

Marjeta Benčina, Matija Martinec, Asta Gregorič, Martin Rigler in Tim Gregorčič

Uvajanje teme onesnaženost zraka v osnovne šole z izkustvenim učenjem – predstavitev primera

Povzetek: Onesnažen zrak velja za največji javnozdravstveni problem, ki povzroča povišano umrljivost in obolevnost med prebivalstvom. Zračna onesnaževala so po izvoru in kemijski sestavi različna. Pomembna zračna onesnaževala so delci, med njimi še zlasti tako imenovani črni ogljik. Črni ogljik nastane pri nepopolnem zgorevanju fosilnih goriv in biomase, pri nas so glavni viri zanj promet, energetika in individualna kurišča. Zaradi svoje majhnosti lahko ti delci prodrejo globoko v dihala, ob dolgotrajni izpostavljenosti pa lahko povzročijo različne bolezni. Otroci kot ranljiva skupina so izpostavljeni onesnaževalom tudi med bivanjem v šoli. Kot uporabniki prostora lahko skupaj z učitelji predlagajo ukrepe za boljšo kakovost zraka v okolici šole in v občini, medtem ko se od občin in države pričakuje, da izvajajo ukrepe za varovanje zdravja ljudi, za katere so pristojni. Z delavnicami, meritvami črnega ogljika na izbranih osnovnih šolah in izvajanjem lokalnih pobud smo pokazali, da je izkustveno projektno učenje, ki temelji na raziskovanju, smiselno pri ozaveščanju učencev, učiteljev, šol in lokalne skupnosti z namenom spodbujanja ukrepanja za zniževanje koncentracij onesnaževal v zraku. Zbrali smo predloge za uvajanje vsebin in ukrepanje na področju onesnaženosti zraka pri predmetu Naravoslovje in tehnika v 5. razredu in nakazali, kako vključiti temo pri drugih predmetih.

Ključne besede: onesnaženost zraka, črni ogljik, vpliv na zdravje, izkustveno učenje, raziskovalno delo, lokalne pobude, aktivno državljanstvo

UDK: 37.091

Strokovni prispevek

<https://doi.org/10.63384/spB54s756s>



Marjeta Benčina, univerzitetna diplomirana geografinja, Focus, društvo za sonaraven razvoj, Trubarjeva 50, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; elektronski naslov: marjeta@focus.si

Matija Martinec, profesor razrednega pouka, Osnovna šola Brinje Grosuplje, Ljubljanska cesta 40a, SI-1290 Grosuplje, Slovenija; elektronski naslov: matija.martinec@os-brinje.si

Dr. Martin Rigler, Aerosol, d. o. o., Kamniška 39a, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; elektronski naslov: mrigler@aerosolmageesci.com ©

Dr. Asta Gregorič, Aerosol, d. o. o., Kamniška 39a, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; elektronski naslov: agregoric@aerosolmageesci.com ©

Tim Gregorčič, magister geografije, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; elektronski naslov: tim.gregorcic@ff.uni-lj.si ©

Uvod

V zadnjih desetletjih so se v državah Evropske unije emisije mnogih onesnaževal zraka zmanjšale, zaradi česar se je kakovost zunanega zraka izboljšala (Sicard idr. 2021). Številne študije, na katere so se opirali pri pripravi smernic Svetovne zdravstvene organizacije (WHO Global ... 2021), pa kažejo, da ni zdravih koncentracij onesnaževal in da imajo že zelo nizke koncentracije negativne vplive na zdravje ljudi. Najnovejše poročilo Evropske agencije za okolje (EEA) o kakovosti zraka v evropskih mestih uvršča Ljubljano in Maribor na 709. oziroma 589. mesto med 761 ocenjenimi mesti. To kaže na pomembne izzive pri izboljševanju kakovosti zraka in potrebo po zmanjšanju dolgotrajne izpostavljenosti onesnaženemu zraku, ki je eno najresnejših tveganj za zdravje ljudi (European city ... 2025). Nova evropska direktiva o kakovosti zunanega zraka, potrjena konec leta 2024, ki uvaja strožje mejne vrednosti za onesnaževala in okrepljene obveznosti spremljanja, se pomembno približa priporočilom SZO (Svetovna zdravstvena organizacija) in je dobra podlaga za ukrepanje na ravni držav, regij in lokalnih skupnosti.

Onesnaženost zunanega zraka zaradi prometa in energetike ostaja resen problem tudi v Sloveniji, pri čemer so pomemben vir emisij v energetiki predvsem individualna mala kurišča.

Stanje je na mnogih območjih najslabše v zimskih mesecih, ko se povečani rabi energije za ogrevanje in promet pridružijo še neugodni meteorološki dejavniki, med katerimi je ključna temperaturna inverzija (Glojek idr. 2022). Otroci kot ranljiva skupina so izpostavljeni onesnaževalom tudi v času prihoda v šolo, bivanja v njej in odhoda iz šole (Kumar idr. 2020), zato so lahko izobraževalne ustanove pomemben akter pri naslavljanju te problematike. Predšolski otroci in učenci osnovnih šol so bili kot primarna ciljna skupina projekta Partnerstvo za okolje in zdravje 3.0 vključeni v krajše eno- do dvourne delavnice, katerih namen je bil predstaviti tematiko onesnaženosti zraka in odpreti razpravo o tej temi. Dve šoli pa sta bili v projekt vključeni širše, poleg delavnic so namreč učenci izvajali še meritve onesnaženosti s črnim ogljikom in prek projektnega dela iskali rešitve za izboljšanje kakovosti zraka na lokalni ravni.

V prispevku bomo predstavili vsebino krajših delavnic za drugo in tretjo triado osnovne šole, z nazornim orisom izvedbe projekta na OŠ Brinje Grosuplje, kjer so učenci svoje znanje o onesnaženem zraku uporabili pri oblikovanju različnih predlogov za znižanje koncentracij onesnaževal v okolici šole ter s pobudo nagovorili tudi preostale prebivalce občine.

Projekt Partnerstvo za okolje in zdravje 3.0 (POZ 3.0)

Projekt nadgrajuje cilje preteklih projektov, ki se odvijajo že od leta 2017, in nadaljuje aktivnosti ozaveščanja mladih na področju okolja in zdravja.¹ Namen je, da se prek POZ 3.0 do leta 2025 okrepi delovanje v obliki neformalnega izobraževanja med otroki in mladimi ter spodbudi njihova aktivna participacija pri odgovarjanju na okoljske in zdravstvene izzive.

