

Znanstvena revija, št. 6 / leto 2018
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo in
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Ljubljana, 2018

Scientific journal, no 6 / Year 2018
University of Ljubljana
Faculty of Architecture and
Faculty of Civil and Geodetic Engineering
Ljubljana, 2018

Naslov revije: Title of the Journal:

IGRA USTVARJALNOSTI
teorija in praksa urejanja prostora

THE CREATIVITY GAME
Theory and Practice of Spatial Planning

Urednici: Alenka Fikfak, Alma Zavodnik Lamovšek Editors: Alenka Fikfak, Alma Zavodnik Lamovšek

Oblikovanje in naslovnica: Gašper Mrak Design and Title page: Gašper Mrak
Lektoriranje: Mojca Vilfan Slovene text proofread by: Mojca Vilfan
Prevod: Mojca Vilfan Translation: Mojca Vilfan
Klasifikacija: (UDK) Renata Stella Čop, (DOI) Teja Koler Povh Classification: (UDK) Renata Stella Čop, (DOI) Teja Koler Povh

Založila: Univerza v Ljubljani, Published by: University of Ljubljana,
Fakulteta za arhitekturo in Faculty of Architecture and
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Faculty of Civil and Geodetic Engineering

Spletna stran revije: Journal's Web Page:
<https://www.iu-cg.org/> <https://www.iu-cg.org/en/>

Spletna stran številke Current Issue Link
<https://www.iu-cg.org/stevilka.php?vol=6&lang=si> <https://www.iu-cg.org/stevilka.php?vol=6&lang=en>

ISSN 2350-3637 ISSN 2350-3637

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo



JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
REPUBLIKE SLOVENIJE

Revija je sofinancirala The journal is financially
Javna agencija za supported by the Slovenian
raziskovalno dejavnost RS. Research Agency

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo



Martina Zbašnik-Senegačnik: VPLIVI NOTRANJEGA PROSTORA NA OTROKE V ŠOLAH IN VRTCIH

THE IMPACTS OF INTERIOR SPACE ON CHILDREN IN SCHOOLS AND KINDERGARTENS

DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/IU-CG.2018.06.82-89> ■ UDK: 747:378 ■ 1.02 Pregledni znanstveni članek / Review Article ■ SUBMITTED: October 2018 / REVISED: November 2018 / PUBLISHED: November 2018

IZVLEČEK

Študije in izkušnje kažejo, da je prostor pomemben dejavnik pri vzgoji in izobraževanju otrok. Stroka mu pripisuje vlogo tretjega učitelja, kar je pomembna in odgovorna funkcija. Prispevek izpostavlja pomen grajenega izobraževalnega prostora in se osredotoča na fizikalne parametre, ki zagotavljajo bivalno ugodje – toplotno ugodje, svetlobno okolje, akustično ugodje in kakovost zraka v notranjih prostorih. Obravnavani parametri ugodja v zadnjih desetletjih pridobivajo na pomenu na podlagi številnih študij, ki dokazujejo njihovo pomembnost in predvsem izpostavljajo negativne vplive na zdravje in počutje otrok ter njihovo učno uspešnost in napredovanje. Na dolgi izobraževalni poti od vrtca do fakultete preživi otrok v izobraževalnih ustanovah veliko časa, zato negativni potencial grajenega okolja ne sme biti zanemaren.

Arhitekt kot oblikovalec prostora vpliva na kakovost grajenega okolja že v najzgodnejši fazi načrtovanja – funkcionalna zasnova oblike stavbe mora omogočati osvetlitev z dnevno svetlobo in hkrati preprečevati možnost pregrevanja, nuditi akustično ugodje, izbrana gradiva ovoja stavbe in opreme ne smejo sproščati škodljivih substanc, vgrajeni tehnološki sistemi pa morajo zagotavljati ustrezno uravnavanje temperature in stalne izmenjave zraka.

KLJUČNE BESEDE

šole, negativni vplivi okolja na zdravje otrok, toplotno ugodje, svetlobno ugodje, akustično ugodje, kakovost notranjega zraka

ABSTRACT

Studies, as well as experience, show that learning space plays an important part in children's education. The experts believe it has the role of the third teacher, which is an important and responsible role. This article stresses the importance of constructed learning space and focuses on physical parameters providing residential comfort – heat comfort, light comfort, acoustic comfort and the air quality of internal spaces. The assessed parameters of comfort have been gaining importance in the last ten years based on numerous studies proving their significance and particularly revealing the negative impact on children's health and wellbeing, but also their school success and progress. On the long path of education from kindergarten to university, a child spends a significant amount of time in school, therefore the negative potential of constructed environment should not be overlooked.

The architect is the designer of the space and therefore has an influence on the quality of the constructed environment in the early stages of planning – the functional design of the building structure has to provide daylight and at the same time prevent the space from overheating, it has to provide acoustic comfort, the selected materials of the building's envelope and furniture must not emit harmful substances, and the inbuilt technological systems have to provide an adequate temperature regulating and continuous air exchange.

