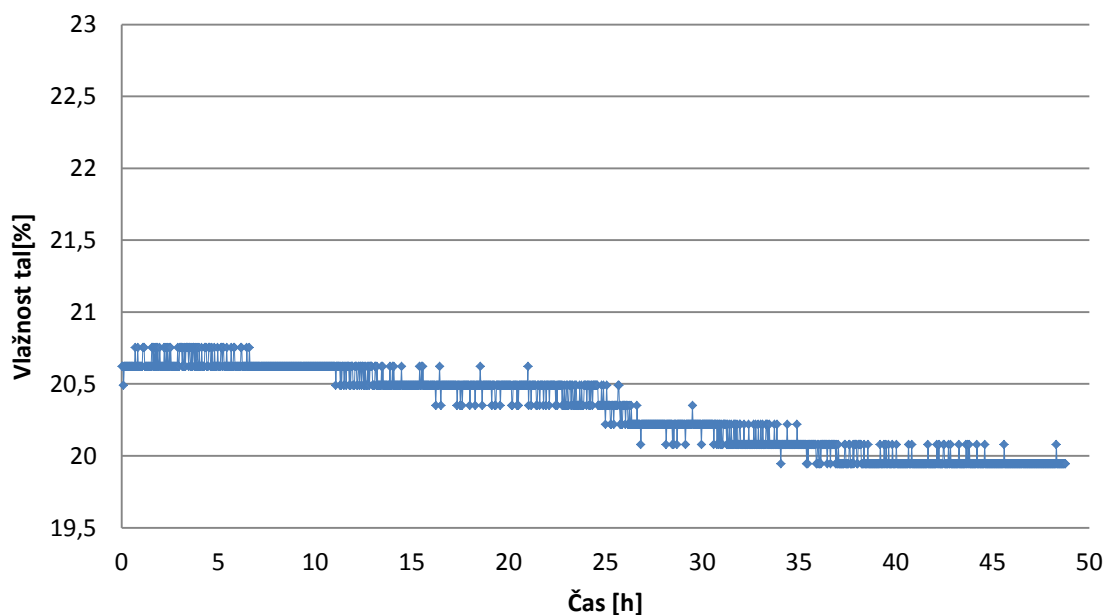


Slika 9: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu mozaično (šahovnica). Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

#### 2.4 Meritev stopnje evapotranspiracije pri vzorcu strnjeno

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu strnjeno je znašala 872,17g. Končna skupna masa lončkov pa je znašala 830,47g. Razlika med začetno in končno skupno maso lončkov pri vzorcu strnjeno je znašala 41,7 g, kar predstavlja najmanjšo izgubljeno skupno maso lončkov pri vseh vzorcih. Zaradi košatosti rastlin, je bila površina tal v celoti pokrita, kar je vplivalo na manjšo stopnjo evapotranspiracije.

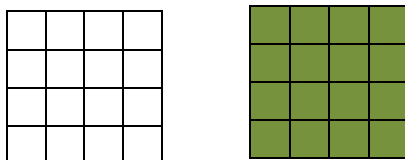
Iz slike 10 lahko razberemo, da je delež vlažnosti zemlje narastel iz 20,2% na 20,75%. To lahko pripišemo prilagajanju rastlin na komoro. Vlaga tal je do konca poskusa padala do 19,94%. Razlika med začetnim in končnim deležem vlažnosti zemlje je znašala 0,81%, kar predstavlja najmanjši padec deleža vlažnosti tal pri vseh izmerjenih vzorcih. Prav tako pa je krivulja, ki smo jo pridobili s pomočjo Vernierja, skoraj ravna in za razliko od ostalih zelo počasi pada. Površina tal, ki smo jo opazovali, je bila prekrita z rastlinami, kar pomeni, da ni bila direktno izpostavljena svetlobi. Prav tako je relativna vlažnost zraka zaradi transpiracije naraščala in dosegla najvišjo vrednost pri 75%, kar pa je vplivalo tudi na manjše izhlapevanje iz tal (evaporacijo).



Slika 10: Prikaz vlažnosti tal v odvisnosti od časa pri vzorcu strnjeno. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

## 2.6 Vpliv vetra na evapotranspiracijo

Opazovali smo vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije s pomočjo ventilatorja. Tudi v tem delu eksperimenta so bile uporabljene sadike rastlin kodrolistnega peteršilja (*Petrosileum crispum*). Pri merjenju vpliva vetra smo uporabili ventilator na dveh različnih matricah, in sicer strnjeno ter sama zemlja (slika 11).