Na področju kakovosti zraka so bile aktivnosti projekta osredotočene na ozaveščanje mladih, kar je zajemalo izobraževanje študentov za izvedbo delavnic in nato izvedbo delavnic, prilagojenih starostni skupini. Izvedenih je bilo 105 delavnic v vseh 12 statističnih regijah v Sloveniji, s čimer smo dosegli več kot 2000 otrok in mladostnikov. Ogromen odziv kaže, da se vodstva in zaposleni na šolah zavedajo velike problematike onesnaženosti zraka ter želijo poglobiti znanja s področja kakovosti zraka tako med strokovnimi sodelavci kot učenci.

V prispevku se bomo osredotočili na delavnice, izvedene v drugi in tretji triadi osnovne šole. Ob tem se bomo poglobili v pripravo lokalnih pobud kot oblike aktivnega državljanstva, za kar so učenci na izbranih šolah po delavnici dva tedna opravljali še meritve črnega ogljika, oblikovali ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka in jih izvedli. Učenci so tako pripravili načrt za lokalno pobudo, kjer so rezultate meritev predstavili preostalim učencem in deležnikom v lokalnem okolju, hkrati pa izvedli izbrani ukrep za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole.

Zakaj je onesnaženost zraka pomembna tema

Onesnaževala zraka so snovi, ki škodljivo vplivajo na človeka in/ali okolje. Mednje sodijo plini, kot so dušikovi in žveplovi oksidi, hlapni ogljikovodiki, amonijak ter prizemni ozon. Med onesnaževala zraka uvrščamo tudi trdne ali tekoče delce (ang. *particulate matter* – PM), ki so v zraku razpršeni kot aerosol in so različnih velikosti, sestave ter agregatnega stanja. Po velikosti jih delimo na drobne delce (ang. *fine particulate matter*, PM_{2,5}), ki imajo aerodinamični premer pod 2,5 μm, in grobe delce, ki skupaj s PM_{2,5} sestavljajo PM₁₀ (delci z aerodinamičnim premerom manjšim od 10 μm). Najpomembnejši vir emisij delcev PM_{2,5} so male

1 Projekt financira Ministrstvo za zdravje RS v okviru programov varovanja in krepitve zdravja do leta 2025, izvaja pa se v partnerstvu: Mladinskega združenja za trajnostni razvoj, Inštituta za zdravje in okolje, Katedre za javno zdravje Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani in Focusa, društva za sonaraven razvoj.

kurilne naprave za ogrevanje gospodinjstev. Na onesnaženost zraka vplivajo tudi vremenske razmere in geografska lega (kotline), ki največkrat pozimi povzročajo neugodno temperaturno inverzijo.

Raziskave ugotavljajo, da je izpostavljenost otrok in mladostnikov onesnaženemu zraku povezana s pomanjkanjem koncentracije, bronhitisom, zaostankom v razvoju pljuč in povečanim tveganjem za kronične bolezni, vključno z astmo in drugimi boleznimi dihal. Otroci so zaradi še ne popolnoma razvite kapacitete pljuč, plitvejšega dihanja ter visoke telesne aktivnosti in hitrosti dihanja bolj občutljivi za onesnažen zrak kot odrasli (Liu idr. 2021; Sharma idr. 2018). Vrtci, osnovne in srednje šole ter druge izobraževalne ustanove lahko prek raziskovalnih dejavnosti in aktivnega državljanstva pristojnim institucijam predlagajo reševanje problematike onesnaženosti zraka v ožji in širši okolici svoje ustanove. To je tudi poudarek v okviru projekta Partnerstvo za okolje in zdravje 3.0.

Delci v zraku negativno vplivajo na zdravje ljudi, hkrati pa s sipanjem in absorpcijo sončne svetlobe neposredno učinkujejo na Zemljino sevalno ravnotežje (Andreae in Gelencser 2006; Bond idr. 2013) ter s svojo prisotnostjo posredno tudi na tvorbo oblakov in s tem na razporeditev padavin (Tao idr. 2012). Slabo kakovost zunanjega zraka, povezano z visokimi koncentracijami delcev v zraku, je SZO prepoznala kot največje okoljsko tveganje za zdravje ljudi, saj posameznik nima neposrednega vpliva in je to tveganje mogoče omiliti le s skupnimi prizadevanji celotne družbe (WHO global ... 2021).

Največji delež v delcih $PM_{2,5}$ ima v urbanih okoljih črni ogljik, ki je po kemični strukturi podoben grafitu. Je inerten in vedno nastane kot posledica nepopolnega zgorevanja fosilnih goriv ali biomase (Janssen idr. 2011). Epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo črnemu ogljiku ter srčno-žilnimi in dihalnimi obolenji ter umrljivostjo. Črni ogljik je tudi univerzalni prenašalec najrazličnejših kemikalij z različnim toksičnim učinkom na pljuča, obrambne celice in sistemski krvni obtok (prav tam).

Črni ogljik negativno vpliva tudi na podnebje. Ker dobro absorbira vidni spekter Sončeve svetlobe, se delci črnega ogljika segrejejo in posredno segrevajo ozračje. Poleg tega usedanje črnega ogljika na ledenikih in zasneženih površinah zmanjšuje odbojnost Sončeve svetlobe nazaj v vesolje. To se odraža v večjem kopičenju energije, ki prav tako pripomore k segrevanju ozračja. Zato je črni ogljik prepoznan kot eden pomembnejših dejavnikov podnebnih sprememb (Bond idr. 2013). Z ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti zraka s črnim ogljikom lahko tako hkrati omilimo podnebne spremembe.

Projektno delo v šoli in delavnice o onesnaženosti zraka

Eden izmed načinov uvajanja izkušnje v učni proces je omogočanje neposrednega doživljanja novih situacij z namenom, da se doživeto poveže z učno vsebino ali uporabi kot izhodišče za učenje. Ameriški vzgojni teoretik David Kolb je že v svojih zgodnjih delih opozarjal na pomen konkretne izkušnje kot izhodišča za učenje, ki poteka v krogu refleksije, konceptualizacije in aktivnega preizkušanja (Kolb

1984; Izkustveno učenje 2022). Učenci lahko doživetje izkusijo prek aktivnosti, ki od njih zahtevajo različno stopnjo vključenosti in osebne distance do obravnavane teme (Banjac idr. 2022).

Ena od oblik učenja, ki omogoča tak pristop, je učenje z raziskovanjem, ki je v naravoslovnih predmetih pogosto povezano z eksperimentalnim delom (Skvarč idr. 2017). Gre za proces, pri katerem učenci aktivno raziskujejo probleme, oblikujejo hipoteze, zbirajo in analizirajo podatke ter iz njih izpeljejo ugotovitve. Takšen pristop izhaja iz konstruktivističnih teorij, ki poudarjajo pomen aktivne vloge učenca pri gradnji znanja. Bruner (1961) je poudaril, da je učenje prek raziskovanja smiselno, saj spodbuja povezovanje novega znanja z obstoječim in samostojno odkrivanje.