KEY-WORDS

schools, negative environmental impacts on children's health, thermal comfort, light comfort, acoustic comfort, interior air quality

UVODNIK
EDITORIAL
ČLANEK
ARTICLE

RAZPRAVA
DISCUSSION
RECENZIJA
REVIEW
PROJEKT
PROJECT
DELAVNICA
WORKSHOP
NATEČAJ
COMPETITION
PREDSTAVITEV
PRESENTATION
DIPLOMA
MASTER THESIS

1. UVOD

Kakovostna je tista šola, v katero otroci radi zahajajo, se v njej veliko naučijo in nanjo ohranijo lepe spomine. Tega ne omogočajo zgolj dobri učitelji z veliko znanja, s pravim odnosom do otrok in vključevanjem ustreznih pedagoških pristopov. Velik pomen ima tudi grajeno okolje, saj učni prostor lahko spodbuja ali pa ovira poučevanje in učenje spretnosti. Stavba šole mora nuditi zdravo in prijetno okolje za vsestransko psihično in fizično rast otroka, tudi kot individuuma s svojimi potrebami. Pomembno je, da omogoča poučevanje v skladu s pedagoškimi doktrinami, izpolnjuje psihološke potrebe, ob tem pa upošteva fiziološke procese, ki se dogajajo v organizmu in so pogojevani z grajenim okoljem. Menezes *et al* ugotavljajo (2012), da je v Evropi v vrtcih, osnovnih in srednjih šolah 64 milijonov otrok in mladine ter 4,5 milijona učiteljev. Na poti do akademskih ciljev bo otrok kar 30 % svojega časa preživel v razredu, zato mora biti učno okolje udobno, živahno in zdravo (Golshan, 2018).

Arhitekti in oblikovalci nosijo pri zasnovi šol veliko odgovornost, saj daje kakovostno učno okolje priložnost za izboljšanje izobraževalnih rezultatov otrok (Yang *et al.* 2018). Dobro oblikovano in vzdrževano izobraževalno okolje podpira otrokove aktivnosti, prav tako pa mora spodbujati tudi kvalitetno učenje (Mohidin *et al.* 2015). Arhitekturno dobro oblikovana šola doprinese tudi k višjemu nivoju sodelovanja med otroki in učitelji ter omogoča večjo uspešnost v učnih dejavnostih.

Izsledki novih raziskav o izobraževalnem okolju, vključevanje novih tehnologij in upoštevanje otrokovih potreb so oblikovalcem v pomoč pri kreiranju inovativnega, uporabnega in učinkovitega izobraževalnega okolja, ki bo otroku pomagal pri razvoju, prilagajanju in učenju. Leinonen in Venninen (2012) trdita, da je grajeno okolje pomembno že v najzgodnejših obdobjih, zato poudarjata, da mora biti prostor oblikovan tako, da stimulira:

- **Gibanje:** gibanje je temelj za otrokov intelektualni razvoj – otrok mora imeti čim več možnosti mišičnega gibanja v notranjem prostoru in zunaj stavbe
- **Udobje:** ko se otrok počuti dobro v fizičnem okolju, začne raziskovati materiale in dogodke okrog sebe. Elemente udobja se lahko občuti v variacijah arhitekturnih elementov, kot so obseg, višina etaže, teža stropa, osvetljenost, različnost tekstur površin in prisotnost mehkih predmetov, kot so preproge, zofe in blazine.
- **Kompetentost:** podporno okolje pomaga otrokom izpolniti njihove lastne potrebe; spodbuja enostavno opravljanje nalog, upravljanje z lastnimi igračkami in nadzor nad lastnim gibanjem od prostora do prostora. Prostor mora biti oblikovan tako, da zadovolji potrebe različnih skupin otrok – miren prostor z zatemnjenimi lučmi za spanje in počitek, svetel in vesel prostor za spodbujanje branja ali drugih aktivnosti.
- **Nadzor:** otrok mora imeti možnost izvajanja nadzora nad trenutnim osebnim okoljem na ta način, da ima lahko nekaj zasebnosti, da predvideva in da pravilno orientira svoje telo v prostoru. Nekatere oblikovalske rešitve pomagajo vzdrževati ravnotežje med nadzorom otroka v prostoru in njegovo potrebo po zasebnosti. Prostor mora biti oblikovan tako,

da podpira predvidljivost prihodnjih dogodkov, kar vključuje možnost razgleda in nadzora nad celotnim prostorom (npr. povišano mesto).

Po kognitivni teoriji, ki jo je razvil Jean Piaget (Piaget, Inhelder, 2013), otrok gradi svoje znanje na praktičnih izkušnjah, ki jih pridobiva v določeni starosti, zato mora učno okolje spodbujati raziskovanje. Piagetova teorija vključuje v arhitekturno oblikovanje arhitekturne elemente, ki so sredstvo za spodbujanje razvoja znanja s pomočjo praktičnih izkušenj. Okolje, ki izpolnjuje otrokove potrebe v zgodnji dobi, mora vsebovati (Mohidin *et al.* 2015):

- senzitivne in senzualne teksture, zvok, svetlobo in barve – vse, kar izziva in navdihuje otroka v taki meri, da zagotovi miren in prijeten prostor za umik in varnost, pa tudi več odprtih socialnih prostorov za skupinske aktivnosti, in
- vznemirljiv zunanji prostor za svobodno gibanje in fizične drznosti.

2. BIVALNO UGODJE V PROSTORU

Grajeno okolje mora poleg varnosti najprej zagotavljati bivalno ugodje uporabnikom. Bivalno ugodje opredelimo kot prijetno počutje človeka v prostoru. Odvisno je od fizikalnih pogojev – toplote, svetlobe, relativne vlažnosti zraka ter kvalitete zraka. Na bivalno ugodje dodatno vplivajo tudi akustični pogoji. Načeloma človek ugodnih razmer posebej ne občuti, zato pa je precej bolj občutljiv na neugodne. V prostorih šol in vrtcev morajo biti ustvarjene razmere, ki nudijo optimalne pogoje za delo, učenje in igro.

Parametri, ki sestavljajo bivalno ugodje – toplotno ugodje, svetlobno ugodje, akustično ugodje in kakovost zraka, imajo zelo velik vpliv na počutje, uspešnost in tudi zdravje otrok, česar se večinoma še vedno premalo zavedamo.

