

PREGLED ERGONOMSKIH METOD ZA IZBOLJŠANJE DIDAKTIČNE UČINKOVITOSTI V ŠOLSKEM PROSTORU

SAMO FOŠNARIČ

Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Maribor, Slovenija
samo.fosnarc@um.si

Prispevek obravnava vlogo ergonomskih metod pri izboljševanju didaktične učinkovitosti v šolskem prostoru. Najprej so predstavljeni ključni izzivi, ki jih ergonomija naslavlja pri vzpostavljanju optimalnega učnega okolja, nato so izpostavljene temeljne ergonomske metode (OWAS, RULA, REBA in metoda trenutnih opažanj). Članek se osredotoča predvsem na fizične parametre učnega okolja in orodja za njihovo vrednotenje, pri čemer so analizirani najpomembnejši ergonomski dejavniki, kot so prostorska ureditev, primernost šolskega pohištva, vpliv okoljskih razmer (razsvetljava, akustika, toplotno okolje) ter uporaba digitalnih virov. Na osnovi študija virov in različnih raziskovalnih izsledkov so povzeti teoretični vidiki, ki razkrivajo, kako posamezni dejavniki prispevajo k zmanjševanju telesnih obremenitev ter spodbujajo didaktično učinkovitost. Prispevek ne ponuja podrobnih praktičnih navodil, temveč se osredotoča na razlage in možne raziskovalne poti za nadaljnje preučevanje ergonomije v izobraževanju. V zaključku so poudarjeni pomen interdisciplinarnega pristopa in možnosti za nadaljnje študije o razvoju ergonomskih metod, prilagojenih specifičnim potrebam pedagoškega okolja.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.pef.7.2025.6](https://doi.org/10.18690/um.pef.7.2025.6)

ISBN
978-961-299-017-6

Ključne besede:
izobraževanje,
ergonomija,
didaktična učinkovitost,
šolsko okolje,
ergonomske metode

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.pef.7.2025.6](https://doi.org/10.18690/um.pef.7.2025.6)

ISBN
978-961-299-017-6

Keywords:
education,
ergonomics,
didactic efficiency,
school environment,
ergonomic methods

AN OVERVIEW OF ERGONOMIC METHODS TO IMPROVE DIDACTIC PERFORMANCE IN THE SCHOOL ENVIRONMENT

SAMO FOŠNARIČ

University of Maribor, Faculty of Education, Maribor, Slovenia
samo.fosnarc@um.si

This paper discusses the role of ergonomic methods in improving didactic effectiveness in the school environment. Firstly, the main challenges that ergonomics faces in creating an optimal learning environment are presented, followed by an overview of the main ergonomic methods (OWAS, RULA, REBA and the method of momentary observation). The article focuses mainly on the physical parameters of the learning environment and the tools used to assess them. It analyses the main ergonomic factors such as the spatial layout, the suitability of school furniture, the impact of environmental conditions (lighting, acoustics, thermal environment) and the use of digital resources. Based on a study of sources and various research findings, the paper summarises the theoretical aspects and shows how each factor contributes to reducing physical strain and promoting didactic effectiveness. The paper does not offer detailed practical guidance but focuses on explanations and possible research approaches for further studies on ergonomics in education. The conclusion emphasises the importance of an interdisciplinary approach and the possibilities for further studies to develop ergonomic methods adapted to the specific needs of the educational environment.



University of Maribor Press

1 Uvod

Ergonomija je znanstvena disciplina, ki se ukvarja z razumevanjem interakcij med ljudmi ter drugimi elementi v sistemu, s ciljem izboljšati dobro počutje in povečati skupno učinkovitost (International Ergonomics Association: Global federation of human factors/ergonomics societies, b.d.). V šolskem prostoru se ergonomija kaže predvsem v prilagoditvi fizičnega okolja tako učencem kot učiteljem; pravilno oblikovanih in razporejenih prostorih, pohištva ter delovnih postajah, ki prispevajo k boljši drži, manjšemu fizičnemu naporu in višji stopnji koncentracije (Gligorović idr., 2018; Jayaratne, 2012). Posledično se izboljšata tako počutje kot učna uspešnost, saj se učenci lažje posvetijo učnemu procesu, učitelji pa lahko izvajajo pouk brez pretiranih mišično-skeletnih obremenitev (Zahaf idr., 2016).

V zadnjih desetletjih se je pokazalo, da je kakovost poučevanja tesno povezana z ustreznim urejenim učnim okoljem (Pittman, 2014). Raziskave opozarjajo, da lahko neustrezno šolsko pohištvo, neprimerna razsvetljava, neergonomska uporaba digitalnih virov in neprimerna prostorska ureditev povzročajo telesno nelagodje ter utrujenost, kar slabi kognitivno učinkovitost in motivacijo za delo (Traumann idr., 2014; Jayaratne, 2012; Saes idr., 2015). Didaktična učinkovitost se s tem zmanjšuje, ker se energija, ki bi jo učenci in učitelji lahko usmerili v proces poučevanja in učenja, izgublja zaradi prilagajanja neustreznim okoljskim razmeram (Fošnarič idr., 2020).

Če želimo izboljšati kakovost učnega procesa, je nujno, da šole in drugi izobraževalni zavodi vključijo ergonomske rešitve v vsakdanje dejavnosti. Tovrstne rešitve zajemajo izbiro ustreznih metod vrednotenja ergonomskih tveganj, kot so OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) (Wahyudi idr., 2015), RULA (Rapid Upper Limb Assessment) (Fountain, 2003), REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Hignett, McAtamney, 2000) in metoda trenutnih opažanj (Ansari in Sheikh, 2014; Fošnarič, 2001). Preudarna implementacija teh pristopov pomeni ne le zmanjševanje mišično-skeletnih težav, temveč tudi povečano didaktično učinkovitost in boljšo kakovost pouka. S tem se vzpostavi bolj spodbudno in zdravo učno okolje, ki koristi vsem udeležencem izobraževalnega procesa.

Ergonomija se pri vzpostavljanju optimalnega učnega okolja usmerja v prilagajanje prostorskih in materialnih pogojev tako, da čim bolj ustrezajo zmogljivostim in omejitvam učencev ter učiteljev (International Ergonomics Association: Global

federation of human factors/ergonomics societies, b.d.). V praksi to pomeni, da sta ergonomsko zasnovana razporeditev učilnic in uporaba ustreznega šolskega pohištva tesno povezana z boljšo držo, manjšimi mišično-skeletnimi obremenitvami ter posledično s povešano stopnjo koncentracije pri učencih (Gligorović idr., 2018; Paraizo in de Moraes, 2012). S fizičnim zmanjšanjem neudobja in preprečevanjem prezgodnje utrujenosti se namreč krepijo kognitivna zmožnost, motivacija ter pripravljenost na sodelovanje pri pouku (Schreurs idr., 2011).

Raziskave potrjujejo, da prav preplet ergonomskega pristopa z didaktičnimi metodami vpliva na boljšo učljivost in doseganje vzgojno-izobraževalnih ciljev (Smith, 2007; Kao, 1976). Neprimerna prostorska ureditev, nezadostna razsvetljava ali uporaba zastarelih, neergonomskih miz in stolov lahko vodijo v hitrejšo izčrpanost učencev, povečano tveganje za nastanek mišično-skeletnih težav pri učiteljih ter slabšo didaktično uspešnost (Gellerman, 1994). Zato je za doseganje večje didaktične učinkovitosti ključno, da izobraževalne ustanove v proces načrtovanja in prenove šolskih prostorov vključijo ustrezno ergonomsko znanje ter hkrati sistematično ocenjujejo in odpravljajo dejavnike, ki omejujejo kakovost poučevanja in učenja (Fošnarič idr., 2019).

Da bi izboljšali kakovost učnega procesa in dosegli visoko stopnjo didaktične učinkovitosti, je pomembno, da šolska praksa sistematično uporablja celovit nabor ergonomskih metod za odkrivanje in odpravljanje tveganj (Jayaratne, 2012; Paraizo in de Moraes, 2012).