Razvijanje raziskovalnih veščin pri učencih prispeva k oblikovanju sposobnosti, kot so:

- kritično spremljanje in reflektiranje lastnega delovanja,
- sprejemanje odločitev na podlagi preverjenih informacij,
- izražanje argumentiranih stališč,
- postavljanje vprašanj z raziskovalnim potencialom,
- zavzemanje za nenehno izboljševanje (prav tam) (Skvarč idr. 2017).

Učenje, ki temelji na raziskovanju – bodisi projektno, problemsko bodisi utemeljeno na načrtovanju –, učenec prinaša največ koristi, kadar je ustrezno načrtovano, ciljno usmerjeno in omogoča sodelovanje med učitelji različnih strok (Barron in Darling-Hamond 2013).

Skozi večletno vključevanje projektnega dela v pouk naravoslovja in tehnike smo prepoznali številne možnosti, ki jih ponuja ta pristop. Sprva so bile v ospredju vsebine učnega načrta, kasneje pa se je poudarek prenesel na medpredmetno in vertikalno povezovanje ter sodelovanje z lokalno skupnostjo. Pretekle pozitivne izkušnje sodelovanja z učitelji, strokovnjaki in raziskovalnimi ustanovami povečujejo motivacijo za nadaljnje delo.

B. Maretič Požarnik o tem pravi: »Pomembno je gojiti in spodbujati spreminjanje ,od znotraj‘ ob povezovanju s ,kritičnimi prijatelji‘, s podobno mislečimi kolegi na šoli in med šolami, pomembna je na strokovnem znanju temelječa avtonomija učiteljev, jasna vizija ter potrpežljivost in vztrajnost.« (2018, str. 309).

V dveh osnovnih šolah smo kompleksno temo onesnaženosti zraka predstavili skozi projektno delo, temelječe na metodologiji izkustvenega učenja. Cilj je bil, da učenci ob raziskovalnem pristopu spoznajo nove pojme in razvijejo konkretne rešitve za izboljšanje kakovosti zraka v svojem okolju (Služba za ... 2020).

Pri sodelovanju s šolami smo izvedli naslednje korake projektnega učenja:

- *Priprava:* Šole in učitelje smo seznanili s cilji projekta in jih povabili k sodelovanju. Skupaj smo načrtovali izvedbo delavnic.
- *Uvodna delavnica:* Učencem smo predstavili osnove problematike onesnaženosti zraka in potek meritev črnega ogljika.
- *Načrtovanje:* Učitelji so pripravili podrobne načrte dela z učenci, vključno z razdelitvijo nalog in organizacijo meritev.

- *Izvedba*: Učenci so pod mentorstvom učiteljev izvedli desetdnevne meritve črnega ogljika. Analizo rezultatov je opravilo podjetje Aerosol, rezultati pa so bili uporabljeni v šolskih projektnih nalogah.
- *Predstavitev rezultatov*: Učenci so rezultate predstavili sošolcem, zaposlenim na šoli, staršem in predstavnikom lokalne skupnosti ter izvedli izbrani ukrep za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole.
- *Evalvacija*: Projekt so učenci sklenili z evalvacijo in oddajo poročila izvajalcem projekta Partnerstvo za okolje in zdravje 3.0.

Delavnice so bile izvedene v vseh treh triadah, v nadaljevanju pa se osredotočamo na dejavnosti v razredih od 4. do 9., ki so bile izvedene kot del tehniških dni, dni dejavnosti ali rednega pouka pri predmetih naravoslovje, geografija, kemija, fizika, angleščina in drugih.

Delavnica je interaktivna učna oblika, pri kateri udeleženci aktivno sodelujejo pri praktičnih nalogah, izmenjujejo ideje in skupaj rešujejo probleme. Temelji na izkustvenem učenju, kjer je poudarek na sodelovanju, refleksiji in prenosu znanja v prakso. Tak učni proces spodbuja ustvarjalnost, kritično mišljenje in sodelovalno učenje. Po Kolbu (1984) je tak pristop učinkovit, ker temelji na krogu izkušenj, refleksije, konceptualizacije in aktivnega preizkušanja.

Vsaka delavnica je vključevala teoretični uvod, ki je bil prilagojen predznanju učencev. V tem delu so dobili osnovne informacije o ozračju in njegovi sestavi ter se seznanili z najpomembnejšimi onesnaževali zraka. Poseben poudarek je bil namenjen delcem oziroma črnemu ogljiku kot enemu ključnih onesnaževal. Učenci so prav tako spoznali naravne in antropogene vire onesnaženosti zraka, povezave med emisijami onesnaževal in podnebnimi spremembami ter vpliv onesnaženosti na zdravje ljudi in druga živa bitja.

Z namenom, da bi učencem čim bolj nazorno predstavili delo raziskovalcev in prispevali k večji strokovni podprtosti obravnave fizikalnih vidikov onesnaženosti zraka, smo kot projektne partnerje pritegnili strokovnjake podjetja Aerosol. To podjetje, ki deluje na globalni ravni, se ukvarja z razvojem in proizvodnjo naprav za merjenje koncentracije črnega ogljika ter določanje njegovih virov. Ima bogate izkušnje pri znanstvenih meritvah onesnaženosti zraka in je že v preteklosti sodelovalo s šolami pri sooblikovanju pedagoških vsebin na tem področju.

V nasprotju s prejšnjimi merilnimi kampanjami, kjer je sodelovanje običajno obsegalo le izvedbo meritev in predstavitev rezultatov, so tokrat šole aktivno podprli tudi pri nadaljnjih korakih in spodbujali aktivno državljanstvo. Učenci so tako prejete rezultate meritev uporabili kot izhodišče za izdelavo projektnih nalog, v katerih so analizirali stanje v svojem okolju ter na tej podlagi načrtovali konkreten ukrep za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole in z njim seznanili lokalno skupnost.