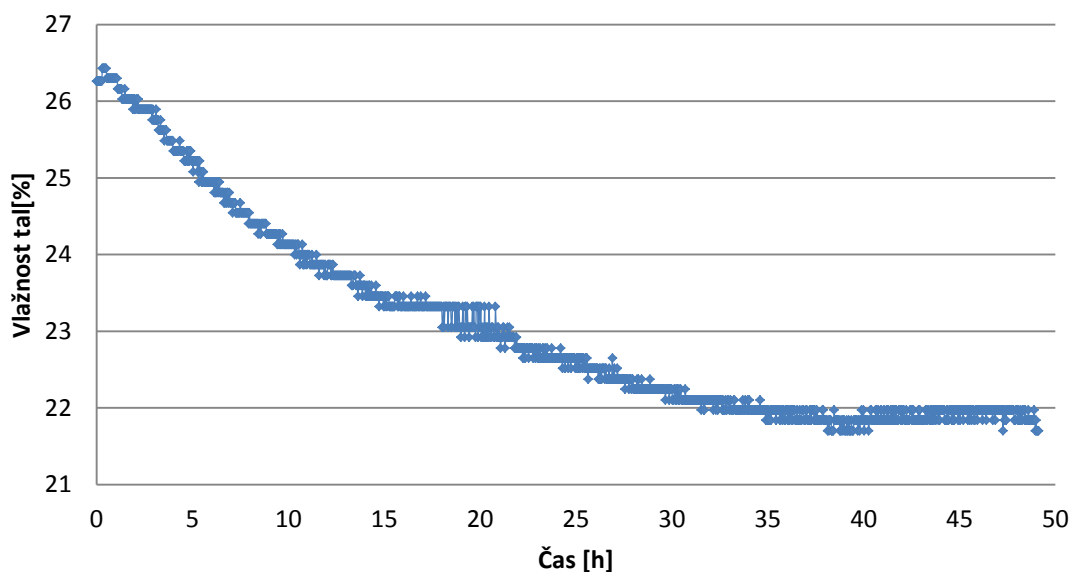


Slika 11: prikaz razporeditve sadik peteršilja

Sadike rastlin smo položili v komoro, v kateri je bil postavljen ventilator. Ventilator je bil od sadik oddaljen 10 cm.. Meritve vpliva vetra na evapotranspiracijo so bile opravljene po enakem postopku kot zgoraj opisani eksperiment. Dodan je le ventilator.

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu gola tla z ventilatorjem je znašala 1193,86g. Končna skupna masa lončkov pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem pa je znašala 1107,63g. Razlika v izgubljeni skupni masi lončkov je znašala 86,23g in predstavlja največjo skupno izgubljeno maso lončkov pri vseh vzorcih. Zaradi vetra se je proces evaporacije pri vzorcu pospešil, kar se je pokazalo v skupni masi izhlapele vode.

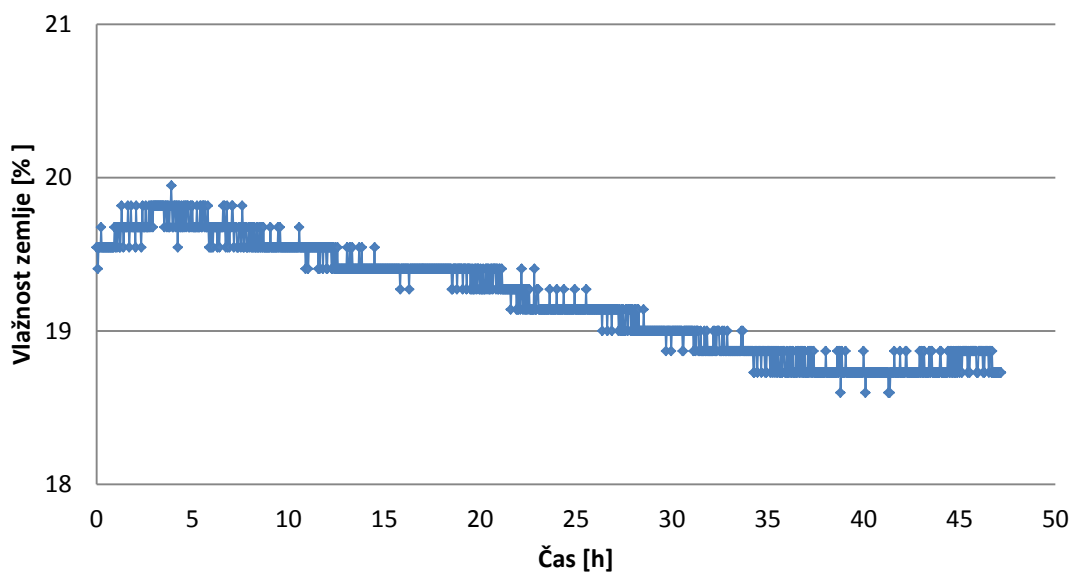
Začetna vrednost krivulje vlažnosti tal, ki je prikazana na sliki 12, je znašala 26,43%. Krivulja vlažnosti tal je strmo padala vse do končne vrednosti 21,70%. Prisotnost vetra je proces evaporacije pospešila, saj je bila razlika v začetni in končni vlažnosti 6,67%.