V pričujočem članku se bomo osredotočili predvsem na naslednje:

- **OWAS (Ovako Working Posture Analysing System)**, ki omogoča analizo delovnih oz. učnih položajev ter posledično lažje odkrivanje mišično-skeletnih obremenitev (Karhu idr., 1981).
- **RULA (Rapid Upper Limb Assessment)**, namenjeno hitri oceni tveganj za zgornje okončine in vrat pri aktivnostih, ki zahtevajo daljše sedenje ali uporabo digitalnih orodij (Fountain, 2003).
- **REBA (Rapid Entire Body Assessment)**, usmerjeno v celostno analizo drže celotnega telesa, kar je ključno pri vrednotenju dinamičnih pedagoških dejavnosti (Hignett in McAtamney, 2000).

- **Metoda trenutnih opazanj**, ki s sistematičnim beleženjem ergonomskih dejavnikov v realnem času omogoča hitro zaznavanje potencialno tveganih situacij v učilnicah (Jayaratne, 2012).

Prispevek bo z analizo in primerjavo omenjenih metod poudaril njihovo uporabnost v pedagoški praksi ter izpostavil možnosti za njihovo nadaljnjo razvijanje v skladu s potrebami sodobnega šolskega okolja. Namen je pokazati, da lahko prav obravnavo ergonomskih vidikov v šolstvu prispeva k oblikovanju zdravega in spodbudnega prostora, ki učencem omogoča večjo koncentracijo ter doseganje boljših rezultatov, učiteljem pa učinkovitejše poučevanje z manj telesnimi obremenitvami.

2 Teoretična izhodišča

2.1 Ergonomija v šolstvu: osnovni principi in aplikacija v učnem prostoru

Ergonomija je multidisciplinarno področje, ki vključuje znanosti o človeku, tehnološke vede in organizacijske pristope z namenom optimizacije celotne interakcije med ljudmi in elementi delovnega (oz. učnega) sistema (International Ergonomics Association: Global federation of human factors/ergonomics societies, b.d). V šolstvu se s pojmom ergonomija pogosto srečujemo pri oblikovanju šolskih prostorov, izbiri pohištva in orodij, pri analiziranju učnih dejavnosti ter pri implementaciji rešitev, ki naj bi zagotavljale največjo možno varnost, udobje in učinkovitost učencev ter učiteljev (Legg in Jacobs, 2008).

Osnovni principi ergonomije v šolstvu tako vključujejo:

- **Prilagajanje delovnega/učnega okolja antropometričnim značilnostim:** Učenci in učitelji se razlikujejo po višini, teži in telesnih sposobnostih, zato mora biti pohištvo (mize, stoli) ustrezno nastavljivo in prilagodljivo (Habibi idr., 2011).
- **Upoštevanje biomehanskih načel pri načrtovanju dejavnosti:** Pri pouku se pogosto pojavljajo dejavnosti, ki zahtevajo pogoste spremembe drže, nošenje učbenikov ali delo za računalnikom. Ergonomsko načrtovan prostor in oprema lahko zmanjšata mišično-skeletne obremenitve ter poskrbita za ustrezno držo in gibanje (Jayaratne, 2012).

- **Optimizacija okoljskih dejavnikov:** Razsvetljava, akustika in mikroklima (temperatura, vlažnost, kakovost zraka) močno vplivajo na učni proces. S stališča ergonomije je ključno, da se ti dejavniki prilagodijo naravi učnega dela in sposobnostim udeležencev, s čimer se podpira večja koncentracija in manjša utrujenost (Schorer idr., 2015).

V praksi to pomeni, da se ergonomsko načrtovanje v učnem prostoru ne omejuje zgolj na nakup »ergonomskih stolov« ali ureditev tabel in projektorjev na ustrezno višino. Gre za bolj celovit proces, kjer se ocenjuje tako fizično okolje (prostor, oprema, materiali) kot tudi organizacijske in pedagoške vidike (časovna razporeditev dejavnosti, uporaba tehnologij, didaktične metode). Pri uvajanju ergonomskih rešitev v šolskem okolju je posebno pozornost treba nameniti stalnemu spremljanju in vrednotenju učinkov, da bi se zagotovile ustrezne prilagoditve glede na razvojne potrebe učencev (Fošnarič, 2001; Fošnarič idr., 2020; Jayaratne, 2012).

2.2 Didaktična učinkovitost: definicija, merila in povezava z učnim okoljem

Didaktična učinkovitost se nanaša na stopnjo doseganja vzgojno-izobraževalnih ciljev v procesu poučevanja in učenja. V središču te učinkovitosti so kakovost pouka, razumevanje in obvladovanje učne snovi s strani učencev ter didaktične kompetence učiteljev. Tradicionalno se je didaktično učinkovitost vrednotilo predvsem skozi kazalnike, kot so ocene, uspešnost na standardiziranih testih in zadovoljstvo učencev (Mödritscher idr., 2012). V zadnjih letih pa se v pedagoški teoriji opozarja tudi na pomen takih dejavnikov, kot so:

- Aktivna vključenost učencev v učni proces: Učenci, ki imajo na voljo ergonomsko podporo (npr. prilagojene delovne postaje, optimalno osvetlitev), so manj izpostavljeni fizičnemu nelagodju in se lahko lažje osredotočajo na učne naloge (Wagenaar idr., 2003).
- Interakcija med učenci in učiteljem: Kadar šolsko okolje omogoča jasno vidljivost, ustrezno razporeditev sedišč ter dostop do pripomočkov, je komunikacija med učenci in učiteljem bolj učinkovita. To pozitivno vpliva na razumevanje učne vsebine in hitrejšo odpravljanje učnih težav. (Englehart, 2009).

- Motivacija in dobro počutje: Dobro ergonomsko oblikovan prostor zmanjša stres in telesno neugodje, posledično pa pripomore k boljšemu psihičnemu stanju učencev in učiteljev. To pospešuje notranjo motivacijo za delo in spodbuja kontinuiteto v učenju (Peters idr., 2018).

Povezava med učnim okoljem in didaktično učinkovitostjo je v literaturi dobro utemeljena. Raziskave namreč konsistentno kažejo, da ustrezno prilagojeno okolje, ki ustreza načelom ergonomije, spodbuja aktivno udeležbo učencev, hkrati pa zmanjšuje pojavnost motenj v razredu, saj se učenci in učitelji lažje posvetijo osrednjemu cilju – učinkovitemu prenašanju in usvajanju znanja (Curran, 2008; International Ergonomics Association: Global federation of human factors/ergonomics societies, b.d; Rudolf in Griffiths, 2009).

2.3 Pregled literature o vplivu ergonomskih dejavnikov na kognitivni, socialni in fizični razvoj učencev

2.3.1 Kognitivni razvoj

Številne študije kažejo, da ima ergonomsko ustrezno učilniško okolje pozitivne učinke na kognitivno delovanje. Ko so učenci razbremenjeni fizičnega nelagodja (npr. zaradi neustreznega sedečega položaja ali prenizke osvetlitve), se lažje osredotočajo na kompleksne učne naloge. Na ta način se krepijo pozornost, pomnjenje in sposobnost reševanja problemov (Chavez-Ugaz idr., 2023; Manca idr., 2020). Poleg tega se z ergonomsko optimiziranim učnim okoljem zmanjša čas, ki ga učenci porabijo za iskanje primerne delovne drže, kar se odraža v boljšem izkoristku pouka (Liu in Zhou, 2024).

2.3.2 Socialni razvoj

Ustrezna razporeditev učilnice in prilagojeno pohištvo, ki omogoča lažje sodelovanje med učenci, spodbujata tudi socialne interakcije. Ko so mize in stoli postavljeni tako, da omogočajo preglednost in enostavno vzpostavljane skupinske komunikacije, se krepí timsko delo in povečuje socialna vključenost (Manca idr., 2020; Shaheen in Ibrahim, 2024). Pozitivna socialna klima v razredu spodbuja tudi boljšo povezanost med vrstniki ter s tem spodbuja pripravljenost na izmenjavo idej in medsebojno pomoč, kar ima neposreden učinek na izboljšano didaktično učinkovitost.