Aktivno državljanstvo lahko učinkovito povežemo z izkustvenim učenjem tako, da učencem omogočimo sodelovanje v konkretnih dejavnostih, kot so razredni projekti za izboljšanje šolske skupnosti, okoljske akcije ali razprave o pravičnosti in odgovornosti. Izkustveno učenje namreč spodbuja učence k dejavnemu sodelovanju v družbi, kar je bistvo aktivnega državljanstva. Učenje prek

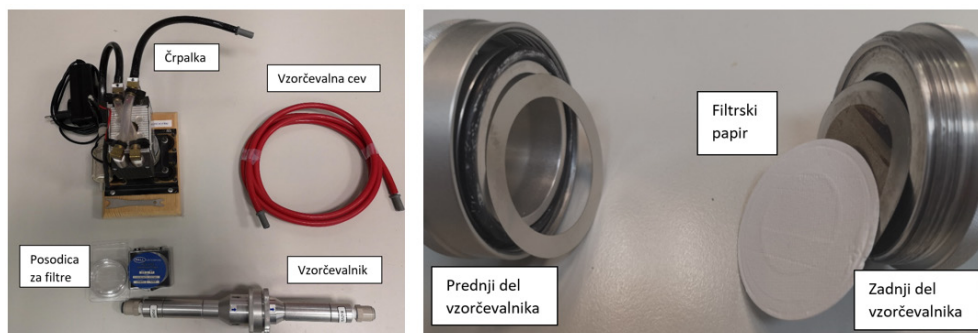
izkušeni tako vodi k večji ozaveščenosti, angažiranosti in pripravljenosti mladih, da prispevajo k skupnemu dobremu (Zbornik učnih ... 2024).

Za izvedbo teh ukrepov so bila izbranim šolam dodeljena tudi finančna sredstva, kar je omogočilo, da so učenci svoje načrte v lokalnem okolju dejansko uresničili. V nadaljevanju prispevka bomo predstavili, kako so na izbranih šolah potekale meritve in katere lokalne pobude so izhajale iz analize dobljenih podatkov.

Meritve črnega ogljika

Meritve črnega ogljika v okolici šole so učenci izvajali dva tedna na treh šolah, na dveh smo aktivnosti nadaljevali kot projektno delo in izvedli lokalno pobudo. Zimske mesece smo izbrali namerno, da prikažemo vpliv rabe energije, predvsem kurjenja biomase v individualnih kuriščih, ter vpliv meteoroloških razmer, ki so v zimskih mesecih manj ugodne za kakovost zraka.

Za meritve koncentracije črnega ogljika v bližini osnovnih šol smo uporabili poenostavljen vzorčevalni sistem, razvit v podjetju Aerosol, sestavljen iz vzorčevalnika in črpalke, ki sesa zrak skozi filter s pretokom devet litrov na minuto. Vzorčevalnik je sestavljen iz dveh delov ohišja, med katera postavimo filtrski papir iz kremenovih vlaken (Slika 1), na katerega se med črpanjem nalagajo delci.



Slika 1: Sestavni deli vzorčevalnega sistema

Vzorčevalni sistem so učenci vsak dan, razen v soboto in nedeljo, približno ob isti uri (čas so zapisali v merilni dnevnik) izklopili in filter, na katerem se je nabral vzorec delcev, zamenjali z novim, svežim. Sledila je analiza vzorcev z optično metodo za merjenje koncentracije črnega ogljika, ki temelji na merjenju zmanjšanja intenzitete svetlobe (atenuacije, ATN). Vzorci so bili analizirani z instrumentom Sootscan Model OT21 (Aerosol, d. o. o.), ki meri atenuacijo svetlobe na filtrih z aerosoli pri valovnih dolžinah 880 in 370 nm ter jo primerja z atenuacijo na čistem filtru (Greilinger idr. 2019; Hansed idr. 1982). Meritev pri 880 nm omogoča določitev koncentracije črnega ogljika, medtem ko razlika med atenuacijama pri 880 in 370 nm daje informacijo o virih črnega ogljika. Lesni dim absorbira svetlobo

predvsem v modrem in UV delu spektra, ne pa v infrardečem (IR), medtem ko dizelski izpusti vsebujejo črni ogljik, ki enakomerno absorbira svetlobo v vidnem in bližnjem UV spektru. Koncentracijo črnega ogljika (ČO) izračunamo po enačbi (Hansen idr. 1982):

$$\text{ČO} = \frac{S_f}{\sigma V_z} \text{ATN}$$

kjer je:

S_f izpostavljena površina filtra, izračunana iz premera $2d = 35,5$ mm,

V_z prečrpan volumen zraka, določen iz časa menjave filtra in pretoka $p_p = 9$ l/min,

σ specifični masni presek atenuacije: $\sigma(880 \text{ nm}) = 16,6 \text{ m}^2/\text{g}$, $\sigma(370 \text{ nm}) = 39,5 \text{ m}^2/\text{g}$.

Za podrobnejša navodila o izvedbi merilne kampanje ter izračunu koncentracije črnega ogljika in njegovih virov – skupaj s pripadajočimi predpostavkami in oceno negotovosti – bralcu priporočamo branje prispevka *Merjenje koncentracij črnega ogljika in določanje njegovih virov v okolici treh osnovnih šol – uvod v projektno učenje* (Rigler idr. 2021).

Ta metoda izkorišča dejstvo, da črni ogljik absorbira svetlobo na določenih valovnih dolžinah, kar vpliva na intenziteto prepuščene svetlobe, ki potuje skozi vzorec. Rezultate meritev so strokovnjaki iz podjetja Aerosol predstavili za vsako šolo ločeno, jih primerjali med sabo, hkrati pa umestili meritve globalno, tako da so jih primerjali z drugimi mesti po svetu.

Rezultati so pokazali močno onesnaženost zraka s črnim ogljikom za posamezne dneve meritev na vseh lokacijah. Ugotovili smo tudi, da so koncentracije črnega ogljika zelo odvisne od vpliva različnih meteoroloških dejavnikov. V jasnih dneh, ko se čez dan debelina planetarne mejne plasti ozrača poveča (višina mešanja), lahko pričakujemo znižanje koncentracij črnega ogljika zaradi intenzivnejšega redčenja. Iz istega razloga se koncentracije znižajo v vetrovnih dneh. Intenzivnost kurjenja lesa (pozimi, individualna kurišča) kot vira črnega ogljika se poveča z nižanjem temperature zraka. V času temperaturnih inverzij pa se v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah ustvari jezero hladnega zraka, ki se ne meša z višjimi zračnimi plastmi. Posledično se v njem kopičijo onesnaževala zraka, z njihovimi višjimi koncentracijami pa se povečujejo negativni učinki na naše zdravje.

Primer projektnega dela na OŠ Brinje Grosuplje

Projekt smo izvajali z učenci 5. razreda pri predmetu naravoslovje in tehnika. V izhodišču načrtovanja vsebin so bili operativni učni cilji veljavnega učnega načrta pri tem predmetu v 5. razredu (Preglednica 1). Med projektnim delom pa so pri sodelujočih učencih v ospredje prihajali tudi procesni cilji, kot so varna uporaba orodja in pripomočkov, natančno in sistematično opazovanje in zaznavanje (s čim več čutili), razvijanje veščin eksperimentalnega dela, varna uporaba pripomočkov za izvedbo poskusov, skrb za urejen delovni prostor, načrtovanje raziskave in sodelovanje pri izvedbi.