Slika 12: Prikaz vlažnosti tal v odvisnosti od časa pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem je znašala 946,04g, končna masa lončkov pa je znašala 889,15g. Razlika med začetno in končno skupno maso lončkov je znašala 56,89g, kar je manj kot pri vzorcu gola tla z ventilatorjem. Skupna izgubljena masa lončkov je bila 56,89g, kar je več kot pri vzorcu strnjeno brez vetra. Prav tako je krivulja relativne vlažnosti bolj linearna pod vplivom vetra.

Krivulja, ki prikazuje spreminjanje vlažnosti tal, je na začetku imela vrednost 19,54%. Ko so se rastline v komori prilagodile na razmere, je bila vlažnost zemlje 19,81%. Krivulja je nato počasi padala vse do konca. Končna vrednost vlažnosti tal pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem je znašala 18,72%. Razlika v vlažnosti tal med začetno in končno vrednostjo je bila 1,09% (slika 13).



Slika 13: Prikaz vlažnosti tal v odvisnosti od časa pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

### 3. Zaključek

Z eksperimentom smo pokazali, da je največji upad vlažnosti tal prisoten na golih tleh. Sledi vzorec saditve polovica tal strnjeno in polovica brez rastlin, nato mozaična saditev (šahovnica). Najmanjši upad vlažnosti tal smo zabeležili pri popolni zasaditvi tal. Veter je še dodatno zvišal upad vlažnosti tal glede na vzorec saditve. Rezultati upada vlažnosti tal glede na tip poraščenosti tal so pričakovani. Tako smo prikazali vpliv vegetacije in vpliv vetra na vodni režim tal. Izvedba in rezultati poskusa pomagajo učencem bolj razumeti pomen različnih ekosistemov in vpliv rabe tal na vodni režim.

#### 3.1. Uporaba eksperimenta v pedagoški praksi

Opisani eksperiment je po svoji vsebini in zahtevnosti najprimernejši za izvedbo v okviru izbirnih predmetov (Organizmi v naravi in umetnem okolju, Rastline in človek, Raziskovanje živih bitij v domači okolici), kjer učenci poglobijo, nadgradijo in razširijo znanje in izkušnje, ki so jih pridobili pri temeljnih predmetih (Naravoslovje, Biologija). Pri izbirnih predmetih je tudi velik poudarek na projektnem in praktičnem pouku. Vključimo ga lahko tudi v obravnavo transpiracije pri obveznem predmetu Naravoslovje v 6. razredu.

Eksperiment je zasnovan tako, da učencem omogoča učenje z raziskovanjem. Pouk z raziskovanjem vodi učence k razvijanju razumevanja naravoslovnih pojmov skozi neposredno izkušnjo s snovmi, predmeti, rastlinami in drugimi bitji, s pomočjo knjig in drugih virov ter strokovnjakov, ob sprotne argumentiranju in izmenjavi mnenj. Vse to poteka pod vodstvom učitelja (Krnjel, 2007). Opisani poskus daje učencem priložnosti za formuliranje raziskovalnih vprašanj in hipotez (npr. različne postavitve rastlin v matrici, vpliv smeri vetra in temperature), uporabo različnih merilnih instrumentov za preverjanje hipotez ter interpretacijo zapisov rezultatov (npr. interpretacija podatkov v grafih).