2.3.3 Fizični razvoj

Ergonomski vidiki, povezani s pravilno nastavitvijo in oblikovanjem šolskega pohištva, so ključnega pomena za preprečevanje mišično-skeletnih težav pri rastočih otrocih in mladostnikih (Ahmad idr., 2024, Depreli idr., 2024). Dolgotrajno sedenje v neustreznih položajih lahko povzroči asimetrije hrbtenice ter obremenitve vratnega in ledvenega predela (Saha idr., 2024). S sistematičnimi ergonomskimi prilagoditvami in upoštevanjem periodičnih telesnih aktivnosti med poukom je mogoče učence usmerjati k bolj zdravi drži, s tem pa k dolgoročnim pozitivnim učinkom na njihov fizični razvoj (Bettany-Saltikov idr., 2019).

Kot je razvidno iz pregleda literature, se ergonomsko načrtovanje šolskega okolja v tesni povezavi z didaktičnimi cilji odraža v boljšem kognitivnem, socialnem in fizičnem razvoju učencev. Učenci, ki se izobražujejo v okoljih, kjer so ergonomske rešitve sistematično upoštewane, na splošno izkazujejo višjo raven aktivnosti, daljšo pozornost in večjo naklonjenost skupinskemu delu. Za doseganje tovrstnih učinkov pa je ključno neprestano, interdisciplinarno sodelovanje med ergonomskimi strokovnjaki, pedagoškimi delavci in nosilci šolske politike, saj le tako lahko zagotovimo celostne, dolgoročne in trajnostne rešitve.

3 Temeljne ergonomske metode v šolskem okolju

3.1 OWAS (Ovako Working Posture Analysing System)

OWAS je opazovalna metoda, zasnovana za analizo telesnih drž pri različnih delovnih (oziroma učnih) dejavnostih. Temelji na razvrščanju položajev trupa, rok in nog v vnaprej določene kategorije, pri čemer se prav tako upošteva teža bremena, ki ga subjekt drži ali premika. Metoda je bila sprva razvita za industrijske razmere, a se je zaradi svoje praktičnosti in relativno enostavnega postopka vse pogostejše začela uporabljati tudi v izobraževalnih okoljih (Hotar idr., 2024).

Uporaba OWAS v šolskem prostoru

- Analiza drž pri različnih učnih dejavnostih: Ker med poukom učenci in učitelji pogosto spreminjajo telesne položaje (npr. sedenje, stoječe predstavitve, uporaba računalnika, predstavljane šolskih pripomočkov), OWAS omogoča

sistematično beleženje in kasnejšo kvantitativno oceno stopnje tveganja za mišično-skeletne obremenitve (Depreli idr., 2024).

- Vrednotenje sprememb po ergonomskih posegih: Če se v razredu uvede npr. novo nastavljivo pohištvo ali izboljša osvetlitev, lahko s pomočjo OWAS pred in po posegu primerjamo, kako so se spremenili telesni položaji ter kakšne so posledice za fizično udobje in didaktično učinkovitost (Chavez-Ugaz idr., 2023).
- Priprava prilagojenih priporočil: Na osnovi pridobljenih podatkov se oblikujejo konkretni predlogi za izboljšanje učnega okolja, vključno s prilagajanjem višine miz, ureditvijo prostorov in načrtovanjem odmikov med posameznimi dejavnostmi, da se zmanjša tveganje za neustrezne drže (Esmaeel, idr., 2022).

3.2 RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

RULA je hitra opazovalna metoda, zasnovana za ocenjevanje tveganj, povezanih z delom zgornjih okončin in vratnega predela, pri čemer se upoštevajo tudi dodatne obremenitve, mišična aktivnost ter zunanji dejavniki. Metoda je bila razvita za hitre preglede delovnih mest, kjer se pojavijo ponavljajoči se gibi ali statične obremenitve zgornjih okončin. V šolskem kontekstu se RULA pogosto uporablja za vrednotenje delovnega mesta učencev in učiteljev, še posebej pri uporabi računalnikov ali tabličnih naprav (Hotar idr., 2024, Ciccarelli in Harris, 2013).

Uporaba RULA metode v šolskem prostoru

- Ocena obremenitve zgornjih okončin: Dolgotrajno tipkanje, uporaba miške ali pisanje zapiskov lahko povzroči ponavljajoče se obremenitve zapestij, podlakti ali ramen. Z uporabo RULA hitro ugotovimo, ali so koti v sklepih in višine delovnih površin optimalni (Ahmad idr., 2024).
- Ocenjevanje delovnih postaj za digitalne naprave: Povečana raba računalnikov, tablic in pametnih telefonov pri pouku zahteva ustrezno pozornost ergonomiji tovrstnih naprav. RULA je primerna za presojo ergonomskih dejavnikov, saj nas opozori na kritična odstopanja (npr. neprimerna višina zaslona ali tipkovnice) in omogoča načrtovanje izboljšav (Gumasing in Castro, 2023).
- Hitra identifikacija tveganih področij: RULA je zasnovana tako, da se lahko izvede brez posebne tehnološke opreme. Zato jo je v učnem okolju mogoče

uporabiti kot del rednega pregleda ergonomskih pogojev in hitrega odkrivanja tveganj pri učencih ali učiteljih (Chavez-Ugaz idr., 2023).

3.3 REBA (Rapid Entire Body Assessment)

REBA je prav tako opazovalna metoda, vendar pokriva širši spekter gibov in položajev kot RULA, saj je usmerjena na celotno telo. Pri analizi upošteva kotne položaje vratu, trupa, nog ter zgornjih in spodnjih okončin, pri tem pa ocenjuje tudi obremenitve in dinamičnost nalog. Metoda je primerna za dejavnosti, pri katerih so udeleženci neprestano v gibanju ali pri katerih pride do kombinacije različnih drž (npr. pri interaktivnih učnih metodah, uporabi več pripomočkov v razredu ipd.) (Bettany-Saltikov idr., 2019; Firman, 2024).

Uporaba REBA v šolskem prostoru

- Celostna ocena učnih dejavnosti: Številne šolske dejavnosti niso omejene le na sedenje, ampak vključujejo tudi stojo, hojo po razredu, dvigovanje učbenikov in opreme ter sodelovanje v gibalnih igrah. REBA omogoča vrednotenje več hkratnih položajev in tako nudi podrobnejšo sliko o celotnih telesnih obremenitvah (Hotar idr., 2024).
- Analiza kompleksnejših scenarijev: Pri pouku telesne vzgoje, pri praktičnih delavnicah (npr. tehnika in tehnologija) ali v laboratorijih, kjer učenci in učitelji delajo v različnih postavitvah in z raznolikimi pripomočki, je REBA pogosto primernejša od metod, usmerjenih zgolj na zgornji del telesa (Shaheen, Ibrahim, 2024).
- Razvoj ciljnih ukrepov: Podatki, pridobljeni z REBA, ne služijo le ugotavljanju tveganja, temveč tudi usmerjajo preventivne ali korektivne ukrepe (npr. uvajanje kratkih gibalnih vaj, reorganizacija postavitve prostorov, uporaba lažjih ali ergonomskih učnih pripomočkov) (Ivory, 2011).

3.4 Metoda trenutnih opazanj

Metoda trenutnih opazanj se pogosto uporablja kot dopolnilo zgoraj omenjenim sistematičnim metodam, saj omogoča sprotno beleženje dogajanja v učilnici v kratkih časovnih intervalih. Gre za opazovalni pristop, pri katerem opazovalec

vnaprej določi časovne točke (npr. vsaki dve ali pet minut) in pri vsakem “trenutku” beleži določene ergonomske dejavnike: držo telesa, uporabo šolskih pripomočkov, raven aktivnosti, interakcijo z okoljem ipd. (Cañete idr., 2015).