Operativni cilji učnega načrta	Nameni učenja
Učenci/učenke znajo: – pojasniti, da Zemljo obdaja plast zraka (atmosfera), – ugotoviti, da je zrak zmes različnih plinov, in jih znati poimenovati (kisik, dušik, ogljikov dioksid), – prepoznati in opisati glavne povzročitelje onesnaženosti zraka in lokalne vire onesnaženja zraka, – ugotoviti onesnaženje zraka z delci, – predlagati možne rešitve za čistejši zrak (zračni filtri), – vrednotiti ravnanje oziroma odnos ljudi do onesnaževanja zraka in ob tem razložiti, kaj pomeni odgovoren odnos do okolja.	Razložiti, kaj je atmosfera. Poimenovati pline, ki sestavljajo zrak. Našteti onesnaževala zraka. Prepoznati vire onesnaženja in onesnaževala zraka v lokalnem okolju. Dokazati, da je zrak onesnažen z delci. Oblikovati predloge za zmanjšanje onesnaženosti ozračja. Presojati ravnanja ljudi glede onesnaževanja zraka. Sklepiti o pomenu odgovornega odnosa do okolja.

Preglednica 1: Operativni cilji učnega načrta predmeta naravoslovje in tehnika za 5. razred za temo: snovi v naravi, zrak ter iz njih izpeljani nameni učenja

Namen procesnih ciljev je bil ustvarjanje učnega okolja, v katerem bodo imeli učenci priložnost aktivno vstopiti v učni proces ter ga povezati z že obstoječim znanjem in tako prihajati do (novih) spoznanj. Dejavnosti, ki so jih pri tem izvajali, so zajemale tudi naravoslovne in tehnične postopke ter spretnosti, ki jih v standardih znanj določa *Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika* (2011).

Celotno projektno delo za izbrani oddelek na OŠ Brinje Grosuplje je zajemalo naslednje dejavnosti:

- predavanje strokovnjaka s področja onesnaženosti zraka;
- načrtovanje in izvedbo merilne kampanje;
- predstavitev in analizo rezultatov;
- pripravo zaključnega poročila o ugotovitvah;
- pripravo predlogov za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole;
- načrtovanje uresničitve izbranega predloga in povezovanje z lokalno skupnostjo,
- zaključek projektne dela in njegova predstavitev.

Uvodno srečanje se je začelo s predavanjem o onesnaženosti ozračja in podnebnih spremembah, ki je bilo zasnovano interaktivno, saj so učenci s svojim predznanjem s predmetnega področja sooblikovali njegovo vsebino. Skozi problemska vprašanja so se soočali z različnimi dimenzijami znanja, na primer našteali so dejstva o zraku (sestava, pomen posameznih plinov), opredelili onesnaženost na podlagi primerov, razmišljali o virih onesnaževanja in njihovih posledicah ter predlagali rešitve za zmanjšanje onesnaženosti. Predavanje je vključevalo tudi predstavitev onesnaževal zraka, s poudarkom na delcih in aerosolih ter njihovem vplivu na zdravje in okolje. Ob tem je predavatelj predstavil še poklic raziskovalca in ključne elemente raziskovalnega dela v praksi. V sklepnem delu so se učenci seznanili z uporabo vzorčevalnega sistema in skupaj načrtovali izvedbo merilne kampanje.

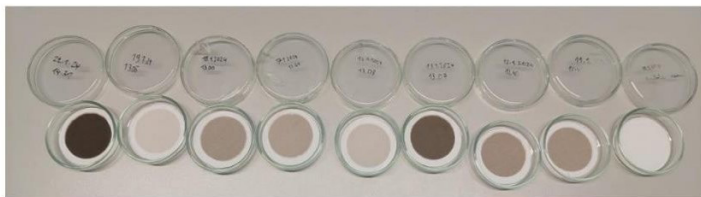
Sledila je priprava načrta izvedbe poskusa in raziskovalnega dnevnika za spremljanje in beleženje vsakodnevnih meritev. Merilna kampanja spremljanja onesnaženosti zraka v okolici šole je potekala v obdobju od 11. 1. do 22. 1. 2024. Učenci so v manjših skupinah, najprej ob podpori učitelja, nato samostojno, skrbeli za nemoten potek raziskave. Vsakodnevno so ob istem času opazovali vreme v okolici šole, zamenjali filtre v vzorčevalnem sistemu ter podatke (ime raziskovalca, ura in datum, temperatura, vidljivost, vreme, posebnosti) zapisovali v raziskovalni dnevnik.

Po končanih meritvah je bila opravljena analiza zbranih vzorcev, končno poročilo o analizi je pripravil dr. Martin Rigler. Predstavitev rezultatov je potekala v obliki videokonferenčnega srečanja.

Na podlagi rezultatov smo z učenci v sklopu pouka naravoslovja in tehnike ponovno prediskutirali predstavljene ugotovitve. Sledilo je oblikovanje predlogov za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole (Preglednica 2). Izmed vseh predlogov so nato učenci izbrali tri, ki so se jim zdeli najbolj uresničljivi. Skupina učencev je sestavila krajše poročilo o rezultatih meritev in povzela projektno delo (Slika 2).

KAKO SO POTEKALE MERITVE?

V učilnici smo pripravili instrument, ki smo mu vsak dan menjali filter. Na ta filter so se nabirali prašni delci. Naša opažanja smo zapisali v raziskovalni dnevnik.



Merjenje ČO v okolici OŠ Brinje – Januar 2024

Vanj smo zapisovali: ime in priimek raziskovalcev, datum, uro menjave, vreme in ostale posebnosti.

Raziskava je pokazala, da je bil zrak zelo onesnažen.

Zanimivo bi bilo izvedeti, da bi se zrak izboljšal za 90 % s pomočjo naših predlogov.



Slika 2: Izsek iz poročila učencev (vir: Matija Martinec)

1. Več uporabe javnega prevoza (donacija denarja za mesečne vozovnice)
2. Posaditev dreves v okolici šole
3. Postavitev stojal za kolesa v okolici šole
4. Več sončnih elektrarn
5. Urejena kolesarska pot
6. Postavitev polnilnice za električna vozila

Preglednica 2: Predlogi za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole

Po skupinski razpravi in izmenjavi mnenj o predlaganih ukrepih za zmanjšanje onesnaženosti zraka v okolici šole so učenci izbrali tri, ki so bili po njihovem najlažje uresničljivi (1., 2. in 3. predlog iz Preglednice 2). Nekateri učenci so nato prevzeli pobudo in oblikovali idejne zasnove za predstavitev teh ukrepov širši lokalni skupnosti. Odločili so se za pripravo videoposnetkov, v katerih so predstavili in utemeljili posamezen ukrep. Delo je potekalo v manjših skupinah v obsegu petih pedagoških ur. Vsaka skupina je videoposnetek zasnovala na podlagi vnaprej določenih kriterijev, ki so vključevali opredelitev problema (na primer prihod v šolo na trajnosten način), kratko predstavitev argumentov za izbiro ukrepa ter spoštljivo komunikacijo. Aktivnost je od učencev zahtevala uporabo pridobljenega znanja v novih okoliščinah, kar je spodbujalo ustvarjalnost, sodelovalno delo in vključevanje neformalnega znanja posameznikov pri oblikovanju ustreznih rešitev za predstavitev predlogov širši javnosti.