3. TOPLOTNO UGODJE

Pojem toplotno ugodje se nanaša na temperaturo, ki jo občutijo uporabniki prostora. Občutena temperatura je rezultat ravnovesja toplotnih tokov (konvekcija in sevanje) med tremi termodinamičnimi sistemi – to so notranji zrak, površine obodnih konstrukcij prostora in notranjih elementov ter uporabnik prostora. Na toplotno ugodje vplivajo štiri fizikalne veličine – temperatura zraka, hitrost zraka, srednja sevalna temperatura in vlažnost zraka – ter dve subjektivni spremenljivki – izolativnost oblačil in nivo fizične aktivnosti (Golshan, 2018). Toplotno ugodje zagotavlja v prvi vrsti ustrezen ogrevalni sistem, v toplotno bilanco pa so vključeni tudi dobitki sončnega obsevanja. Z naravno vidno svetlobo, ki vstopa preko velikih, južno orientiranih zasteklitev, prihaja v prostor tudi toplota. Ob sončnih dnevih v prostorih pogosto prihaja do pregrevanja, kar poslabša toplotno ugodje.

»Nevtralno« toplotno ugodje se do neke mere lahko uravnava in vzdržuje z izbiro obleke – kombinacija tanka obleka in topel zrak je ekvivalent topli obleki in hladnemu zraku. Ko toplotne razmere presežejo mejo nevtralnosti, pride v telesu do znižanja vzburjenja, ko se človek sprosti in se na splošno manj trudi delati. To je pogosto nezaveden odgovor na toploto. Raziskave (Wargocki in Wyon, 2017) na skupinah otrok, ki so bile po dve uri izposta-

vljeni temperaturam 20, 27 in 30 °C, kažejo, da se je z višanjem temperature zmanjševala hitrost branja in računanja. Avtorja ugotavljata, da se učinki na otrokovo delo v hlajenih učilnicah odražajo na hitrosti opravljanja nalog in pri zelo majhnem obsegu napak.

V razredih so temperature pogosto previsoke zaradi nizke stopnje prezračevanja. Učinkovit prezračevalni sistem bi odstranil tudi odvečno toploto.

4. SVETLOBNO UGODJE

Svetlobno ugodje je pomemben parameter kakovostnega okolja v razredu (Al-Khatatbeh, Ma'bdeh, 2017). Doseže se ga lahko z naravno in umetno osvetlitvijo. Glede na to, da se pri nas dejavnost v šolah večinoma izvaja v svetlem delu dneva, mora biti prostor oblikovan tako, da omogoča zadostno in kakovostno osvetlitev z naravno svetlobo, ki pa mora biti podprta tudi s kakovostno umetno osvetlitvijo (Woolner *et al.* 2007). Človek namreč v zaprtih prostorih preživi 87 % svojega življenja (Konis, 2017) in je izpostavljen predvsem pomanjkanju naravne svetlobe, ki je za organizem zelo pomembna, saj uravnava cirkadiani ritem. Ta biološka ura, sinhronizirana na naravni dnevno-nočni cikel, vpliva na številne fiziološke procese v človekovem organizmu (na primer uravnavanje telesne temperature, prebava, izločanje hormonov). Neupoštevanje cirkadianega ritma lahko pripelje do motenj spanja, debelosti, nekaterih oblik raka itd. (Španinger *et al.* 2009). Nezadostna, pa tudi neustrezna osvetlitev povzroča nelagodje, pogosto lahko tudi glavobol. Študije dokazujejo povezavo med osvetljenostjo in obnašanjem otrok ter njihovimi učnimi dosežki (Winterbottom in Wilkins, 2009).

Podpora nezadostni osvetlitvi z naravno svetlobo je električna razsvetljava, ki je primerna za izvajanje vizualnih nalog (stimulacija vizualnega sistema), vendar pa večinoma nima ustrezne spektralne sestave in intenzivnosti, ki sta potrebni za spodbujanje cirkadianega sistema, razen če ta vsebuje dodatni učinkoviti dražljaj cirkadianega stimulusa. Vse cone znotraj stavbe, ki regularno ne dosežejo svetlobnih pogojev, potrebnih za učinkovit cirkadiani stimulus, so označene kot »biološka tema« in veljajo za območja, kjer lahko stalna zasedenost oz. uporaba skozi daljše časovno obdobje predstavlja nevarnost za motnje cirkadianega sistema uporabnikov.

Osvetljenost v razredih mora biti primerna za različne aktivnosti, kot sta pisanje in branje na šolskih mizah (Yener, 2011). CIBSE (2004) izpostavlja priporočeno osvetljenost miz za različne oblike razredov med 300 in 500 lux. Sprejetje teh vrednosti pomaga omejiti bleščanje na sprejemljiv nivo. Moteči so tudi preveliki kontrasti v osvetlitvi. Svetlobno ugodje se zmanjša, če razmerje med najmanjšo in največjo osvetlitvijo v prostoru presega 0,6 (Slater, 1993). Rešitev predstavlja umetna osvetlitev, vendar izključna odvisnost od nje ni priporočljiva (ne samo zaradi migotanja, ampak ker lahko moti delovanje hormonov in cirkadiani ritem (Küller, Laike, 1998)). Za zmanjševanje razmerja med najmanjšo in največjo osvetlitvijo v prostoru so uporabne žaluzije in drugi sistemi za uravnavanje dnevne osvetlitve.

Velikokrat motnjo osvetlitve lahko predstavlja tudi nepravilno vgrajena oprema. Projektor, ki je obešen na strop in usmerjen na vertikalno steno, lahko povzroči odboj svetlobe in tabli, kar se odraža kot bleščanje, to pa

povzroči nelagodje. Moteč vir svetlobe, ki povzroči bleščanje, je lahko interaktivna tabla, pa tudi bela tabla s sijano površino. Moteče je tudi 100 Hz migotanje fluorescentne svetlobe (ki je sicer neopazno, pa kljub vsemu moti) (Winterbottom in Wilkins, 2009). Moteči vzorci žaluzij na oknih lahko povzročijo vizualni stres, izzovejo glavobol ali migrene in celo epileptične napade (Harle *et al.* 2006; Fisher *et al.* 2005).