Uporaba metode trenutnih opažanj v šolskem prostoru

- Sprotno zaznavanje tveganih položajev: Ker se v razredu hitro menjujejo dejavnosti in drže, je metoda trenutnih opažanj primerna za odkrivanje nenadnih ali kratkotrajnih, a vseeno škodljivih telesnih obremenitev.
- Pridobitev širokega vzorca podatkov: S pogostimi, a kratkimi opazovanji učnega procesa lahko strokovnjaki dobijo realno sliko tipičnega dogajanja, kar je pogosto težko zajeti z enkratnimi ali daljšimi analizami.
- Prilagodljivost in nizki stroški: Za izvajanje metode ni potrebna posebna oprema, saj se opazovanje lahko izvaja ročno (npr. s tabelami in obrazci), istočasno pa jo je možno kombinirati z novimi tehnološkimi rešitvami (npr. s senzorji Kinect™, kamerami) za podrobnejše analize drž (Khalid idr., 2020).

4 Analiza ergonomskih dejavnikov v šolskem prostoru

Ergonomski vidiki v šolskem okolju zajemajo širok nabor dejavnikov, ki pomembno vplivajo na telesno, kognitivno in socialno razsežnost učnega procesa (Manca idr., 2020; Firman, S, 2024). Med te dejavnike med drugim sodijo ustrezna prostorska ureditev, prilagodljivost šolskega pohištva, okoljski parametri (razsvetljava, akustika, kakovost zraka) ter uporaba digitalnih virov. S tem, ko so ti dejavniki skladni z ergonomskimi načeli, se poveča motivacija učencev, zmanjša utrujenost in izboljša splošna didaktična učinkovitost (Latip idr., 2024; Liu,Zhou, 2024).

4.1 Prostorska ureditev učilnic: velikost, postavitev in prilagodljivost prostora

Šolske učilnice morajo biti oblikovane tako, da omogočajo učinkovito izvajanje različnih pedagoških pristopov, hkrati pa zagotavljajo dovolj prostora za gibanje, interakcijo in razporeditev potrebnih učnih pripomočkov (Hotar idr., 2024).

- **Dovolj velika površina na učenca:** Učilnica naj v skladu z ergonomskimi smernicami omogoča zadosten osebni prostor ter ustrezno medosebno razdaljo, kar olajša sodelovalno učenje in hkrati zmanjšuje morebitne konflikte ali motnje (Shaheen in Ibrahim, 2024).
- **Prožnost postavitve:** Ena izmed ključnih ergonomskih rešitev v šolstvu je prav enostavno premikanje in zamenjava pohištva, kar omogoča več učnih strategij (Eden idr., 2024).
- **Učinkovito kroženje zraka in svetlobe:** Velikost in razporeditev okenskih ter vratnih odprtín pomembno vplivata na osvetlitev in prezračevnost učnega prostora, kar je tesno povezano z vidnim in toplotnim udobjem (Khalid idr., 2020; Latip in Tamrin, 2023).

4.2 Ergonomija šolskega pohištva: ustreznost miz in stolov za starostno skupino učencev

Ergonomska ustreznost šolskega pohištva ima pomembno vlogo pri zagotavljanju zdravja, udobja in funkcionalnosti učnega okolja. Nepravilno oblikovane mize in stoli lahko vodijo v dolgotrajne negativne posledice, zlasti pri mlajših uporabnikih, ki so v fazi telesnega razvoja. Raziskave potrjujejo, da je neustrezno šolsko pohištvo eden izmed glavnih dejavnikov tveganja za mišično-skeletno nelagodje, nastanek nepravilne telesne drže ter celo zgodnji razvoj spinalnih deformacij, kot so kifoza, lordoza ali skolioza (Ahmad idr., 2024; Depreli idr., 2024).

Učinkovita ergonomska zasnova šolskega pohištva vključuje prilagodljivost glede na antropometrične značilnosti posameznih učencev, saj enotno oblikovano pohištvo ne more ustrezati vsem telesnim značilnostim znotraj heterogene starostne skupine. V nadaljevanju so izpostavljene nekatere ergonomske značilnosti, ki bi jih moralo šolsko pohištvo vsebovati za zagotavljanje ustrezne podpore telesni drži in zmanjšanje fizičnega napora med sedenjem.

- **Nastavljiva višina sedeža in naslonjala:** Eden izmed najpomembnejših ergonomskih kriterijev je možnost prilagoditve višine sedeža in naslonjala stola. Stol mora omogočati individualno nastavitve glede na telesno višino učenca, s čimer se zagotovi, da so stopala v celoti na tleh, kolena pa v pravem kotu (90 °), kar zmanjšuje napetosti v mišicah spodnjih okončin in omogoča naravno držo

med sedenjem (Esmaeel idr., 2022; Hira, 1980). Prav tako mora biti naslonjalo nastavljivo tako, da zagotavlja ustrezno podporo ledvenemu delu hrbta ter spodbuja vzravnanost drže. Pomanjkanje tovrstne prilagodljivosti lahko vodi do dolgotrajne statične obremenitve, ki neugodno vpliva na hrbtenico in mišični tonus.

- **Primerno razmerje med velikostjo mize in stola:** Ergonomska usklajenost dimenzij mize in stola je ključna za zagotavljanje udobnega in zdravega delovnega položaja. Nepravilno razmerje – na primer prenizka miza v kombinaciji z visokim stolom ali obratno – povzroča nepravilno nagibanje trupa naprej, dvigovanje ramen ali pretirano upogibanje zapestij, kar negativno vpliva na biomehaniko telesa pri pisanju, risanju ali uporabi digitalnih naprav (Saha idr., 2024). Pravilna višina mize mora omogočati, da so podlakti med delom podprte pod kotom 90° ali nekoliko več, ramena pa sproščena. Tako se preprečuje kronično preobremenjevanje vratnih in ramenskih mišic, kar prispeva k boljši telesni drži in zmanjšani utrujenosti med učnim procesom.
- **Ustrezna podpora hrbtenici:** Naslonjalo šolskega stola mora biti oblikovano tako, da podpira naravno S-obliko hrbtenice, s poudarkom na ledveni krivini. Učinkovita ledvena podpora zmanjšuje tveganje za deformacije hrbtenice, saj omogoča enakomerno porazdelitev pritiska vzdolž hrbteničnega stolpca in zmanjšuje obremenitev na medvretenčne ploščice (Hoque idr., 2014). Brez tovrstne podpore se poveča verjetnost dolgotrajnega sedenja v sključeni drži, kar vodi v zmanjšano ventilacijo pljuč, moteno prekrvavitev in zmanjšano kognitivno zmogljivost. Prilagojeno naslonjalo omogoča dinamično sedenje, ki spodbuja mikro-gibanja in s tem preprečuje statične obremenitve.

Ugotovitve današnjih raziskav poudarjajo pomembnost uvedbe nastavljivega šolskega pohištva kot preventivnega ukrepa za zmanjšanje mišično-skeletnih obremenitev. Učenci, ki uporabljajo ergonomsko prilagodljivo pohištvo, poročajo o zmanjšani bolečini v hrbtu, večji telesni udobnosti ter izboljšani pozornosti in koncentraciji med učnimi dejavnostmi (Bettany-Saltikov idr., 2019; Liu, Zhou, 2024). To kaže na neposredno povezavo med fizičnim udobjem ter učnimi dosežki, zato bi morala biti ergonomija šolskega pohištva sestavni del načrtovanja učnih prostorov.

4.3 Okoljski dejavniki: razsvetljava, akustika, kakovost zraka

Okoljski dejavniki imajo bistveno vlogo pri oblikovanju optimalnih pogojev za učenje in delo v izobraževalnih ustanovah. Med ključne dejavnike, ki vplivajo na učni proces, sodijo tudi razsvetljava, akustika ter kakovost zraka v notranjih prostorih. Njihova ustrezna regulacija prispeva k izboljšanju koncentracije, zmanjšanju fiziološkega stresa in povečanju splošne učinkovitosti učencev. V nadaljevanju so predstavljene temeljne značilnosti in vplivi posameznih okoljskih dejavnikov.

4.3.1 Razsvetljava

Raziskave potrjujejo, da ima ustrezna razsvetljava neposreden vpliv na vizualno udobje, zaznavanje informacij in dolgotrajno kognitivno obremenitev uporabnikov prostora. Optimalna osvetlitev izboljšuje vidljivost učnih gradiv, omogoča natančnejše izvajanje nalog ter pomembno zmanjšuje obremenjenost očesnih struktur (Latip idr., 2024).