V naslednji fazi projektnega dela je potekalo glasovanje za izbor najboljšega predloga na podlagi pripravljenega videoposnetka, in sicer prek šolske spletne strani. Največ glasov je prejel predlog o postavitvi dodatnih stojal za kolesa v

okolici šole. Pri iskanju možnosti za zbiranje ponudb so učenci potrebovali pomoč učitelja. Ob predstavljenih dejstvih in cenah postavitve stoyal pa smo se z učenci začeli pogovarjati o različnih možnostih sofinanciranja pobude. Nanizali so različne predloge, na koncu pa sta dve učenki predlagali, da bi napisali pismo županu, in ga tudi sestavili.

Projektno delo se je tako razširilo na poziv k sodelovanju na ravni lokalne skupnosti, zato se je izvedba zaključne faze pomaknila v novo šolsko leto. Z učenci bomo pobudo uresničili ter končali delo s postavitvijo stoyal za kolesa in predstavitev celotnega projekta na sestanku učiteljskega zbora ter objavo prispevka v lokalnem časopisu.

Podobno so na podlagi meritev izvedli lokalno pobudo tudi na drugi osnovni šoli pri predmetu kemija. V *Učnem načrtu. Program za osnovno šolo. Kemija (2011)* je eksperimentalnoraziskovalni pristop opredeljen kot temeljna metoda pouka, ki učencem omogoča razvijanje raziskovalnih veščin, kot so oblikovanje hipotez, načrtovanje in izvajanje poskusov ter kritično vrednotenje rezultatov. Na enakih izhodiščih je temeljil tudi primer iz prakse, ko so učenci osnovne šole v okviru projektnega dela izvajali meritve črnega ogljika, analizirali rezultate in oblikovali predloge za izboljšanje kakovosti zraka v lokalnem okolju. Pripravili so projektno nalogo, kjer so interpretirali rezultate meritev in predlagali ukrepe. Kot omilitveni ukrep za znižanje koncentracij onesnaževal v okolici šole so izbrali zasaditev 11 okrasnih in sadnih dreves oziroma grmovnic. Prva drevesa so učenci višjih razredov zasadili že na dnevu dejavnosti ob dnevu Zemlje, ki je bil posvečen okoljski problematiki in ozaveščanju preostalih zaposlenih šole in učencev, ki niso neposredno sodelovali pri projektu. Skupaj z mentorji so izdelali transparente, ki pozivajo k ukrepanju za boljšo kakovost zraka, in se udeležili teka za podnebje. Učenci so pri kemiji izdelali zloženko, v kateri so zapisali pomembne ugotovitve meritev in glavna spoznanja. Zloženke so razdelili med učitelje in prebivalce ter jih odnesli zaposlenim na občini.

Vključevanje projektnega dela pri predmetu naravoslovje in tehnika

Vključevanje predstavljenega načina projektnega dela v pouk pri predmetu naravoslovje in tehnika je poseben izziv, saj spreminja tudi pogled na učenje. Sodelovanje zunanjih strokovnjakov v šolskem okolju je priložnost za ustvarjanje učečih se skupnosti (Skvarč idr. 2017). V takem okolju pa pridobivajo vsi deležniki izobraževalnega procesa, tako učenci kot učitelji.

To je zagotovo eden od pomembnejših dejavnikov, ki vodi v odločitev za uvajanje tovrstnega pristopa v pedagoško delo. Prav tako nas tudi same vsebine pri pouku naravoslovja in tehnike nagovarjajo k aktivnemu spremljanju naravnih pojavov in procesov. Obravnavane vsebine omogočajo vključevanje drugačnih oblik ocenjevanja z namenom doseganja standardov znanja s področij snovi ter naravoslovnih in tehničnih postopkov in spretnosti, kot so zapisani v *Učnem načrtu. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika (2011)*.

Primer takšnega pristopa je ocenjevanje izdelka – poročila o opravljeni raziskavi z anketo na temo odnosa ljudi do onesnaževanja zraka. Učencem so bili predhodno predstavljeni kriteriji uspešnosti, ki so bili upoštevani pri ocenjevanju znanja: sposobnost raziskovanja s pomočjo ankete (načrtovanje raziskave, oblikovanje ustreznih vprašanj in priprava anketnega vprašalnika), pravilno zbiranje podatkov, prikaz zbranih podatkov v obliki grafa ali tabele ter predstavitev rezultatov in interpretacija ugotovitev. Tako imajo učenci možnost izkazati svoje znanje v vseh fazah raziskovalnega procesa (načrtovanje, izvajanje, interpretacija). Ključno je, da se preverjanje znanja in povratna informacija učitelja izvajata kot temeljna elementa pred formalnim ocenjevanjem.

Raziskovanje resničnih življenjskih situacij otroke motivira za delo, jih postavlja v središče učnega procesa in spodbuja k uporabi usvojenega znanja (Barron in Darling-Hamond 2013).

Opazovanje zavzetega dela učencev, prepletanje formalnega in neformalnega znanja, učenje ustreznega načina reševanja problemskih situacij, iskanje smiselnih idej in doživljanje veselja ob uspešno premaganih izzivih so posebna priložnost za učenje učencev in učiteljev.

Učinki izvedbe delavnic niso bili sistematično merjeni, zato težko ocenimo, kakšen je napredek v ozaveščenosti učencev in zaposlenih na osnovnih šolah. Z gotovostjo pa lahko trdimo, da je glede na število prijavljenih šol zanimanje za delo pri temi onesnaženost zraka veliko pri vseh predmetih. Po pogovoru z učitelji ob koncu delavnic smo ugotovili, da radi uporabljajo praktične načine poučevanja, saj menijo, da učenci tako bolj sodelujejo in hitreje pridobijo znanje. Prav tako so učitelji poudarili pomembnost teme z vidika uporabnosti v vsakdanjem življenju in z vidika učenja aktivnega državljanstva. Učitelji so večkrat omenili tudi pomen obiska zunanjih sodelavcev, ki uporabljajo drugačne pristope predstavitve vsebin, hkrati pa predstavijo svoje poklice, za katere lahko zbudijo zanimanje nekaterih učencev.