Nelagodje povzroča tudi prevelika osvetljenost, še posebej, če ni enakomerna, kar se pogosto lahko zgodi poleti (Winterbottom in Wilkins, 2009). Stopnja osvetljenosti mora biti prilagojena na trenutne dejavnosti oz. fizične aktivnosti otrok. Schreiber (1996) trdi, da postanejo otroci bolj umirjeni in zainteresirani za aktivnosti v razredu, če se osvetljenost zmanjša. Treichel-Arehart (1974) ugotavlja, da lahko fluorescentna svetloba zmanjša hiperaktivnost otrok v šoli.

5. AKUSTIČNO UGODJE

V učilnicah je večinoma zbrana večja množica otrok in učitelj. Posledica njihove aktivnosti je govorjenje – to je zvok, ki se v zaprtih prostorih večkrat odbije od odbojnih površin, kot so stene, tla in okna. Zvočni signal, ki doseže ušesa, tako ni več originalni signal tistega, ki je govoril, ampak je kontaminiran s šumom iz ozadja in z odmevi. Odmev se nanaša na zvoke, ki se odbijejo od površin in (glede na volumen in obliko razreda) celotnega absorpcijskega območja ter absorpcijskih materialov na konstrukciji. Dobro je znano, da je odmev v otrokovi verbalni komunikaciji in učenju zelo moteč (Neuman *et al.* 2010; Klatt *et al.* 2010). Dva pomembna faktorja, ki vplivata na verbalno komunikacijo med učiteljem in učencem v razredu, sta razmerje med signalom in šumom (angl. signal-to-noise-ratio (SNR)) ter odmevni čas. Še posebej je to pomembno pri otrocih (Bradley in Sato, 2008), saj njihov slušni sistem in zaznavanje do starosti 13 ali 14 let še nista popolnoma razvita. Sprejemljivo akustično okolje za odrasle torej ne pomeni nujno tudi ustreznega okolja za zadovoljevanje potreb otrok. Da se doseže enako razumljivost govora, kot velja za odrasle, mora biti v razredu višje razmerje med signalom in šumom (SNR) in manj odmevnega časa (Peng *et al.* 2015).

Prostor mora omogočati enostavno razlikovanje besed, razumevanje govorjenja in tudi omogočati, da si sporočilo zapomnimo. Slaba akustika poviša hrup zaradi aktivnosti, zmanjša zaznavanje govora in poslabšuje koncentracijo (Sala in Rantala, 2016). Tudi dolg odmevni čas povečuje nivo hrupa. Z akustičnim stropom se akustično okolje v razredu bistveno izboljša (Peng *et al.* 2015).

5.1 Hrup

Hrup je neinformacijski zvok, ki ima določene škodljive učinke na človeške funkcije. V prvi vrsti hrup nervira. Poleg tega zmanjša zaznavanje zvoka pri otrocih in odraslih, pri otrocih celo bolj resno (Dockrell, Shield, 2004). Zaznavanje govora med hrupom je posebej težko za posameznike z nizko kapaciteto spomina. Saala in Rantala (2016) ter Åhlander *et al.* (2011) ugotavljajo, da kar 92 % učiteljev zmoti hrup, ki ga povzročajo otroci, ventilacija in druge naprave v stavbi. Kognitivne funkcije, za katere je znano, da so dovzetne za učinke hrupa, so pozornost, učenje jezikov, uspešnost v matematiki

in spomin (Astolfi, Pellerey, 2008). V raziskavi o vplivu hrupa cestnega in letalskega prometa (Stansfeld *et al.* 2005) je bilo ugotovljeno, da ima hrup pomembno in odgovorno funkcijo v kognitivnem delovanju otrok: čim višji je nivo hrupa, tem večji je njegov moteč vpliv.

V zadnjih 20 letih so se metode poučevanja spremenile in vplivale na nivo hrupa med poučevanjem. Nedavne študije (Saala in Rantala, 2016) so ugotovile, da v razredu ena oseba govori 46 % vsega časa, kljub temu, da učenci niso več pasivni opazovalci, ampak aktivni iskalci znanja. Dinamične metode poučevanja so orientirane k otroku, vključujejo skupinske diskusije, learning-by-doing vaje in timsko delo. Vse te aktivnosti pa povečujejo hrup. Tudi fizične aktivnosti same – rokovanje z različnimi predmeti, premikanje stolov in miz, gibanje po prostoru – zvišujejo raven hrupa. Nivo hrupa variira glede na predmet, ki se poučuje, število in starost učencev ter pedagoške doktrine. Dodatni hrup v ozadju povzročajo tudi promet ter oprema in naprave, vgrajene v stavbo (ogrevalne in prezračevalne naprave, klimatske naprave, vodovod, električne naprave).

Namen komuniciranja je biti slišan in razumljen, zato govornik reagira na hrup v okolici. Da preseže moteč hrup, mora govorec uporabiti povišan, glasen, zelo glasen ali kričec glas (Saala in Rantala, 2016). Povišanje jakosti glasu je večinoma nezavedno. Čeprav spremembe v jakosti glasu pomenijo izboljšanje verbalnega sporočila, imajo hkrati škodljiv vpliv na govorni organ. Povečana je nevarnost govorne motnje, ki je med učitelji zelo pogosta.

6. KAKOVOST NOTRANJEGA ZRAKA

Kakovost notranjega zraka je pomembna za zdravje in dobro počutje, pomembnejša kot drugi okoljski vplivi. Kakovost zraka je ustrezna, če je v prostorih zagotovljen stalen dotok svežega zraka brez znanih ali pričakovanih onesnaževalcev v koncentracijah, ki bi lahko bile škodljive. V prostorih se ne sme ustvarjati pogojev, ki bi lahko bili povezani z zdravjem uporabnikov. Nad kakovostjo zraka nihče ne bi smel izražati nezadovoljstva (ASHRAE).