Nezadostna ali neustrezno načrtovana razsvetljava pa lahko vodi v pojav negativnih simptomov, kot so očesna utrujenost, pogosti glavoboli in zmanjšana koncentracija (Shaheen, Ibrahim, 2024). Za zagotavljanje optimalnih pogojev je priporočljiva uporaba kombinacije naravne in umetne svetlobe, z možnostjo prilagajanja intenzitete glede na vrsto dejavnosti in individualne potrebe uporabnikov.

4.3.2 Akustika

Akustične značilnosti učnega okolja so tesno povezane z zmožnostjo učinkovite komunikacije ter s splošno kakovostjo pouka. Povečan hrup, bodisi iz zunanjih virov bodisi zaradi odmevov znotraj prostora, bistveno zmanjšuje razumljivost govora, otežuje verbalno interakcijo med učitelji in učenci ter vodi v zmanjšano zbranost in višjo kognitivno obremenitev (Firman, S, 2024).

Akustična ergonomija se osredotoča na ukrepe za zmanjševanje zvočnega onesnaženja, kot so uporaba zvočno absorbirajočih materialov, optimizacija razporeditve prostora ter vgradnja sistemov za zvočno izolacijo. Namen teh ukrepov je ustvarjanje akustično uravnoveženega učnega okolja, ki omogoča nemoteno komunikacijo in zmanjšuje potrebo po dodatnem naporu pri poslušanju (Manca idr., 2020).

4.3.3 Kakovost zraka

Kakovost notranjega zraka predstavlja ključen dejavnik pri zagotavljanju psihofizičnega udobja in optimalnih kognitivnih pogojev za delo in učenje. Raziskovalni izsledki potrjujejo, da ustrezna stopnja prezračevanja ter ohranjanje stabilnih mikroklimatskih razmer (temperatura, relativna vlažnost, hitrost gibanja zraka v prostoru, konvekcija in kondukcija) prispevajo k izboljšani koncentraciji, zmanjšani utrujenosti ter boljšemu splošnemu počutju (Cañete idr., 2015; Khalid idr., 2020).

Posebno skrb zahteva nadzor nad koncentracijo ogljikovega dioksida (CO₂), saj povišane ravni le-tega neposredno vplivajo na zmanjšano kognitivno učinkovitost, kar se kaže v slabši sposobnosti reševanja problemov in počasnejšem odzivanju. Zato je v kontekstu ergonomskega načrtovanja prostorov nujno implementirati prezračevalne sisteme, ki omogočajo zadostno izmenjavo zraka ter zagotavljajo stabilne pogoje skozi celoten čas trajanja učnega procesa.

4.4 Digitalni viri in ergonomija: analiza ustreznosti uporabe naprav (tablic, računalnikov) glede na ergonomska merila

Integracija digitalnih tehnologij v izobraževalni proces predstavlja eno ključnih komponent sodobnega pedagoškega okolja. Uporaba naprav, kot so prenosni računalniki, tablice in druge elektronske platforme, učencem in učiteljem omogoča dostop do raznolikih učnih vsebin, interaktivnih orodij ter bolj prilagodljivih oblik učenja.

Kljub številnim didaktičnim prednostim pa dolgotrajna in nepravilna uporaba teh naprav predstavlja tveganje za razvoj različnih ergonomskih težav, ki vplivajo na mišično-skeletni sistem, vid in splošno dobrobit uporabnikov (Ciccarelli in Harris, 2013; Gumasing in Castro, 2023). V nadaljevanju je predstavljenih nekaj ključni ergonomski vidikov, ki jih je treba upoštevati pri uporabi digitalnih virov.

- **Višina zaslona in tipkovnice:** Neustrezna postavitev računalniških naprav, zlasti višina zaslona in položaj tipkovnice, ima pomembne ergonomske posledice. Pri dolgotrajni uporabi naprav, kjer zaslon ni postavljen v višino oči ali je tipkovnica preblizu oziroma prenizko, uporabniki pogosto zavzamejo

nepravilno telesno držo, kar vodi v kronične mišične napetosti. Posebej razširjen je pojav t. i. "tehnološkega vratu", pri katerem dolgotrajno sklanjanje glave povzroča prekomerno obremenitev vratnih mišic in hrbtenice (Chavez-Ugaz idr., 2023). Ergonomska priporočila zato vključujejo postavitve zaslona v višino oči, uporabo zunanje tipkovnice in miške ter prilagoditev stola in mize glede na telesne mere posameznika.

- **Pogostost odmorov in sprememba drže:** Eden od ključnih ukrepov za preprečevanje prekomernega statičnega napora pri delu z digitalnimi napravami je redno izvajanje odmorov in menjavanje telesne drže. Statistični podatki kažejo, da kontinuirano delo brez prekinitve povečuje tveganje za utrujenost, bolečine v križu, ramenih in zapestjih. Redne prekinitve, ki vključujejo vstajanje, raztezanje in aktivno gibanje, bistveno pripomorejo k zmanjšanju kumulativne obremenitve mišično-skeletnega sistema ter pozitivno vplivajo na kognitivno učinkovitost in počutje (Ayala idr., 2018).
- **Izbira primernih pripomočkov:** Učinkovita ergonomska podpora pri uporabi digitalnih naprav vključuje uporabo ustreznih pripomočkov, kot so stojala za prenosnike, zunanji monitorji, nastavljivi stoli ter tipkovnice z oporo za zapestja. Ti dodatki omogočajo bolj naravno telesno držo, zmanjšujejo napetosti v mišicah in preprečujejo pojav sindromov, povezanih s ponavljajočimi se gibi in statično obremenitvijo. Prav tako lahko uporaba filtrov za modro svetlobo ali očal za računalniško delo pripomore k zmanjšanju vizualne utrujenosti in zaščiti vida (Said idr., 2023). V izobraževalnem kontekstu je smiselno vključiti tudi ozaveščanje učencev o pravilni rabi opreme ter osnovah ergonomije pri digitalnem delu.

5 **Praktična uporaba ergonomske metode**

Vpeljava ergonomske metode v šolski prostor ne zahteva le poznavanja ustreznih metod (OWAS, RULA, REBA in metoda trenutnih opazanj), temveč tudi usklajenega delovanja različnih deležnikov, od učiteljev in šolskega osebja do zunanjih ergonomske strokovnjakov (Chavez-Ugaz idr., 2023; Hotar idr., 2024).

V nadaljevanju so predstavljeni ključni pristopi k vključevanju ergonomije v vsakodnevno šolsko prakso, primeri dobre prakse, dokumentirani v raziskavah, ter vloga posameznih deležnikov pri implementaciji metode.

5.1 Pristopi za vključitev ergonomskih rešitev v vsakodnevno šolsko prakso

5.1.1 Sistematično ocenjevanje in spremljanje

Izvedba rednih ergonomskih pregledov z OWAS, RULA in REBA omogoča, da se odkrijejo kritične točke v razredu (Cañete idr., 2015; Depreli idr., 2024). Rezultati pregledov nato služijo kot temelj za načrtovanje izboljšav, ki zajemajo prilagajanje višine stolov, razmestitev učilnice in optimizacijo razsvetljave. Metoda trenutnih opažanj dodatno dopolni te analize z neposrednim, sprotnim beleženjem najpogostejših drž in obremenitev (Khalid idr., 2020).

5.1.2 Uporaba pilotnih projektov

Preden se ergonomične rešitve uvedejo v celotno šolo, se lahko začne z manjšimi pilotnimi projekti v izbranih razredih ali s posameznimi skupinami učencev. S tem se preveri učinkovitost posegov, njihova sprejetost ter morebitne ovire pri izvajanju (Ayala idr., 2016; Ivory, 2011). Na podlagi rezultatov se nato pripravijo prilagoditve, ki so nato lahko razširjene na celotno šolo.