Učiteljeva vloga je odločilnega pomena v fazi interpretacije pridobljenih podatkov, kjer z vprašanji in podvprašanji preverja razumevanje dogajanja v eksperimentu pri učencih ter jim pomaga oblikovati odgovore na zastavljene hipoteze. Premišljeno mora sodelovati z učenci pri povezovanju izsledkov s teorijo, ki razlaga raziskovani pojav. Učence tudi spodbudi, da postavijo nove hipoteze in s tem novo raziskavo.

### 4. Literatura

- Allen, R.G., Pereira, R.S., Raes, D., Smith M. (1998). *Crop evapotranspiration- guidelines for computing crop water requirements*, FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Baker, M. (1998). Understanding transpiration- more than meets the eye. *Journal of Biological Education*, 33(1), 17.
- Brilly, M., Šraj, M. (2005). Osnove hidrologije. UL FGG. Ljubljana: str. 1-139.
- Coştu, B., & Ayas, A. (2005). Evaporation in different liquids: secondary students' conceptions. *Research In Science & Technological Education*, 23(1), 75.
- Hillel, D. (2004). *Introduction to Environmental Soil Physics*, 1st Edition, str. 271-273. Academic Press, USA.
- Katul, G. (2012). *Evapotranspiration: A process driving mass transport and energy exchange in the soil-plant-atmosphere-climate system*. Reviews of Geophysics, vol 50, issue 3. Pridobljeno 13.7.2016, s: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011RG000366/abstract>

- Krnjel, D. (2007). Pouk z raziskovanjem. *Naravoslovna solnica*, 11 (3), 8-11.
- Lah, A. (2002). Okoljski pojavi in pojmi, okoljsko izrazje v slovenskem in tujih jezikih z vsebinskimi pojasnili. V *Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, Zbirka usklajeno in sonaravno štev. 8/2002* (str.187). Ljubljana: Svet za varstvo okolja Republike Slovenije.
- Pidwirny, M. (2006). "Evaporation and Transpiration". *Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition. Pridobljeno s: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8i.html> .
- Program osnovna šola. Naravoslovje. Učni načrt.* (2011). Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo, 2011. Pridobljeno 20.7.2016, s [http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/prenovljeni\\_UN/UN\\_naravoslovje.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/prenovljeni_UN/UN_naravoslovje.pdf).
- Strmčnik, F. (2001). *Didaktika: Osrednje teoretične teme*. Znanstveni inštitut Filozofske fakultete. Ljubljana.
- Šorgo, A. (2014). Spodbujanje ustvarjalnosti in inovativnosti v pouku naravoslovnih predmetov v, *Posodobitve pouka v osnovnošolski praksi Naravoslovje*. Pridobljeno 20.7.2016, s: <http://www.zrss.si/pdf/pos-pouka-os-naravoslovje.pdf> .
- Tomažič, I. (2014). Od opazovanja, do raziskovanja, v *Posodobitve pouka v osnovnošolski praksi Naravoslovje*. Pridobljeno 20.7.2016, s: <http://www.zrss.si/pdf/pos-pouka-os-naravoslovje.pdf> .
- Trimble, S. W., Ward, D. A. (2004). *Eviromental Hydrology, second edition*. Lewis publishers, A CRC Press Company, Washington, D.C. .
- Vernier- LabQuest 2. Pridobljeno 30.7.2016, s: <http://www.vernier.com/products/interfaces/labq2/> .
- Vodnik, D. (2012). *Osnove fiziologije rastlin*. Ljubljana: Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, 2012.

## Kratka predstavitev avtorjev

**Mag. Luka Praprotnik** je univerzitetni diplomirani biolog, magister biologije in profesor biologije. Na Pedagoški fakulteti je zaposlen kot tehnični sodelavec in asistent za biološko izobraževanje. Področje raziskovalnega dela so predsodki do živali, IKT v izobraževanju in močnostni in precizijski prijem pri otrocih.

**Tea Žmavčič** je profesorica biologije in gospodinjstva. Na Pedagoški fakulteti je študentka magistrskega študijskega programa Poučevanje, Predmetno poučevanje.

**Dr. Gregor Torkar** je izredni profesor za področje biološkega izobraževanja zaposlen na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani. Opravlja funkcijo predstojnika Katedre za biološko in okoljsko izobraževanje. Področja raziskovalnega dela so okoljsko izobraževanje, naravoslovna pismenost in didaktika biologije.