6.1 Škodljive substance

Študije kažejo, da največji onesnaževalec notranjega zraka niso substance iz zunanega zraka (razen če objekt stoji v močno onesnaženem okolju), temveč nastajajo v notranjosti. Izhajajo iz gradiv ali opreme v stavbah. Izpostaviti velja predvsem tiste škodljive snovi, ki so splošno razpoznavne, ali pa zelo nevarne pri višji koncentraciji (Zbašnik-Senegačnik, 1996):

- hlapi – gradiva takoj po vgradnji ali pa še nekaj časa po tem izhlapevajo agresivne hlape, ki dražijo sluznice;
- prah – v določenih fazah življenjskega ciklusa gradiv nastaja prah, ki z vdihavanjem pride v pljuča;
- vlakna – vlaknasta gradiva (npr. azbestna vlakna) obremenjujejo bližnjo in daljno okolico, posebej nevarna so, če pridejo v pljuča;
- strupi – iz nekaterih gradiv izhajajo določeni strupi (formaldehid, stiren, PCP, PCB, toluen, ksilen...), ki so (še posebej v večjih koncentracijah) lahko zelo nevarni;

- radioaktivne snovi – iz nekaterih zemeljskih gradiv izhaja radon, ki se nabira predvsem v zaprtih in neprezračanih prostorih.

V notranjem zraku se pojavljajo npr. hlapne organske spojine (VOCs), mehčalci, vlaga in plesen – sproščajo jih ljudje s svojimi aktivnostmi, gradiva in oprema, ki sestavljajo notranji prostor, nepopolno zgorevanje kuriv in drugi procesi. Emisije so odvisne od vrste onesnaževalca, vrste stavbe in tudi glede na čas in prostor v stavbi (Sundell *et al.* 2011). Verrielle *et al.* (2016) so v raziskavi analizirali sestavo notranjega zraka v desetih francoskih šolah in v nekem razredu identificirali preko 150 VOCs delcev s koncentracijo 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (najvišje koncentracije so bile dosežene za acetone, 2-butanone, formaldehid, acetaldehid, heksanal, toluen, heptane in pentanal). Razen benzena, ozona in NO_2 , ki so bili tudi prisotni, so vse substance izhajale iz notranjosti. Tudi Simoni *et al.* (2010) so ugotovili, da v notranjem zraku v šolah prihaja do povišanih vrednosti trdih delcev PM_{10} . Merili so sestavo zraka v šolah na Norveškem, Švedskem, Danskem, v Franciji in Italiji (21 šol, 46 razredov). V času pouka so merili stopnjo prezračevanja, temperaturo, relativno vlago, osvetlitev, trde delce, dušikov dioksid, ogljikov dioksid, ozon, formaldehid, prah in zračne alergene, plesen ter bakterije, in sicer znotraj in zunaj stavb. V večini šol je koncentracija PM_{10} preseгла mejno vrednost 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ki jo priporoča EPA (Environmental Protection Agency) za dolgotrajno izpostavljenost. Notranje vrednosti PM_{10} so bile vedno višje znotraj kot zunaj.

Posledice delovanja škodljivih substanc se kažejo v obliki različnih težav in bolezni, nekatere med njimi so tudi smrtonosne. Škodljive snovi, ki izhajajo iz gradiv, organizem sprejema preko kože, dihalnih poti in prebavnega trakta. Med substancami, ki so v notranjem zraku, prihaja do fizikalnih in kemijskih reakcij. Nastajajo nove spojine, ki spremenijo sestavo notranjega zraka in, domnevno, njihove učinke tako na zaznano kvaliteto zraka kot tudi na zdravstvena tveganja na izpostavljene uporabnike prostorov (Sundell *et al.* 2011). Teh procesov ni mogoče nadzorovati.

6.2 Ogljikov dioksid

Največji delež onesnaževalcev v notranjem zraku predstavlja CO_2 , zato ima velik vpliv na njegovo kakovost. Delež CO_2 je odvisen od števila prisotnih v razredu, njihove aktivnosti in predvsem od stopnje prezračevanja. Ovoj stavbe je zrakotesen do te mere, da ne zagotavlja zadostnih količin svežega zraka. Prezračevanje poteka ročno, z občasnim odpiranjem oken, ali pa konstantno s prezračevalno napravo. Učinkovitost prezračevanja prostorov z odpiranjem oken je odvisna od pogostosti odpiranja oken, torej od subjektivne ocene uporabnika, ki pa večinoma ne zagotavlja kakovostnega zraka. Rijal *et al.* (2007) so na podlagi več kot enoletnega opazovanja navad po hlajenju prostorov z odpiranjem oken v 15 poslovnih stavbah v Angliji ugotovili, da je delež odprtih oken nižji pozimi, srednji spomladi in jeseni in najvišji poleti. Ker se z odpiranjem oken hkrati uravnava tudi nivo prezračevanja, je zlasti pozimi, ko se manj odpira okna, zrak v notranjih prostorih slabe kvalitete, čeprav ima mogoče ustrezno temperaturo in zagotavlja toplotno ugodje.