5.1.3 Redna izobraževanja in usposabljanja

Učitelji, šolski strokovni delavci in učenci potrebujejo osnovna ergonomska znanja, da lahko pri vsakodnevni aktivnostih ohranjajo ustrezno držo in prepoznajo tveganja (Bettany-Saltikov idr., 2019; Said idr., 2023). Delavnice in tečaji s področja ergonomije lahko pripomorejo k boljšemu razumevanju pomena pravilno prilagojenega pohištva, ustreznega ravnanja z digitalnimi napravami in pomena sprotnih odmorov.

5.1.4 Sodelovanje z zunanjimi strokovnjaki

Vključitev ergonomskih specialistov, fizioterapevtov ali strokovnjakov za javno zdravje je priporočljiva za strokovno oceno razmer v šolskem okolju ter pripravo konkretnih izboljšav (Ciccarelli in Harris, 2013; García-Tudela idr., 2020). Po potrebi se lahko vključijo tudi arhitekti ali inženirji, ki svetujejo pri večjih prostorskih adaptacijah.

5.2 Primeri dobre prakse

5.2.1 Pilotna študija o prilagoditvi učnih delovnih postaj v srednjih šolah

V raziskavi so preučevali učinkovitost prilagojenih učnih delovnih postaj v srednjih šolah. S pomočjo analize drže in obremenitev pri učiteljih so ugotovili, da lahko nameščanje nastavljivih miz in stolov ter prilagoditev višine učne tehnologije (projektorjev, interaktivnih tabel) bistveno zmanjša mišično-skeletne težave, kot so bolečine v vratu in ramenih (Ahmad idr., 2024; Liu in Zhou, 2024). Ti pristopi so pokazali tudi pozitivne učinke na pozornost pri učencih, saj je bila učilnica bolj prilagojena sodelovanju in lažjemu gibanju med učnimi dejavnostmi.

5.2.2 Uporaba metode OWAS v izobraževalnem okolju

V raziskavah so prikazali, kako se metoda OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) lahko uporabi za analizo in izboljšanje drž v šolskem kontekstu. Ugotovili so, da je redno spremljanje drž tako učencev kot učiteljev nujno za prepoznavanje ponavljajočih se nepravilnih telesnih položajev (Chavez-Ugaz idr., 2023). Na podlagi ugotovitev so nato uvedli ukrepe, kot so višinsko prilagodljivo pohištvo in spremenjena razporeditev sedišč, kar je zmanjšalo statistično zaznavno število prijavljenih bolečin v spodnjem delu hrbta (Depreli idr., 2024).

5.2.3 Vključevanje ergonomskih priporočil pri uporabi digitalnih naprav

Avtorji opozarjajo na pomen ustrezne nastavitve višine zaslona, tipkovnice in sedeža pri uporabi digitalnih naprav med poukom, saj lahko neprimerne nastavitve hitro povzročijo nelagodje v vratu in ramenih (Ciccarelli in Harris, 2013; Gumasing in Castro, 2023). Po izvedbi eksperimentalne prilagoditve je bilo pri učencih zaznано povečanje koncentracije pri reševanju nalog, hkrati pa se je zmanjšalo število premikov in prestopanj na stoli, kar so avtorji interpretirali kot znak ustrežnejšega fizičnega udobja (Ayala idr., 2018).

5.3 Vloga učiteljev, šolskega osebja in ergonomskih strokovnjakov pri implementaciji metod

5.3.1 Učitelji

Imajo ključno vlogo pri zgodnjem zaznavanju neustreznih drž in obremenitev učencev. Učitelji lahko v sodelovanju s šolskim osebjem prilagajajo razporeditev pohištva, uvajajo redne gibalne odmore in spodbujajo učence k spoštovanju ergonomsko ustreznih navad (Bettany-Saltikov idr., 2019). S kratkimi predstavitvami ali delavnicami lahko učence seznanijo z načeli pravilne drže, predvsem pri dolgotrajnem sedenju ali uporabi računalnikov in tablic.

5.3.2 Šolsko osebje (ravnatelj, svetovalni delavci, hišnik idr.)

Ravnateljstvo in svetovalna služba usklajujeta večje prostorske posege (npr. zamenjavo pohištva, investicije v novo opremo) in organizirata delavnice za strokovne delavce šole. Hišnik in tehnično osebje sodelujejo pri rednem vzdrževanju in nastavitvah opreme (npr. višinsko prilagajanje stolov, popravila pohištva), kar zagotavlja stalno ustreznost razmer v šoli (Hotar idr., 2024).

5.3.3 Ergonomski strokovnjaki

- Izvajanje analiz in načrtovanje rešitev: Strokovnjaki s pomočjo metod OWAS, RULA, REBA in metode trenutnih opažanj izvajajo poglobljene analize, na katerih temeljijo konkretni predlogi za preureditev šolskih prostorov ali spremembe delovnih navad (Chavez-Ugaz idr., 2023).
- Usposabljanje pedagoškega osebja: Ergonomski svetovalci pogosto organizirajo izobraževalne delavnice za učitelje ter nudijo podporo pri stalnem spremljanju in evalvaciji učinkovitosti uvedenih izboljšav (Said idr., 2023).

Praktična uporaba ergonomskih metod zahteva koordinirano delovanje vseh deležnikov v šolskem okolju ter stalno sledenje novim spoznanjem s področja ergonomije. Redna uporaba OWAS, RULA, REBA in metode trenutnih opažanj, pa tudi natančna analiza rezultatov, prinaša oprijemljive rezultate: zmanjšuje mišično-skeletne težave, povečuje motivacijo za učenje in izboljšuje celotno didaktično učinkovitost (Ivory, 2011; Hoque idr., 2014). Pri tem je nujno, da se vpeljene rešitve

stalno vrednotijo in dopolnjujejo, saj le tako lahko zagotovimo dolgoročno dobro počutje učencev in učiteljev v sodobnih učnih okoljih.

6 Zaključek

Iz pregledanih teoretičnih izhodišč in praktičnih primerov je razvidno, da ergonomija kot znanstvena disciplina pomembno prispeva k optimizaciji učnega procesa, saj sistematično nagovarja vidike telesnega, kognitivnega in socialnega razvoja v šolskem prostoru. Ključne ergonomske metode (OWAS, RULA, REBA, metoda trenutnih opažanj) so orodja, ki omogočajo natančno analizo učnih dejavnosti, identificirajo ergonomska tveganja in usmerjajo uvajanje ustreznih rešitev. Izkazalo se je, da sistematično načrtovana prostorska ureditev, prilagodljivo šolsko pohištvo, kakovostni okoljski dejavniki in premišljena uporaba digitalnih virov pomembno podpirajo didaktično učinkovitost.

Praktična priporočila za vključitev ergonomskih metod v šolski prostor

- Vključitev stalnih ergonomskih ocen: Redna uporaba metod OWAS, RULA in REBA, dopolnjena z metodo trenutnih opažanj, naj bo del letnega načrta kakovosti dela v šoli. Le tako se lahko pravočasno odkrije in ustrezno naslovi tveganja za mišično-skeletne motnje in kognitivno obremenitev (Chavez-Ugaz idr., 2023; Khalid idr., 2020).
- Integracija ergonomije v pedagoške prakse: Učitelje in strokovno osebje je treba usposobiti za prepoznavanje osnovnih ergonomskih načel ter za prilagajanje razporeditve učilnice, opreme in načina podajanja učnih vsebin (Said idr., 2023; Bettany-Saltikov idr., 2019). Poleg tega se priporoča uvajanje kratkih gibalnih odmorov in pouka v različnih telesnih položajih (sedenje, stoja, gibanje) (Ayala idr., 2016).
- Tesno sodelovanje med deležniki: Učitelji, šolsko osebje, starši, ravnateljstvo in zunanji strokovnjaki naj ustvarijo interdisciplinarne time, ki redno pregledujejo stanje in načrtujejo izboljšave. Prostorski in tehnološki posegi bodo tako hitreje in učinkoviteje izvedeni, saj bodo temeljili na strokovni analizi in potrebah uporabnikov (Ciccarelli in Harris, 2013; Hotar idr., 2024).
- Izboljšave okoljske ergonomije: Pri načrtovanju in adaptaciji šolskega okolja je nujno zagotoviti ustrezno razsvetljavo, akustiko ter kakovost zraka. Ti dejavniki

ne vplivajo zgolj na fizično počutje, temveč tudi na kognitivne zmožnosti in komunikacijo v razredu (Latip idr., 2024; Manca idr., 2020).