Sklep

Kakovost zraka je lahko obravnavana pri katerem koli predmetu v osnovni šoli. Poleg predmetov, kjer se tema obravnava že v okviru veljavnega učnega načrta ali so povezave neposredne (naravoslovje, tehnika, tehnologija, kemija, fizika, biologija, geografija), je možno to temo z drugih vidikov obravnavati tudi pri preostalih predmetih.

Presenetil nas je velik interes učiteljev tujih jezikov za delavnice. Poleg tega, da lahko temo uporabijo pri razumevanju besedil, se lahko pri angleščini učenci naučijo pomena kratic onesnaževal, ki se uporabljajo tudi v našem prostoru (na primer PM – ang. particulate matter). Pri zgodovini lahko analizirajo načine ogrevanja v preteklosti ali vpliv industrijske revolucije na onesnaženje in podnebne spremembe.

Pri likovni umetnosti lahko izdelajo lovilce delcev, s katerimi sami merijo onesnaženost zraka, ali uporabijo sive filtre v kolažu, ali fotografirajo uničene fasade stavb in rastline ter z umetniškimi deli prikažejo onesnaženje okolice.

Matematika je tako in tako osnovni jezik raziskovalnega dela, rezultate meritev črnega ogljika je treba tabelarično in grafično prikazati in jih statistično obdelati.

Pri domovinski in državljanski kulturi in etiki lahko učitelj poudari pomen aktivnega državljanstva in zagovornišтва okolja. Lokalne pobude in povezovanje z odločevalci na občini (denimo pismo županu) so lahko dober primer učenja o delovanju lokalne uprave, pokaže tudi, da vsak glas in vsaka pobuda za boljše okolje štejeta.

Pri gospodinjstvu lahko opozorimo na onesnaženost zunanega in notranjega zraka, učence seznanimo, kje dobiti informacije – denimo opozorila s strani Nacionalnega inštituta za javno zdravje o tem, da se ne smemo zadrževati na prostem –, kako ukrepati v domačem gospodinjstvu (kateri energent uporabljati za ogrevanje, kakšne so mobilnostne navade družine) ipd.

Navedli smo nekaj primerov, predlagamo pa, da učitelji sami poiščejo načine, kako bi vključili učenje o pomenu kakovosti zraka v svoj predmet. Tema je primer- na tudi za medpredmetno povezovanje pri izvedbi tehničnih in naravoslovnih dni, taborov, šol v naravi in ekskurzij.

Literatura in viri

- Andreae, M. O. in Gelencser, A. (2006). Black carbon or brown carbon? The nature of light-absorbing carbonaceous aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, št. 6, str. 3131–3148.
- Barron, B. in Darling-Hammond, L. (2013). Obiti in izzivi za pristope k učenju, temelječe na raziskovanju. V: H. Dumont, D. Istance in F. Benavides (ur.). *O naravi učenja: uporaba raziskav za navdih prakse*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo, str. 183–199.
- Bond, T. C., Doherty, S., Fahey, D.W., Forster, P., Berntsen, T., DeAngelo, B., Flanner, M., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P.K., Lohmann, U., Sarnoff, M., Schulz, M., Schultz, M., Venkatamaran, C., Zhang, H., Zender, C.S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, 118, št. 11, str. 5380–5552.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, št. 1, str. 21–32. Dostopno na: <https://digitalauthorship.org/wp-content/uploads/2015/01/the-act-of-discovery-bruner.pdf> (pridobljeno 23. 5. 2025).
- Daellenbach, K. R., Uzu, G., Jiang, J., Cassagnes, L. E., Leni, Z., Vlachou, A., Stefanelli, G., Canonaco, F., Weber, S., Segers, A., Kuenen, J. J. P., Schaap, M., Favez, O., Albinet, A., Aksoyoglu, S., Dommen, J., Baltensperger, U., Geiser, M., El Haddad, I., Jaffrezou, J. L., ... Prévôt, A. S. H. (2020). Sources of particulate-matter air pollution and its oxidative potential in Europe. *Nature*, 587, št. 7834, 414–419.
- European city air quality viewer (2025). Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/european-city-air-quality-viewer> (pridobljeno 4. 8. 2025).

- Glojek, K., Močnik, G., Alas, H., Cuesta-Mosquera, A., Drinovec, L., Gregorič, A., Ogrin, M., Weinhold, K., Ježek, I., Müller, T., Rigler, M., Remškar, M., Van Pinxteren, D., Herrmann, H., Ristorini, M., Merkel, M., Markelj, M. in Wiedensohler, A. (2021). The impact of temperature inversions on black carbon and particle mass concentrations in a mountainous area. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22, št. 10, str. 5577–5601. Dostopno na: <https://doi.org/10.5194/acp-22-5577-2022> (pridobljeno 4. 8. 2025).
- Grah, J., Rogič Ožek, S. in Žarkovič Adlešič, B. (2017). Zakaj vključujoča šola. V: Z. Kos, A. Nagode (ur.). *Vključujoča šola: Priročnik za učitelje in druge strokovne delavce*, 1. zvezek. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- Greilinger, M., Drinovec, L., Močnik, G. in Kasper-Giebl, A. (2019). Evaluation of measurements of light transmission for the determination of black carbon on filters from different station types. *Atmospheric Environment*, 198, št. 100, str. 1–11. Dostopno na: DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.10.017 (pridobljeno 4. 9. 2025).
- Hansen, A. D. A., Rosen, H. in Novakov, T. (1982). Real-time measurement of the absorption coefficient of aerosol particles. *Applied Optics*, 21, št. 17, str. 3060.
- Izkustveno učenje: od teorije k praksi*. (2022). Dostopno na: https://www.zrssi.si/pdf/BEAT_Izkustveno_ucenje.pdf (pridobljeno 13. 8. 2024).
- Janssen, N. A. H., Gerlofs-Nijland, M. E., Lanki, T., Salonen, R. O., Cassee, F., Hoek, G., Fischer, P., Brunekreef, B. in Krzyzanowski, M. (2012). *Health effects of black carbon*. Copenhagen: WHO.
- Janssen, N. A. H., Hoek, G., Simic-Lawson, M., Fischer, P., van Bree, L., ten Brink, H., Keuken, M., Atkinson, R. W., Anderson, H. R., Brunekreef, B. in Flemming, R. (2011). Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM10 and PM2.5. *Environmental Health Perspectives*, 119, št. 12, str. 1691–1699.
- Kakovost zraka*. (2023). Dostopno na: <https://www.gov.si teme/kakovost-zraka/> (pridobljeno 8. 8. 2024).
- Kolb, A. Y. in Kolb, D. A. (2012). Experiential learning theory. V: N. M. Seel (ur.). *Encyclopedia of the sciences of learning*. New York: Springer US, str. 1215–1219.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2. izd.). New Jersey: Pearson Education.
- Liu, S., Wang, Y., Liu, Y., Ma, Y., Li, Y. in Wang, W. (2021). Air pollution during infancy and lung function development into adolescence: A prospective birth cohort study. *Environment International*, 146, št. 106276. Dostopno na: doi:10.1016/j.envint.2020.106276 (pridobljeno 5. 8. 2025).
- Marentič Požarnik, B. (2018). *Psihologija učenja in pouka: Od poučevanja k učenju*. Ljubljana: DZS.
- O naravi učenja: uporaba raziskav za navdih prakse*. (2013). Dostopno na: <https://www.zrssi.si/pdf/o-naravi-ucenja.pdf> (pridobljeno 7. 7. 2024).
- Rigler, M., Martinec, M. in Vičič, T. (2021). Merjenje koncentracij črnega ogljika in določanje njegovih virov v okolici treh osnovnih šol – uvod v projektno učenje. *Fizika v šoli*, 26, št. 2, str. 12–27.
- Sharma, A. in Kumar, P. (2018). A review of factors surrounding the air pollution exposure to in-pram babies and mitigation strategies. *Environment International*, 120, str. 262–278.
- Sicard, P., Agathokleous, E., De Marco, A., Paoletti, E. in Calatayud, V. (2021). Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Sciences Europe*, 33, št. 28, str. 1–12. Dostopno na: <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00450-2> (pridobljeno 25. 7. 2025).

- Skvarč, M., Čuk, A. in Rutar Ilc, Z. (2017). Tudi učitelji smo učenci. V: Z. Kos, A. Nagode (ur.). *Vključujoča šola: Priročnik za učitelje in druge strokovne delavce*, 5. zvezek. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- Smernice za zmanjševanje izpostavljenosti onesnaževalom iz prometa v vrtcih, šolah in njihovi okolici.* (2020). Dostopno na: <https://focus.si/wp-content/uploads/2022/12/Smernice-za-zmanjševanje-izpostavljenosti-onesnaževalom-iz-prometa-v-vrtcih-solah-in-njihovi-okolici.pdf> (pridobljeno 17. 6. 2024).
- Spodbujanje razvoja veščin znanstvenega raziskovanja s formativnim spremljanjem: Mednarodni projekt Assessment of Transversal Skills – ATSS2020.* (2018). Dostopno na: <https://www.zrss.si/pdf/VescineZnanstvenegaRaziskovanja.pdf> (pridobljeno 8. 8. 2024).
- Strokovna podlaga za projektno učenje.* (2020). Dostopno na: https://didakt.um.si/oprojektu/projektneaktivnosti/Documents/Strokovna%20podlaga_projektno_27feb.pdf (pridobljeno 13. 8. 2024).
- Szabados, M., Kakucs, R., Páldy, A., Kotlík, B., Kazmarová, H., Dongiovanni, A., Di Maggio, A., Kozajda, A., Jutraz, A., Kušec, A., Otorepec, P., & Szigeti, T. (2022). Association of parent-reported health symptoms with indoor air quality in primary school buildings – The InAirQ study. *Building and Environment*, 221, št. 109339 str. 1–11.
- Tao, W. K., Chen, J. P., Wang, Z., Li, C. in Zhang, C. (2012). Impact of aerosols on convective clouds and precipitation. *Reviews of Geophysics*, 50, št. 2, RG2001.
- Trajnostna mobilnost v vrtcih in OŠ.* (2021). Dostopno na: <https://www.sptm.si/praksa/projekti/2021/04/trajnostna-mobilnost-v-vrtcih-osnovnih-solah> (pridobljeno 8. 8. 2024).
- Trajnostna mobilnost v procesu izobraževanja.* (2018). Dostopno na: <https://e-knjige.ff.uni-lj.si/znanstvena-zalozba/catalog/download/39/94/3014-1?inline=1> (pridobljeno 10. 12. 2021).
- Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika.* (2011). Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_naravoslovje_in_tehnika.pdf (pridobljeno 2. 7. 2024).
- Učni načrt. Program osnovna šola. Kemija.* (2011). Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_kemija.pdf (pridobljeno 2. 8. 2025).
- WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.* (2021). Dostopno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228> (pridobljeno 8. 8. 2024).
- Zbornik učnih aktivnosti: aktivno državljanstvo.* (2024). Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo; Fakulteta za družbene vede. Dostopno na: <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-WH7ML3M3?&language=eng> (pridobljeno 20. 5. 2025).

Marjeta BENČINA (Focus Association for Sustainable Development, Slovenia)

Matija MARTINEC (Brinje Grosuplje Primary School, Slovenia)

Asta GREGORIČ (Aerosol Ltd., Slovenia)

Martin RIGLER (Aerosol Ltd., Slovenia)

Tim GREGORČIČ (University of Ljubljana, Faculty of Arts, Slovenia)

INTRODUCING THE TOPIC OF AIR POLLUTION INTO PRIMARY SCHOOLS THROUGH EXPERIENTIAL LEARNING – A CASE STUDY

Abstract: Air pollution is the most important public health problem leading to increased mortality and morbidity in the population. Air pollutants differ in their origin and chemical composition. Particulate matter is a major air pollutant, with black carbon being an important component. Black carbon is produced by the incomplete combustion of fossil fuels and biomass in transport and household heating. In Slovenia, the main sources are transport, energy production, and individual heating systems. Due to their small size, these particles can penetrate deep into the respiratory tract and cause a variety of illnesses with prolonged exposure. Children, as a particularly vulnerable group, are even exposed to pollutants at school. As users of space, they can work with teachers to propose measures to improve air quality around the school and in the community, while municipalities and the state are expected to implement measures to protect the health of the people for whom they are responsible. As users of space, together with the teachers, they can propose measures to improve the air quality around the school and in the community, while the municipalities and the state are expected to implement measures to protect the health of the people for whom they are responsible. Through workshops, soot measurements in selected primary schools and local initiatives, we have shown that experiential, research-based project learning is useful to sensitise students, teachers, schools and the local community to take action to reduce concentrations of harmful air pollutants. We have collected suggestions for introducing content and activities on the topic of air pollution in science and technology in grade 5 and suggest how the topic can be integrated into other subjects.

Keywords: air pollution, black carbon, influence on health, experiential learning, research work, local initiatives, active citizenship

Email for correspondence: marjeta@focus.si