T. i. naravno prezračevanje z odpiranjem oken v zadnjem obdobju nado-mešča mehansko prezračevanje, s katerim se prostor prezračuje kontinu-

irano in nezaznavno oz. nemoteče. Številne študije dokazujejo, da samo uravnoteženo mehansko prezračevanje zagotavlja konstantno kakovost zraka. Sistem konstantnega mehanskega prezračevanja je pomemben zato, ker CO₂ ljudje ne zaznavamo, šele pri koncentraciji nad 1500 ppm se začuti neprijeten vonj ob vstopu v prostor. Količina CO₂ v zraku se lahko relativno hitro izmeri. Rezultati kažejo, da je zrak v razredih relativno slab. Meritve v danskih razredih (Toftum *et al.* 2015) so pokazale, da je koncentracija CO₂ na splošno visoka in pogosto nad 1000 ppm, kar je trenutno priporočena meja. Prezračevanje preko oken običajno ne zadošča zaradi različnih navad pri odpiranju, koncentracije CO₂ pogosto močno variirajo, in to veliko bolj kot v šolah z uravnoteženim mehanskim prezračevalnim sistemom. V razredih, kjer prezračujejo z naravnim prezračevanjem z odpiranjem oken, so pozimi koncentracije CO₂ veliko višje kot poleti, odvisne pa so od navad učencev in učiteljev (Gao *et al.* 2014). Haverinen-Shaughnessy *et al.* (2011) so merili srednje koncentracije CO₂ v razredih v različnih šolah na Danskem in ugotovili, da je stopnja prezračevanja v razredih z uravnoteženim prezračevalnim sistemom približno dvakrat višja kot v razredih z naravnim prezračevanjem. Bakó-Biró *et al.* (2012) trdijo, da je v šolah, kjer prezračujejo samo z odpiranjem oken, razpon maksimalne koncentracije CO₂ celo trikrat večji kot pri šolah z mehanskim prezračevanjem (2600 ppm proti 750 ppm). Prav tako je bila tudi povprečna koncentracija CO₂ v šolah z naravnim prezračevanjem dvakrat višja kot v šolah z mehanskim prezračevanjem (700 ppm proti 300 ppm).

6.3 Vpliv slabe kvalitete zraka na zdravje otrok

Trenutno so standardi prezračevanja osnovani bolj na uporabnikovi percepciji kvalitete notranjega zraka kot na riziku izpostavljenosti otroka notranjim onesnaževalcem, ki lahko povzročajo kratkotrajne in dolgotrajne posledice (Sundell *et al.* 2011). Prav kakovosti zraka v prostorih, kjer se otroci zadržujejo velik del dneva, pa bi bilo potrebno nameniti več pozornosti. Otroci so bolj občutljivi na okoljske onesnaževalce kot odrasli, ker dihajo večje količine zraka glede na telesno težo, njihovo tkivo in organi pa so v aktivni rasti. Otroci tudi preživijo več časa v šolah kot v drugih okoljih, razen doma. Neugodni okoljski vplivi na učenje in uspešnost imajo lahko kratkotrajne in dolgotrajne posledice, tako na otroka kot na družbo (Mendell in Heath, 2005).

Več znanstvenih člankov obravnava vplive prezračevanja prostorov na zdravje in počutje otrok ter njihovo storilnost. Njihov skupni sklep je, da slabše prezračevanje vpliva na pojav bolezni (Sundell *et al.* 2011; Toftum *et al.* 2015). Študije sugerirajo povezavo med tremi alergičnimi stanji (astma, rinitis in ekcemi) in bivanjem v prostorih s slabšim prezračevanjem (Sundell *et al.* 2011). Simoni *et al.* (2010) ugotavljajo, da imajo otroci, ki so v šoli izpostavljeni nivoju CO₂ pod 1000 ppm, znatno manjše tveganje za suh kašelj in rinitis. Nizka stopnja prezračevanja prostorov je s povečano odsotnostjo otrok v šolah zaradi respiratornih simptomov (Sundell *et al.* 2011).

Čedalje več je tudi dokazov, da ima nezadostno prezračevanje razredov negativne vplive na učni uspeh (Daisey *et al.* 2003; Mendell in Heath, 2005, Toftum *et al.* 2015). V številnih študijah so s psihološkimi in vedenjskimi testi testirali vplive nezadostnega prezračevanja prostorov na učenje in preučevali različne spretnosti, ki so potrebne za učenje – npr. sposobnost kon-

centracije in pomnjenja (Bakó-Biró *et al.* 2012). S krajšimi testi, s katerimi so preučevali sposobnost branja, razumevanja in računanja (Wargocki in Wyon, 2007a; Wargocki in Wyon, 2007b), so dokazali, da slabo prezračevanje znatno zniža sposobnost opravljanja takih testov. Haverinen-Shaughnessy *et al.* (2011) ugotavljajo, da slabo prezračevanje zmanjša število učencev, ki so opravili test iz jezika in matematike. Rezultati danske raziskave (Toftum *et al.* 2015,) izpostavljajo, da so učenci v šolah z uravnoteženim mehanskim prezračevanjem dosegli boljše rezultate pri nacionalnem preverjanju znanja v primerjavi z učenci iz razredov z naravnim prezračevanjem z odpiranjem oken. Wargocki in Wyon (2017) sta s poskusi ugotovila, da se je pri povečanju nivoja oskrbe z zunanjim zrakom opazno povišala hitrost, s katero so otroci opravljali numerične in jezikovne naloge. Ugotovila sta linearno razmerje – za vsak liter pretoka zraka na sekundo (L/s) je opravilo test 3 % več učencev, in sicer do povečanja prezračevanja na 7 L/s na osebo. Matematične ocene so se izboljšale za cca 0,5 % za vsak L/s na osebo, če se je povečal nivo prezračevanja od 0,9 na 7 L/s na osebo.