Predlogi za nadaljnje raziskave na področju uporabe naprednih ergonomsko-analitičnih tehnik v izobraževanju

- **Razvoj integriranih digitalnih orodij:** Kombinacija metod opazovanja (OWAS, RULA, REBA, metoda trenutnih opažanj) z naprednimi senzorji in programsko opremo (npr. računalniška analiza gibanja, uporaba umetne inteligence) bi lahko prispevala k še podrobnejšemu vpogledu v telesne drže in obremenitve v realnem času (García-Tudela idr., 2020).
- **Vpliv ergonomskih posegov na dolgoročne izobraževalne izide:** Raziskave bi se lahko usmerile v spremljanje generacij učencev, ki daljše obdobje delujejo v ergonomskem okolju, ter v primerjavo njihovih didaktičnih dosežkov s kontrolnimi skupinami. Tako bi lažje dokazali trajen učinek ergonomskih izboljšav na učni uspeh in zdravje (Ahmad idr., 2024; Liu, Zhou, 2024).
- **Preučevanje različnih starostnih skupin:** Prilagoditev ergonomskih metod in standardov bi morali še bolj natančno uskladiti z razvojnimi posebnostmi posameznih starostnih skupin. Mlajši učenci, denimo, potrebujejo pogostejše gibalne prekinitve in prilagodljivejše okolje, najstniki pa se srečujejo z drugimi izzivi, povezanimi z rastjo in uporabo digitalnih tehnologij (Depreli idr., 2024; Hoque idr., 2014).

Pristop, ki združuje znanstvene dognanja ergonomije in potrebe sodobnega izobraževalnega procesa, ima potencial, da bistveno izboljša kakovost poučevanja in učenja. Vzpostavitev zdravega, varnega in spodbudnega učnega okolja je dosegljiva le z nadaljnjim raziskovanjem, izmenjavo izkušenj in sodelovanjem vseh, ki soustvarjajo šolski prostor.

Viri in literatura

- Ahmad, N., Ismail, A. R., Mohamad, D., Sonie Palate, N. S. in Kamaruzzaman, A. F. (2024). *Improving Classroom Chairs for Student Comfort and Health: An Ergonomic Approach*. *Journal of Human Centered Technology*, 3(1), 22–28. <https://doi.org/10.11113/humentech.v3n1.65>
- Ansari, N. A. in M. J. Sheikh. (2014). Evaluation of work Posture by RULA and REBA: A Case Study. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11(4), 18-23. <https://doi.org/10.9790/1684-11431823>

- Ayala, A. M. C., Salmon, J., Timperio, A., Sudholz, B., Ridgers, N. D., Sethi, P. in Dunstan, D. W. (2016). Impact of an 8-month trial using height-adjustable desks on children's classroom sitting patterns and markers of cardio-metabolic and musculoskeletal health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(12), 1227. <https://doi.org/10.3390/IJERPH13121227>
- Ayala, A. M. C., Sudholz, B., Salmon, J., Dunstan, D. W., Ridgers, N. D., Arundell, L. in Timperio, A. (2018). The impact of height-adjustable desks and prompts to break-up classroom sitting on adolescents' energy expenditure, adiposity markers and perceived musculoskeletal discomfort. *PLOS ONE*, 13(9), e0203938. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203938>
- Bettany-Saltikov, J., McSherry, R., van Schaik, P., Kandasamy, G., Hogg, J., Whittaker, V., Racero, G. A. in Arnell, T. (2019). PROTOCOL: School-based education programmes for improving knowledge of back health, ergonomics and postural behaviour of school children aged 4-18: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 15(1-2), e1014. <https://doi.org/10.1002/cl2.1014>
- Cañete, L., Palominos, F. E., Díaz, H., Córdova, F. M. in Cifuentes, F. (2015). Relationship between the ergonomic state of the classroom measured in energy units and the well-being of students observed by non-invasive instrumentation. *Procedia Computer Science*, 55, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.166>
- Chavez-Ugaz, R., Pardo, S. in Pérez, M. L. (2023). *Improvement proposal using postural ergonomics and engineering design in an educational environment: Case study*. 6th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. <https://doi.org/10.46254/eu6.20230279>
- Ciccarelli, M. in Harris, C.-J. C. (2013). *Children's computer interaction in schools: A case study for promoting healthy computer use*. CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (str. 1679–1684). <https://doi.org/10.1145/2468356.2468475>
- Curran, I. (2008). 15- Creating Effective Learning Environments — Key Educational Concepts Applied to Simulation Training. V R. R. Kyle in W. B. Murray (ur.), *Clinical Simulation Operations, Engineering, and Management* (str. 153-161). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012372531-8.50028-5>
- Depreli, Ö., Topcu, Z. G. in Tomaş, H. (2024). Mismatch between fixed classroom furniture and anthropometric measurements among university students: Relationships to ergonomic risk. *Work* 2024, 79(2), str. 831-840. <https://doi.org/10.3233/WOR-230590>
- Eden, C. A., Chisom, O. N. in Adeniyi, I. S. (2024). Harnessing technology integration in education: Strategies for enhancing learning outcomes and equity. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 11(2), 36–45. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.11.2.0071>
- Englehart, J. M. (2009). Teacher–Student Interaction. V L. J. Saha in A. G. Dworkin (ur.), *International Handbook of Research on Teachers and Teaching*. Springer International Handbooks of Education, vol 21. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73317-3_44
- Esmacel, A., Starovoytova, D., Maube, O. in Asad R. (2022). An innovative ergonomic design of classroom furniture based on anthropometric measurements at tertiary institutions. V C. Nzila, N. Oluoch, A. Kiprop, R. Ramkat in I. Kosgey (ur.), *Advances in Phytochemistry, Textile and Renewable Energy Research for Industrial Growth* (str. 39-43). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003221968-5>
- Firman, E. in Sandirsa, K. D. (2024). The effect of learning environment on students' motivation in learning. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 10(4), 7614. <https://doi.org/10.58258/jime.v10i4.7614>
- Fošnarič, S. (2001). *Učenci in šolsko delovno okolje: nekateri uporabni vidiki ergonomije v vzgoji in izobraževanju*. Pedagoška fakulteta.
- Fošnarič, S., Planinšec, J., Matejek, Č., Puhalič, S., Rizman Herga, N. in Pišot, R. (2019). Šolsko fizično okolje skozi prizmo nekaterih ergonomskih dejavnikov tveganja v obdobju zgodnje adolescence: The school physical environment through the prism of some ergonomic risk factors in the period of early adolescence. *Zagotovimo otroku in mladostniku aktivno okolje: zbornik*

- porzeten, str. 154–155. https://www.zrs-kp.si/wp-content/uploads/2019/11/OVG_ZBORNİK_2019_spletna_izdaja.pdf
- Fošnarič, S., Rizman Herga, N. in Kolar, A. (2020). The problems of early adolescents related to sitting during lessons. V *Health in the interactive relationship between nutrition and exercise* (str. 19–33). Dr. Kovač.
- Fountain, L. J. K. (2003). Examining RULA's Postural Scoring System With Selected Physiological and Psychophysiological Measures. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 9(4), 383–392. <https://doi.org/10.1080/10803548.2003.11076576>
- García-Tudela, P. A., Prendes-Espinosa, M. P. in Solano-Fernández, I. M. (2020). Smart learning environments and ergonomics: An approach to the state of the question. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(1), 57–68. <https://doi.org/10.7821/naer.2020.1.562>
- Gellerman, E. (1994). Ergonomics Play Important Role in New Learning Habitats. *Technological Horizons in Education Journal*.
- Gligorović, B., Desnica, E. in Palinkaš, I. (2018). The importance of ergonomics in schools - secondary technical school students' opinion on the comfort of furniture in the classroom for computer aided design. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 393. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/393/1/012111>
- Gumasing, M. J. J. in Castro, F. M. F. (2023). *Determining ergonomic appraisal factors affecting the learning motivation and academic performance of students during online classes. Sustainability*, 15(3), 1970. <https://doi.org/10.3390/su15031970>
- Habibi, E., Asaadi, Z. in Hosseini, S. M. (2011). Proportion of elementary school pupils' anthropometric characteristics with dimensions of classroom furniture in Isfahan, Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 16(1), 98–104. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3063434/>
- Hignett, S. in McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hira, D. S. (1980). *An ergonomic appraisal of educational desks. Ergonomics*, 23(3), 213–221. <https://doi.org/10.1080/00140138008924735>
- Hoque, A. S. M., Parvez, M. S., Halder, P. in Szecsi, T. (2014). *Ergonomic design of classroom furniture for university students of Bangladesh. Journal of Industrial and Production Engineering*, 31(6), 320–330. <https://doi.org/10.1080/21681015.2014.940069>
- Hotar, N., Baran, B., Tokuç, A., Güzel, E. B., Akdoğan, F. S., Karagöz, E. idr. (2024). *Designing adaptive learning space by integrating technology to a sustainable classroom. In Advances in Educational Technologies and Instructional Design Book Series*. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3641-0.ch006>
- International Ergonomics Association: Global federation of human factors/ergonomics societies.* (b.d.). <https://iea.cc/>
- Ivory, D. M. (2011). *The impact of dynamic furniture on classroom performance: A pilot study*. [Neobjavljena raziskava].
- Jayarathne, K. (2012). Ergonomic considerations in school environments - the need for widening the scope. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 41(51), <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0877-5543>
- Kao, H. S. R. (1976). On Educational Ergonomics. *Ergonomics*, 19(6), 667–681. <https://doi.org/10.1080/00140137608931582>
- Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P. in Vepsäläinen, P. (1981). Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Applied Ergonomics*, 12(1), 13–17. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(81\)90088-0](https://doi.org/10.1016/0003-6870(81)90088-0)
- Khalid, W., Anwar, N., Sajid, M. in Butt, S. I. (2020). A methodology for assessment of thermal comfort, ergonomic and human factors effect on learning performance in classroom environment. V H. Ayaz in U. Asgher (ur.), *Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. AHFE 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51041-1_58

- Latip, M. S. A., Latip, S. N. N. A., Tamrin, M. in Rahim, F. A. (2024). Modelling physical ergonomics and student performance in higher education: The mediating effect of student motivation. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 17(3), 1081-1098. <https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2024-0052>
- Latip, S. N. N. A. in Tamrin, M. (2023). *The relationship between physical ergonomic and students academic performance: A conceptual paper*. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(3), 18246. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i3/18246>
- Legg, S. in Jacobs, K. (2008). Ergonomics for schools. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 31(4), 489-493. <https://doi.org/10.3233/WOR-2008-00834>
- Liu, K. in Zhou, Y. (2024). The impact of ergonomics and biomechanics on optimizing learning environments in higher education management. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 21(3), 396. <https://doi.org/10.62617/mcb396>
- Manca, S., Cerina, V., Tobia, V., Sacchi, S. in Fornara, F. (2020). The effect of school design on users' responses: A systematic review (2008–2017). *Sustainability*, 12(8), 3453. <https://doi.org/10.3390/su12083453>
- Mödritscher, F., Andergassen, M., Law, E. L.-C. in Garcia-Barrios, V. M. (2012, September 1). Evaluation of didactical models with learning curves. *International Conference on Interactive Collaborative Learning*. <https://doi.org/10.1109/ICL.2012.6402215>
- Paraizo, C. in de Moraes, A. (2012). An ergonomic study on the biomechanical consequences in children, generated by the use of computers at school. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 41(51), 857-862. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0254-857>
- Peters, D., Calvo, R. A. in Ryan, R. M. (2018). Designing for motivation, engagement and wellbeing in digital experience. *Frontiers in Psychology*, 9, 797. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00797>
- Pittman, J. (2014). Creating and Maintaining High Quality, Sustainable Healthy Learning Environments for Students, Teachers and Staff in Global Schools. *Journal of Tourism & Hospitality*, 4(2). <https://doi.org/10.4172/2167-0269.1000123>
- Rudolf, M. in Griffiths, Y. (2009). Evaluating the ergonomics of a student learning environment. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 34(4), 475-480. <https://doi.org/10.3233/WOR-2009-0948>
- Saes, M. de O., Ribeiro, C. D., Muccillo-Baisch, A. L. in Soares, M. C. F. (2015). Prevalence of musculoskeletal pain and its association with inadequate school furniture. *Revista Dor*, 16(2), 124-128. <https://doi.org/10.5935/1806-0013.20150024>
- Saha, A. K., Jahin, M. A., Rafiquzzaman, M. in Mridha, M. M. (2024). *Ergonomic design of computer laboratory furniture: Mismatch analysis utilizing anthropometric data of university students*. *Heliyon*, 10(14). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.05589>
- Said, R., El-Bayaa, M., El-Henawy, W. M. in Bassuony, J. E. (2023). Using ergonomics based instruction in teaching English language integrated skills. *Port Said Journal of Educational Research*, 66(1), 1–26. <https://doi.org/10.21608/psjer.2023.181595.1013>
- Schorer, J., Baker, J., Stoeger, H. in Ziegler, A. (2015). Special Topic: Identifying effective learning environments - Part I. Psychological Test and Assessment Modeling, 57(1), 37–39. <https://psycnet.apa.org/record/2015-31974-002>
- Schreurs, K. M. G., Veehof, M. M., Passade, L. in Vollenbroek-Hutten, M. M. R. (2011). Cognitive behavioural treatment for chronic fatigue syndrome in a rehabilitation setting: effectiveness and predictors of outcome. *Behaviour Research and Therapy*, 49(12), 908-913. <https://doi.org/10.1016/J.BRAT.2011.09.004>
- Shaheen, L. A. in Ibrahim, M. B. S. (2024). Developing quality learning environments – A comparison study. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 14(8), 12-19. <https://doi.org/10.9790/9622-14081219>
- Smith, T. J. (2007). The ergonomics of learning: educational design and learning performance. *Ergonomics*, 50(10), 1530-1546. <https://doi.org/10.1080/00140130701587608>

- Traumann, A., Kritsevskaja, M., Tint, P. in Klauson, D. (2014). Air quality as an important indicator for ergonomic offices and school premises. *Agronomy Research*, 12(3), 925-934. https://www.researchgate.net/publication/266399274_Air_quality_as_an_important_indicator_for_ergonomic_offices_and_school_premises
- Wagenaar, A., Scherpbier, A. J. J. A., Boshuizen, H. P. A. in van der Vleuten, C. P. M. (2003). The importance of active involvement in learning: a qualitative study on learning results and learning processes in different traineeships. *Advances in Health Sciences Education*, 8, 201-212. <https://doi.org/10.1023/A:1026036707461>
- Wahyudi, M. A., Dania, W. A. P. in Silalahi, R. L. R. (2015). Work Posture Analysis of Manual Material Handling Using OWAS Method. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 195-199. <https://doi.org/10.1016/J.AASPRO.2015.01.038>
- Zahaf, S., Mansouri, B., Belarbi, A. in Azari, Z. (2016). *The Effect of the Posterior Loading on the Spine of a School Child*. <https://doi.org/10.4172/2472-0429.1000112>

O avtorju

Dr. **Samo Fošnarič** je redni profesor specialne didaktike s področja naravoslovja in tehnike na Oddelku za razredni pouk Pedagoške fakultete Univerze v Mariboru. Njegovo raziskovalno delo temelji na proučevanju učinkov učnega in širšega delovnega okolja na kognitivno-funkcionalno učinkovitost otrok, zlasti skozi prizmo šolske ergonomije in razvoja specialno-didaktičnih modelov procesnega mišljenja na področju naravoslovja in tehnike na elementarni stopnji izobraževanja. Z uporabo kompleksnih, multimodalnih raziskovalnih zasnov, ki integrirajo kvantitativne in kvalitativne analitične pristope, natančno spremlja medsebojno delovanje okoljskih dejavnikov, gibalnih vzorcev, kognitivnih procesov ter učnih dosežkov otrok.