Posledice slabe kakovosti zraka v razredih se kažejo tudi posredno – učna uspešnost se zmanjša tudi zaradi odsotnosti. Krajša prisotnost v šoli poslabša učenje zaradi krajšega časa verbalnega in vizualnega prenosa učiteljevih informacij ali s tem, da učenci zaostajajo z delom (Mendell in Heath, 2005). Slabša kakovost notranjega okolja lahko poslabša koncentracijo ali spomin, vpliva pa tudi na razvoj bolezni, kot so astma ali alergije, zaradi katerih morajo otroci uživati zdravila, ta pa lahko zmanjšajo uspešnost učenja. Mendell in Heath (2005) ugotavljata, da je v osnovnih in srednjih šolah na Danskem astma med kroničnimi boleznimi razlog za cca 20 % odsotnosti. V obširnem preglednem članku dokazujeta povezavo med vplivi faktorjev notranjega okolja in uspešnostjo uporabnikov ter njihovo odsotnostjo. Ugotavljata, da je seneni nahod direktno povezan z manjšo uspešnostjo in prisotnostjo. Učinki slabega zraka se ne kažejo samo pri otrocih. Ervasti *et al.* (2012) poročajo o povečani kratkotrajni odsotnosti učiteljev (od 1 do 3 dni) v šolah s slabo kakovostjo zraka v zaprtih prostorih.

7. ZAKLJUČEK

Grajeno okolje ima pomembno vlogo pri izobraževanju otrok. Po eni strani nudi primeren prostor za varstvo, igro in učenje ter zbiranje s sovrstniki in učitelji, po drugi pa s svojo sporočilno vrednostjo neposredno vpliva na otrokovo doživetje prostora in ga s tem vzgaja in oblikuje. Fizično okolje ustvarja tudi fizikalne pogoje za bivanje in zagotavlja toplotno, svetlobno in akustično ugodje ter ustrezno kakovost zraka, vse to pa vpliva na zdravje, počutje in učno uspešnost uporabnikov prostora. Grajeno okolje ima torej veliko odgovornih funkcij.

Odločitve arhitektov in projektantov o obliki stavbe, izbiri gradiv, sestavi opreme in komponent imajo lahko daljnosežne posledice na otroke (in učitelje!), kar je predstavljeno v prispevku – podatki so povzeti iz obširne znanstvene literature, objavljene v zadnjih letih. Dejstvo je, da je arhitekovo poznavanje obravnavanega področja podhranjeno, velikokrat vsebine segajo tudi na druga strokovna področja, ki v projektantski ekipi niso zastopana. Zakonodaja prepočasi sledi novim dognanjem, tudi vključevanje

novih smernic v priporočila in navodila za gradnjo izobraževalnih objektov je prepočasno. Nadaljnja težava so pomanjkljivo označene deklaracije na gradivih, opremi in komponentah, ki pogosto niti ne omenjajo najbolj kritičnih substanc. Dodaten problem predstavljata nepravilna ali nestrokovna uporaba in vzdrževanje stavb ...

Odgovornosti za slabo kakovost prostorov vrtcev in šol ne morejo nositi samo arhitekti in projektanti. V veliko pomoč bi bil interdisciplinarni načrtovalski tim, kar je najbrž ta trenutek precej utopično. Delno rešitev bi predstavljale smernice z evidentiranimi negativnimi vplivi grajenega okolja na otrokovo zdravje, počutje in učno uspešnost, ki bi sledile zadnjim dognanjem strokovnjakov s posameznih področij in bi načrtovalce vodile pri iskanju optimalnih rešitev.

VIRI IN LITERATURA

- Åhlander, L. V., Rydell, R., Löfqvist, A. (2011). Speaker's comfort in teaching environments. Voice problems in Swedish teaching staff. *Journal of Voice*, 25 (4), 430–440. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.12.006>
- Al-Khatatbeh, B.J., Ma'bdeh, S.N. (2017). Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques. *Energy Procedia* 136, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.294>
- ASHRAE, Indoor Air Quality Guide. Pridobljeno september 2018 s spletne strani: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/indoor-air-quality-guide>
- Astolfi, A., Pellerey, F. (2008). Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 163–173. <https://doi.org/10.1121/1.2816563>
- Bakó-Biró, Z., Clements-Croome, D.J., Kochhar, N., Awbi, H.B., Williams, M.J. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*, 48, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.018>
- Bradley, J.S., Sato, H. (2008). The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America* 123, 2078–2086. <https://doi.org/10.1121/1.2839285>
- CIBSE. (2004). Code for lighting. London: CIBSE.
- Daisey, J., Angell, W., Apte, M., (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air* 13 (1), 53–64. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2003.00153.x>
- Dockrell, J.E., Shield, B. (2004). Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *The Journal of the Acoustical Society of America* 115:2964–2973. <https://doi.org/10.1121/1.1652610>
- EPA (Environmental Protection Agency). Pridobljeno september 2018 s spletne strani: <https://www.dcae.gov.ie/en-ie/environment/topics/environmental-protection-and-awareness/environmental-protection-agency/Pages/default.aspx>
- Ervasti, J., Kivimäki, M., Kawachi, I., Subramanian, S., Pentti, J., Oksanen, T., Puusniekka, R., Pohjonen, T., Vahtera, J., Virtanen, M. (2012). School Environment as Predictor of Teacher Sick Leave: Data-linked Prospective Cohort Study. *BMC Public Health* 12, 770. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-770>
- Fisher, R. S., Harding, G., Erba, G., Barkley, G. L., & Wilkins, A. (2005). Photic- and pattern-induced seizures: a review for the epilepsy foundation of America working group. *Epilepsia*, 46(9), 1426–1441. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2005.31405.x>
- Gao, J., Wargocki, P., Wang, Y. (2014). Ventilation system type, classroom environmental quality and pupils' perceptions and symptoms. *Building and Environment*, 75, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.01.015>
- Golshan, M., Thoen, H., Zeiler, W. (2018). Dutch sustainable schools towards energy positive. *Journal of Building Engineering*, 19, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.05.002>
- Harle, D. E., Shepherd, A. J., & Evans, B. J. W. (2006). Visual stimuli are common triggers of migraine and are associated with pattern glare. *Headache*, 46, 1431–1440. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2006.00585.x>
- Haverinen-Shaughnessy, U., Moschandreas, D.J., Shaughnessy, R.J. (2011). Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air* 21 (2), 121–131. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x>
- Klatte, M., Lachmann, T., Meis, M. (2010). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroomlike setting. *Noise & Health* 12, 270–82. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.70506>
- Konis, K., (2017). A novel circadian daylight metric for building design and evaluation. *Building and Environment* 113, 22–38. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.025>
- Küller, R., & Laike, T. (1998). The impact of flicker from fluorescent lighting on wellbeing, performance and physiological arousal. *Ergonomics*, 41(4), 433–447. <https://doi.org/10.1080/001401398186928>
- Leinonen, J., & Venninen, T. (2012). Designing learning experiences together with children. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, (ajE-Bs) 45, 466–474. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.583>
- Mendell, M. J., Heath, G.A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15, 27–52. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>
- Menezes, A. C., Cripps, A., Bouchlaghem, D., Buswell, R. (2012). Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. *Applied Energy*, 97, 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.075>
- Neuman, A.C., Wroblewski, M., Hajicek, J., Rubinstein, A. (2010). Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal-hearing children and adults. *Ear and Hearing*, 31 (3), 336–44. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181d3d514>
- Mohidin, H. H. B., Ismail, A. S., Ramli, H. B. (2015). Effectiveness of Kindergarten Design in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 202, 47 – 57. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.207>
- Peng, J., Wang, D., Lau, S.-K., Yan, N., Jiang, P., Wu, S. (2015). An investigation of acoustic treatment for children in a classroom of an elementary school. *Applied Acoustics* 89, 42–45. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.09.005>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (2013). *Child's Conception of Space: Selected Works*. (Vol 4). New York: Routledge.
- Rijal, H.B, Tuohy, P., Humphreys, M.A., Nicol, J.F., Samuel, A., Clarke, J. (2007). Using results from field surveys to predict the effect of open windows on thermal comfort and energy use in buildings. *Energy and Buildings* 39, 823–836. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.003>

- Sala, E., Rantala, L. (2016). Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland. *Applied Acoustics* 114, 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.009>
- Schreiber, M. E. (1996). Lighting alternatives: considerations for child care centres. *Young Children*, 51 (4), 11–13.
- Simoni, M., Annesi-Maesano, I., Sigsgaard, T., Norbäck, D., Wieslander, G., Nystad, W., Canciani, M., Sestini, P., Viegi G. (2010). School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children, *European Respiratory Journal*, 35 (4), 742-749. <https://doi.org/10.1183/09031936.00016309>
- Slater, A. I., Perry, M. J., & Carter, D. J. (1993). Illuminance differences between desks: limits of acceptability. *Lighting Research and Technology*, 25, 91–103. <https://doi.org/10.1177/096032719302500208>
- Stansfeld, S.A., Berglund, B., Clark, C., Fischer, IL.-B., Öhrström, E., Haines, M.M., et al. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *The Lancet*, 365 (9474), 1942–1949. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66660-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66660-3)
- Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W.W., Cain, W. S., Fisk, W. J., Grimsrud, D. T., Gyntelberg, F., Li, Y., Persily, A. K., Pickering, A. C., Samet, J. M., Spengler, J. D., Taylor, S. T., Weschler, C. J. (2011). Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor Air*, 21 (3), 191–204. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00703.x>
- Španinger, K., Košir, R., Fink, M., Debeljak, N., Rozman, D. (2009). Cirkadiani ritem pri ljudeh. *Zdravniški vestnik*, 78, 651-657.
- Toftum, J., Kjeldsen, B.U, Wargocki, P., Menå, H.R., Hansen, E.M.N., Clausen, G. (2015). Association between classroom ventilation mode and learning outcome in Danish schools, *Building and Environment*, 92, 494–503. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.017>
- Treichel-Arehart, J. (1974). School lights and problem pupils. *Science News*, 105(16), 258–259.
- Verrielle, M., Schoemaeker, C., Hanoune, B, Leclerc, N, Germain, S, Gaudion, V, Locoge, N. (2016). The MERMAID study : indoor and outdoor average pollutant concentration in 10 low-energy school buildings in France. *Indoor Air* 26 (5), 702-713. <https://doi.org/10.1111/ina.12258>
- Wargocki, P., Wyon, D. P. (2017). Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment* 112, 359–366. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.020>
- Wargocki, P., Wyon, D.P. (2007a) The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (1257-RP), *HVAC&R Research*, 13 (2) 165-191. <https://doi.org/10.1080/10789669.2007.10390950>
- Wargocki, P., Wyon, D.P. (2007b) The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (1257-RP), *HVAC&R Research*, 13 (2) 193-220. <https://doi.org/10.1080/10789669.2007.10390951>
- Winterbottom, M., Wilkins, A. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology* 29, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.11.007>
- Woolner, P., Hall, E., Higgins, S., McCaughey, C., & Wall, K. (2007). A sound foundation? What we know about the impact of environments on learning and the implications for Building Schools for the Future. *Oxford Review of Education*, 33(1), 47–70. <https://doi.org/10.1080/03054980601094693>
- Yang, B., Olofsson, T., Wang, F., Lu W. (2018). Thermal comfort in primary school classrooms: A case study under subarctic climate area of Sweden. *Building and Environment* 135, 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.020>
- Yener, A.K. (2011). Daylight analysis in classrooms with solar control. *Architectural Science Review* 45 (4), 311-316. <https://doi.org/10.1080/00038628.2002.9696946>
- Zbašnik-Senegačnik, M. (1996). *Negativni vplivi gradiv na človeka in okolje : doktorska disertacija*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo.