



Fakulteta za zdravstvo **Angele Boškin**
Angela Boškin Faculty of Health Care

Diplomsko delo
visokošolskega strokovnega študijskega programa prve stopnje
ZDRAVSTVENA NEGA

**POMEN PREZRAČEVANJA PROSTOROV V
ZDRAVSTVENIH IN SOCIALNO
VARSTVENIH USTANOVAH V ČASU
ŠIRJENJA OKUŽBE COVID-19**

**THE IMPORTANCE OF VENTILATION IN
HEALTH AND SOCIAL CARE
INSTITUTIONS DURING THE SPREAD OF
COVID-19**

Mentorica: Zdenka Kramar, pred.

Kandidatka: Ivana Babić

Jesenice, junij, 2022

ZAHVALA

Iskreno hvala mentorici diplomskega dela Zdenki Kramar, pred., za razumevanje in kakovostno strokovno vodenje, pomoč, nasvete ter spodbudo pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se recenzentki diplomskega dela doc. dr. Sedini Kalender Smajlović, za strokoven pregled in usmeritve pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvala gre tudi lektorici Olgi Košorok, učiteljici slov., za skrbno lektoriranje mojega diplomskega dela.

Ne nazadnje se najbolj zahvaljujem svoji družini, ki me je skozi vsa leta šolanja podpirala in spodbujala ter verjela vame. Hvala tudi prijateljem.

POVZETEK

Teoretična izhodišča: Prezračevanje pri širjenju virusa SARS CoV-2 je za njegovo zajezitev ključnega pomena v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah. Poznamo naravno, mehansko in hibridno prezračevanje. Namen diplomskega dela je s pregledom domače in tuje strokovne in znanstvene literature ugotoviti pomen prezračevanja prostorov pri širjenju virusa SARS CoV-2.

Cilj: Osnovni cilj je ugotoviti pomen prezračevanja v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah v času širjenja okužbe covid-19 in ugotoviti najučinkovitejše ukrepe za preprečitev širjenja okužbe covid-19 preko prezračevalnih sistemov.

Metoda: Diplomsko delo temelji na pregledu domače in tuje literature. Podatke smo pridobili s kvalitativno metodo dela tako, da smo uporabili obstoječe podatkovne baze: CINAHL, PubMed, Google učenjak, ProQuest, COBISS.SI. Pri iskanju virov smo uporabili kombinacije ključnih besed: »covid-19«, »prezračevanje pri covid-19«, »vrste prezračevanja v bolnišnicah pri covid-19«, »epidemija«, »air condition«, »air condition in healthcare«. Pri iskanju literature smo uporabili časovni kriterij, da bi zmanjšali število zadetkov: omejitveni kriterij je bilo obdobje od 2011 do 2021, vključili smo recenzirane članke, dostopnost do celotnega članka in jezik besedil v slovenščini in angleščini.

Rezultati: Pridobili smo 211 člankov v polnem besedilu. Po pregledu naslovov in vsebine smo jih izključili 190. V pregled smo vključili 11 virov, ki so ustrezali kriterijem. Identificirali smo 20 kod in jih združili v 3 kategorije: kategorija I: virus covid-19, kategorija II: načini prezračevanja, kategorija III: preventivni ukrepi pri zajezitvi virusa. Uporabili smo 2 posamezni randomizirani raziskavi, 1 presečno pregledno raziskavo, 3 posamezne kvalitativne raziskave in 5 mnenj avtorjev in ekspertnih komisij.

Razprava: Ugotovili smo, da poznamo veliko učinkovitih ukrepov povezanih s prezračevanjem in prezračevalnimi napravami za preprečitev prenosa okužbe s covid-19. Zelo pomembno je, da prezračevanje kot preventivni ukrep izvajamo pravilno, spremljamo priporočila in smernice ter se vsakodnevno izobražujemo na tem področju. Raziskave so pokazale, da je prezračevanje pri prenosu okužbe covid-19 ključnega pomena. V prezračevalne naprave lahko namestimo filter, ki lahko zadrži tudi majhen virus.

Ključne besede: prezračevanje pri covid-19, mehansko prezračevanje v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah, načini prezračevanja pri covid-19

SUMMARY

Background: Ventilation is crucial to contain the spread of SARS CoV-2 virus in health and social care facilities. We distinguish between natural, mechanical and hybrid ventilation. The purpose of this thesis is to determine the importance of ventilation in health and social care institutions during the spread of COVID-19 infections and to identify the most effective measures to prevent the spread of COVID-19 infection through ventilation systems in health and social care institutions.

Aims: The main purpose of the thesis is to determine the importance and impact of room ventilation on the prevention of transmission of COVID-19 infections in health and social care institutions through a detailed review of Slovenian and international professional and scientific literature. The objectives of the thesis are to determine the importance of ventilation in health and social care institutions during the spread Covid-19 infection and identify the most effective measures to prevent the spread of COVID-19 through ventilation systems.

Methods: The diploma thesis is based on a review of Slovenian and international literature. Data were obtained using a qualitative method of work by using CINAHL, PubMed, Google Scholar, ProQuest and COBISS.SI databases. The following keyword combinations were used to search for sources: “COVID-19”, “ventilation during COVID-19 outbreaks”, “types of ventilation in hospitals during COVID-19 outbreaks”, “epidemic”, “pandemic”, “air conditioning”, “air conditioning in healthcare”. When searching for literature, we included only literature published in the 2011-2021 period and peer-reviewed articles and used only those articles where the full text in Slovene or English was available. There was very little literature older than 10 years, as not much had been written about the coronavirus before.

Results: We obtained 211 full-text articles. After reviewing the titles and content, we excluded 190. The review included 11 sources that met the criteria. We identified 20 codes and grouped them into 3 categories: “COVID-19 virus”, “ventilation methods”, and “preventive measures to contain the virus”. We used 2 individual randomized studies, 1 cross-sectional review study, 3 individual qualitative studies and 5 opinions of authors and expert commissions.

Discussion: In reviewing the literature, we found that there are many effective measures associated with ventilation and ventilation devices to prevent the transmission of COVID-19 infections. Because the virus is completely novel and mutates rapidly, there remains room for research and new directions. It is very important that ventilation as a preventive measure is implemented correctly and consistently and that we follow new recommendations and guidelines, and we are educated in this area on a daily basis. Research has shown that ventilation is crucial in the transmission of COVID-19 infections, and that rooms must be regularly ventilated naturally or mechanically. A filter can be installed in ventilation devices, which can stop even such a small virus. It is important that healthcare professionals are aware of the importance of ventilation.

Keywords: ventilation during COVID-19 outbreaks, mechanical ventilation in medical and social care institutions, ventilation methods during COVID-19 outbreaks

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 KORONA VIRUSI IN POTEK BOLEZNI.....	2
1.2 UKREPI ZA OBVLADOVANJE PRENOSA VIRUSA SARS CoV - 2.....	3
1.2.1 Pomen prezračevanja prostorov za obvladovanje prenosa virusa SARS CoV - 2 .	4
1.2.2 Izolacijski ukrepi za obvladovanje prenosa virusa SARS CoV-2	8
2 EMPIRIČNI DEL.....	11
2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA	11
2. 2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	11
2.3.1 Metode pregleda literature.....	12
2.3.2 Strategija pregleda zadetkov.....	12
2.3.3 Opis obdelave podatkov pregleda literature	13
2.3.4 Ocena kakovosti pregleda literature	14
2.4 REZULTATI	14
2.4.1 PRIZMA diagram.....	15
2.4.2 Prikaz rezultatov po kodah in kategorijah	15
2.5 RAZPRAVA.....	22
2.5.1. Omejitev raziskave	30
2.5.2 Doprinos za prakso ter priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo	30
3 ZAKLJUČEK	32
4 LITERATURA.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: PRIZMA diagram.....	15
------------------------------	----

KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati pregleda literature.....	13
Tabela 2: Hierarhija dokazov v znanstvenoraziskovalnem delu	14
Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov	16
Tabela 4: Kode in kategorije	21

SEZNAM KRAJŠAV

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning	Engineers
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning	
UVGI	Ultravijolično germicidno obsevanje	
DNK	Deoksiribonukleinska kislina	
REHVA	Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo	
HEPA	High efficiency particulate filter	
CO ₂	Ogljikov dioksid	
Ppm	Pulse position modulation	
FFP	Filtering Face Piece	
CDC	Centre for Disease Prevention and Control	

1 UVOD

Strokovnjaki za javno zdravje in vladni uradniki se že dolgo zavedajo možnosti obsežne biološke grožnje. Iz Velike Britanije so prišla poročila, da je bil leta 2016 narejen test pripravljenosti zdravstvenih delavcev, ki je pokazal, da bodo bolnišnice v primeru pandemije preobremenjene (Hannigan, et al., 2020). Epidemija je nenaden izbruh in nenadno širjenje nalezljive bolezni v družbi, ki zelo presega normalno obolevnost (t.i. incidenco) v tej populaciji. Hude epidemije, ki so geografsko zelo razširjene, poimenujemo z izrazom pandemija (Morrison, et al., 2020).

Pričetek zdajšnje pandemije sega v december leta 2019 v mesto Wuhan, ki se nahaja na Kitajskem. V tamkajšnji bolnišnici se je pojavljalo zelo veliko pacientov s pljučnico, katere izvor ni bil znan. Zaposleni so jim odvzeli vzorce in izolirali novo, do takrat popolnoma neznano obliko koronavirusa SARS-CoV-2. Ker je virus izjemno nalezljiv se je le v nekaj tednih iz Azije razširil po vsem svetu. Do konca leta 2020 je terjal približno 200.000 smrtnih žrtev (Teršek & Fortuna, 2020). Danes beležimo že več kot 4,7 milijona smrtnih žrtev (Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ), 2022). Zaradi hitrega širjenja bolezni je bil zdravstveni sistem zelo presenečen. Bolezen je širom sveta imela enak razplet dogajanj, ki smo jim bili na žalost priča tudi v Sloveniji. Zradi virusa covid-19 se je v nekaj tednih lahko občutila prezaposlenost, izčrpanost in preobremenitev zdravstvenih delavcev. Pomanjkanje kadra dodatno oslabilo zdravstvene delavce. Pojav bolezni je imel indirektno posledice na zdravstvene institucije. Ker so bile bolnišnice prezasedene in v pomanjkanju kadra je to privedlo do zakasnelih oskrb različnih kroničnih bolezni in poznih ukrepov pri življenjsko ogrožajočih stanjih kot so miokardni infarkt, možganska kap, itd.) (Tomašič & Omersel, 2020).

Virus se prenaša zlasti kapljično, tako da pri kihanju in kašljanju okuženega kapljice z virusom pridejo v stik s sluznico nosu, ust in oči oseb v bližini, padejo pa tudi na bližnje površine. V povprečju ena okužena oseba okuži 2 do 3 druge zdrave osebe. Ker je kužnost virusa zelo visoka, je ključna preventiva, ki zahteva razkuževanje površin in medsebojno razdaljo (Tomašič, 2020). Z novim koronavirusom se lahko okužimo tudi ob stiku z onesnaženimi površinami, npr. če se onesnaženih površin dotaknemo s prsti, lahko virus

zanesemo na sluznice nosu, ust in oči in se tako okužimo. Najpogosteje se okužba razširi med ljudmi, ki so med seboj v tesnem stiku (razdalja do okužene osebe je manj kot 2 m). Poleg tega predstavlja visoko tveganje za okužbo zadrževanje v zaprtih in neustrezno prezračevanih prostorih, v katerih se nahaja večje število ljudi in kjer okužene osebe preživijo dlje časa z drugimi ljudmi, npr. v nočnih klubih, restavracijah, na zborovskih vajah, v fitness centrih, pisarnah in v cerkvah (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA), 2020). Premer virusa znaša približno 0,125 mikrona, vendar pri kašljanju in kihanju potuje skozi zrak v bioloških aerosolih velikosti od 0,5 do 3 mikrona. Tako imenovani HEPA filtri (High efficiency particulate filter) predstavljajo visokozmogljivo izločanje trdnih delcev iz zraka, ki zajame mikrobo, prah in druge delce velikosti do 0,3 mikrona. Dograditev takšnih filtrov je v prezračevalnih sistemih z obtočnim zrakom smiselna, vendar je vprašanje, ali takšno nadgradnjo dovoljuje ventilator, saj znaša že začetni padec tlaka skozi filter preko 100 Pa. Zato je pomembno, da se o takšni tehnični rešitvi razmišlja vnaprej (Lenassi, 2020).

1.1 KORONA VIRUSI IN POTEK BOLEZNI

Koronavirusi so po vsem svetu razširjeni virusi, ki lahko okužijo ljudi, ptice, govedo, pse in druga živa bitja. Ime so dobili po značilni kroni (latinsko Corona). Iz nje štrli beljakovina v obliki bodice S, ki jo lahko vidimo pod elektronskim mikroskopom (Johnson & Morawska, 2011). Koronaviruse uvrščamo v red Nidovirales, družino Coronaviridae, poddružino Coronavirinae in rod Corona virus, ki ga tvorijo štiri genetske skupine virusov: Alphacoronavirus, Betacoronavirus, Gammacoronavirus in Deltacoronavirus. Človeški koronavirusi so okrogli virusi, ki imajo ovojnico, njihov dedni material (genom) pa predstavlja enovijačnica. Na njej so zapisane informacije za nestrukturane in strukturne beljakovine (Teršek & Fortuna, 2020).

Inkubacija traja od 2 do 14 dni, v povprečju od 4 do 6 dni. Testiranje v obdobju inkubacije, še posebej prve dni po izpostavitvi, lahko pokaže lažno negativni izvid. Na žalost ni nobenih specifičnih bolezenskih simptomov in znakov, po katerih bi covid-19 lahko razlikovali od ostalih virusnih okužb dihal, kot sta npr. gripa in prehlad. Bolezen večinoma poteka subakutno. Klinična slika prehaja od povsem brezsimptomatskih do

fulminantnih oblik bolezni. Čeprav so najpogosteje prizadeta pljuča, gre za kompleksno bolezen, ki prizadene tudi druge organe (Tomašič, 2020).

Potek bolezni covid-19 je zelo različen. Pri večini (80 %) pacientov je blag ali zmeren, pri 15 % pacientov hud in pri 5 % pa je potek bolezni kritičen. Starejši pacienti, pacienti s kardiovaskularnimi obolenji, arterijsko hipertenzijo, kronično pljučno boleznijo, diabetesom in/ali debelostjo in verjetno še z drugimi, ta trenutek še neznanimi dejavniki tveganja, so bolj ogrožena skupina ljudi, pri katerih lahko pričakujemo zaplete bolezni Covida-19 (Tomašič & Omersel, 2020).

Glavni razlog za hitro širjenje okužbe je, da se virus prenese na naslednjo osebo, preden se pojavijo simptomi in znaki bolezni pri prvi osebi. Skoraj polovica vseh pacientov sekundarnih okužb je posledica prenosov od brezsimptomatskih oseb. Virus se v zgornjih dihalnih poteh aktivno razmnožuje, in sicer že dva do tri dni pred začetkom bolezni in prvi teden bolezni (vrh je četrty dan bolezni). Covid-19 je kužna bolezen, ki se med ljudmi prenaša kapljično in kontaktno. Brezsimptomni prenosi so kot »Ahilova peta« covid-19. Novi koronavirus se prenaša predvsem kapljično (kapljice premera 5-10 μm). V zaprtih slabše prezračenih prostorih, kot so nočni klubi, restavracije, določena delovna okolja itd., kjer se nahaja veliko ljudi hkrati, predvsem kadar glasno govorijo, glasno vpijejo ali pojejo in so dlje časa skupaj, verjetno prihaja tudi do aerosolnega prenosa okužbe. Gre za prenos zelo majhnih mikrokapljic, ki imajo premer $< 5 \mu\text{m}$, in jih imenujemo kapljična jedra ali aerosol. V zraku lahko ostane nekaj ur in ga osebe vdihavajo globoko v pljuča. Dokazano je, da virus bolj učinkovito prenašajo osebe, ki jih imenujemo »superprenašalci«. To so osebe, ki so zelo kužne in lahko prenesejo virus na nekaj 10 ali sto ljudi med govorjenjem, vpitjem, kašljanjem in kihanjem. Do sedaj še niso znani vzroki za izločanje velike količine kužnih delcev (Tomašič & Omersel, 2020).

1.2 UKREPI ZA OBVLADOVANJE PRENOSA VIRUSA SARS CoV - 2

Glede na ugotovitve različnih raziskav in na dosedanjih izkušnjah so najučinkovitejši ukrepi hitro odkrivanje primerov, izolacija, iskanje stikov in karantene. Skupaj z ukrepi medsebojne razdalje, higijene rok (predvsem razkuževanja), higijene kašlja in ostalih standardnih higienskih ukrepov predstavljajo temelj za obvladovanje širjenja virusa v

populaciji in preprečevanja daljših epidemioloških verig prenosov (Tomašič & Omersel, 2020).

Zdravstveni delavci so se med epidemijo covid-19 soočali z ogromnimi izzivi. Pri spoprijemanju z novo nalezljivo boleznijo so izpostavljeni potencialnemu tveganju za okužbo. Obstaja tudi tveganje za pojav tesnobe in težav v duševnem zdravju, ki so povezane z delom. Pomembno je, da za zaščito zdravstvenih delavcev uporabimo vsa najnovejša spoznanja. Izvajalci zdravstvenih storitev morajo biti poučeni o nevarnosti bolezni, vključno s pravilno uporabo osebne varovalne opreme, ustreznimi pravili osebne higiene in s tem povezanimi okoljskimi ukrepi (Chen, et al., 2020).

1.2.1 Pomen prezračevanja prostorov za obvladovanje prenosa virusa SARS CoV - 2

Ker je prezračevanje ključnega pomena pri širjenju bolezni, je pomembno, da zdravstveni delavci poznajo vrste in načine prezračevanja v bolnišnicah in socialno varstvenih zavodih. S prezračevanjem lahko preventivno preprečimo prenos okužbe, saj je zelo pomembna izmenjava zraka v prostoru. Zaprti neprezračeni prostori so zaradi slabše izmenjave bolj dovzetni za širjenje okužbe (Teršek & Fortuna, 2020).

Zaradi neustrezne arhitekture zdravstvenih in socialno varstvenih zavodov se križajo čisti in nečisti prostori ter poti, na ta način je omogočena še večja kontaminacija in razmnoževanje bakterij v pacientovem neposrednem okolju. Pomanjkanje zdravstvenih delavcev in/ali prenatrpanost prostorov s pacienti je še dodatno tveganje za prenos okužbe. Zaradi tesnejšega stika med pacienti in uporabniki ter opuščanje higienskih načinov dela, predvsem higiene rok ter neupoštevanje osnovnih načel neustreznega nameščanja okuženih pacientov ali pacientov s sumom na okužbo v izolacijske enote še dodatno poveča verjetnost prenosa SARS-CoV-2 (Kramar, et al., 2020a).

Prezračevanje je eden ključnih ukrepov pri omejevanju širjenja novega koronavirusa. S pravilnim prezračevanjem iz zaprtega prostora, v katerem je več ljudi, učinkovito odvajamo izdihani zrak, v katerem je lahko prisoten tudi novi koronavirus. Zlasti v zimskih mesecih je prezračevanje zaprtih prostorov pogosto pomanjkljivo. V primeru naravnega prezračevanja je treba pripraviti načrt prezračevanja: predvideti pogostost in način odpiranja oken ali vrat, kar je odvisno od velikosti prostora, višine

stropa, števila ljudi v prostoru,... Pri mehanskem prezračevanju je pomembno, da so nastavitve sistema pravilne ter da se sistem pravilno vzdržuje in redno servisira. S tem bomo veliko pripomogli k omejevanju širjenja novega koronavirusa in omogočili varnejše okolje za vse – za zaposlene in za uporabnike (Allen & Marr, 2020).

V času širjenja virusa SARS-CoV - 2 je veliko objektov, ki so delno ali popolnoma zaprti (npr. hoteli, šole, športni objekti, telovadnice, bazeni, kopališča...), kar vpliva tudi na klimatske in prezračevalne naprave, saj niso v uporabi. Zmanjšana uporaba oziroma neuporaba prezračevalno klimatskih sistemov lahko privede do zadrževanja vode v nekaterih delih sistema, kar lahko privede do namnožitve različnih mikroorganizmov. Pred ponovnim zagonom sistema je potrebno izvesti čiščenje in razkuževanje klimatskega sistema (Allen & Marr, 2020).

ASHRAE navaja, da naj imajo sistemi prezračevanja na vstopnih mestih in čakalnicah v novih in obstoječih zdravstvenih objektih, prenatrpanih zavetiščih in v podobnih ustanovah, presežene minimalne vsebnosti zunanjega zraka, ki so sicer predpisane s standardi (Lenassi, 2020).

Prostore v stavbah lahko prezračujemo na tri načine: naravno, mehansko in hibridno. Kadar so v prostorih prisotni ljudje, je treba zagotoviti stalno prezračevanje z dovajanjem zunanjega svežega zraka z največjim možnim pretokom zraka. Izogibati se moramo prezračevanju s preprihom, kadar je v prostoru prisotnih več ljudi (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA), 2020).

V prostorih, kjer se nahaja več ljudi hkrati, strokovnjaki priporočajo izklop sistemov z lokaliziranim (na nivoju posameznih prostorov) kroženjem zraka (npr. ventilatorski konvektorji, indukcijske enote). Kjer pa se uporabljajo sistemi z lokaliziranim kroženjem zraka, je treba zagotoviti redno zračenje z odpiranjem oken na stežaj (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA), 2020).

Prezračevalni sistemi niso vir okužbe z virusom SARS-CoV-2, v kolikor v ustanovi upoštevajo vsa priporočila čiščenja in vzdrževanja sistemov, povečanje pretoka svežega zunanjega zraka, varne uporabe prezračevalnih sistemov z rekuperacijo toplote in priporočil glede nastavitve kroženja zraka. V stavbi brez mehanskega prezračevalnega

sistema je priporočljivo namestiti senzorje CO₂. Visoke vrednosti CO₂ so pokazatelj slabše kakovosti zraka v zaprtih prostorih, zlasti v prostorih, kjer se zadržuje večja skupina ljudi, kot so učilnice, sejne sobe, restavracije (Allen & Marr, 2020).

Pri naravnem prezračevanju izkoriščamo naravne fizikalne lastnosti zraka pri različnih temperaturah v prostorih in na prostem. Naravno prezračevanje poteka skozi odprta okna in zunanja vrata. Priporoča se kratkotrajno prezračevanje (do 15 minut vsako uro), z odprtjem oken na stežaj, tudi če to povzroča nekaj toplotnega neudobja (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA), 2020).

Pri mehanskem prezračevanju z mehansko napravo se odtočni zrak zamenja z zunanjim zrakom. Kadar so v prostorih prisotni ljudje, naj mehansko prezračevanje deluje s povečanim pretokom zraka, sicer pa se le-ta lahko zmanjša. Sistemi ogrevanja in ohlajanja se lahko uporabljajo kot običajno. Priporočljivo je, z namenom omejevanja širjenja in preživetja novega koronavirusa SARS-CoV-2, v prostoru zagotavljati sorazmerno relativno vlažnost med 40 % do 60 %. Prav tako je treba zagotoviti, da se prezračevalne sisteme in klimatske naprave redno čisti oziroma da se ravna skladno z navodili proizvajalca oziroma vzdrževalca sistemov/naprav (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA), 2020).

Mehansko prezračevanje naj deluje ves čas, 24 ur na dan, 7 dni v tednu. Na običajnih oziroma povišanih nastavitvah pretoka zraka naj deluje vsaj 2 uri pred prihodom ljudi in še vsaj 2 uri po njihovem odhodu iz prostora. V času, ko so ljudje prisotni v prostorih, mora mehansko prezračevanje delovati s povečanim pretokom zraka. Medtem ko je v preostalem času pretok zraka lahko zmanjšan. Kjer mehanskega prezračevanja ni možno nastaviti na povečan pretok zraka, je potrebno sočasno naravno prezračevanje prostorov (z odpiranjem oken na stežaj). Prezračevalni sistemi, ki zahtevajo nastavitev vrednosti CO₂, naj se nastavijo na nižjo vrednost od običajne, zadostuje nastavitev na 400 ppm (pulse position modulation). V stavbah, ki zaradi širjenja virusa SARS-CoV-2 niso v uporabi (nekatero pisarne ali izobraževalne ustanove), prezračevanja ni priporočljivo izklopiti, lahko pa deluje z zmanjšanim pretokom zraka. V stavbah brez mehanskih prezračevalnih sistemov je priporočljivo redno odpiranje oken na stežaj, veliko pogosteje kot običajno, tudi če to povzroča nekaj toplotnega neudobja. Odpiranju oken v toaletnih

prostorih z mehanskim ali pasivnim načinom prezračevanja se moramo izogibati, saj to lahko povzroči, da zrak iz toaletnih prostorov začne prehajati v druge prostore. Uporabnike toaletnih prostorov naj se opozori, da straniščne školjke izplakujejo s pokritim pokrovom, da se prepreči prenos kapljic v zrak (Shumake-Guillemot, et al., 2020).

Sistemi ogrevanja in ohlajanja se lahko uporabljajo kot običajno, ob upoštevanju navodil glede kroženja zraka. Odsvetuje se nastavitve temperature zraka pod 21 °C in relativne vlažnosti pod 40 %, saj so to optimalni pogoji za preživetje virusa SARS-CoV-2 (Shumake-Guillemot, et al., 2020).

Prezračevalni sistem z rekuperacijo toplote mora imeti zagotovljen ločen dovod in odvod zraka. V primeru netesnosti sistemov z rekuperacijo toplote se lahko delci z virusom v izstopnem zraku ponovno vrnejo v prostore z vstopnim zrakom. Netesnost takšnih sistemov je lahko posledica nameščenosti rekuperatorjev slabše kakovosti, ob nepravilni namestitvi in pri slabem vzdrževanju sistemov. Puščanje takšnih sistemov mora biti nižje od 5 % in se mora izravnati s povečanjem pretoka zraka, skladno s predpisanimi standardi. Najpogostejša napaka je, da ventilatorji delujejo tako, da se ustvari višji tlak na odvodni strani sistema, kar povzroči uhajanje izstopnega zraka v dovodni prezračevalni kanal. Razlike v tlaku je možno odpraviti z loputami. V primeru suma netesnosti sistemov z rekuperacijo toplote je treba vključiti vzdrževalce sistema, ki svetujejo, na kakšen način bi lahko preprečili nastanek visokega tlaka na izstopni strani (Shumake-Guillemot, et al., 2020).

Prezračevalne centralizirane sisteme ali klimatske naprave je treba nastaviti tako, da se zrak izmenja le s svežim zunanjim zrakom, brez kroženja zraka. Pri sistemih, kjer se centralni recirkulaciji (kroženje) zraka ni mogoče izogniti zaradi funkcije hlajenja ali ogrevanja, je treba delež zunanjega zraka čim bolj povečati. V tem primeru je priporočljivo tudi filtriranje povratnega zraka. V prostorih, kjer se nahaja več ljudi hkrati, je načeloma potreben izklop sistemov z lokaliziranim (na nivoju posameznih prostorov) kroženjem zraka (npr. ventilatorski konvektorji, indukcijske enote). V primeru, da se te naprave uporabljajo, mora biti obvezno zagotovljeno redno zračenje z odpiranjem oken na stežaj (Shumake-Guillemot, et al., 2020).

1.2.2 Izolacijski ukrepi za obvladovanje prenosa virusa SARS CoV-2

Za obvladovanje prenosa okužb povezanih z zdravstvom je zelo pomembno, da vsi zaposleni dosledno upoštevajo standardne higienske ukrepe, ki jih izvajamo pri vsakem pacientu ne glede na obolenje, tako v bolnišnicah kot v socialno varstvenih ustanovah. Izvajamo jih ves čas njihove obravnave. Standardni higienski ukrepi vključujejo: higieno rok, pravilno uporabo osebne varovalne opreme, čiščenje, razkuževanje inštrumentov ter drugih pripomočkov, zagotovitev varnega ravnanja z odpadki, dosledno čiščenje in razkuževanje okolja pacienta, preprečevanje poškodb z ostrimi predmeti pri zdravstvenih delavcih, ustrezno postopanje z umazanim perilom, pacienta s sumom ali okužbo z virusom SARS CoV-2 izoliramo v enoposteljno sobo, ostalim pacientom, uporabnikom in obiskovalcem pojasnimo higieno kašlja in jim podamo pisna navodila, ter jih dodatno izobrazimo o priporočenih higienskih ukrepih v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah (Ribič & Kramar, 2016).

Pacienta ali uporabnika z utemeljenim sumom na okužbo s covid-19, moramo takoj premestiti v posebno izolacijsko enoto, ki jo imenujemo siva cona. V eni sobi je lahko samo 1 pacient s sumom na covid-19, razen če gre za pacienta ali uporabnika iz iste sobe. Soba mora imeti svoje sanitarije. Območje sive cone se začneja z vstopnim čistim filtrom in zaključuje z izstopnim nečistim filtrom. Gibanje pacientov ali uporabnikov je omejeno znotraj sobe. Koncepta opisane izolacijske enote se poslužujemo tudi takrat, ko se pojavijo druga respiratorna obolenja, ki se med pacienti ali uporabniki v zavodu prenašajo kapljično ali aerogeno (npr. noroviroza pri kateri nastanejo aerosoli pri bruhanju). Zaposleni med različnimi conami z različnim epidemiološkim statusom pacientov ali uporabnikov ne smejo prehajati. Če se okužba pri pacientu ali uporabniku potrdi, je pacienta ali uporabnika potrebno premestiti v posebno izolacijsko enoto, ki se imenuje rdeča cona. Rdeča cona predstavlja sklop sob oziroma prostor (lahko kohortna namestitvev), ki je namenjen namestitvi pacientov ali uporabnikov, pri katerih je laboratorijsko potrjena okužba z virusom SARS-CoV-2. Območje rdeče cone se začneja z vstopnim čistim filtrom in zaključuje z izstopnim nečistim filtrom. Rdeča cona ima sanitarije za paciente ali uporabnike in druge prostore za izvajanje zdravstvene oskrbe. Gibanje pacientov ali uporabnikov je omejeno na gibanje znotraj rdeče cone. Zaposleni med različnimi conami z različnim epidemiološkim statusom uporabnikov ne prehajajo (Kramar, et al., 2020a).

Vrata izolacijske enote morajo biti vedno zaprta, na zunanja vrata izolacijskih sob moramo namestiti list z napisom "IZOLACIJA". Zdravstveni delavci morajo upoštevati ukrepe kapljične in kontaktne izolacije. Ves čas dela v sivi coni morajo uporabljati osebno varovalno opremo. Pri posegih, pri katerih je večja možnost nastanka aerosola, kot je odvzem brisa iz nasofaringsa, aspiracija, intubacija, itd., pa upoštevamo še dodatne ukrepe aerogene izolacije, predvsem namestitev respiratorne maske (FFP 2 ali FFP 3 maska). Pacientova dokumentacija je shranjena izven izolacijskih enot, lahko v prostoru zdravstvenih delavcev (Lenassi, 2020).

Zagotoviti je treba, da v izolacijsko enoto vstopa najmanjše možno število zdravstvenih delavcev, ki je potrebno za kakovostno in varno obravnavo pacienta ali uporabnika in se ne smejo mešati z ostalimi. Zdravstveni delavci in ostali zaposleni, ki vstopajo v izolacijsko enoto (zdravniki, medicinske sestre, strežnice, čistilke...) morajo vedno uporabljati osebno varovalno opremo, ki jo namestijo v vhodnem čistem filtru izolacijske enote ali v drugem prostoru, ki je določen za čisti prostor, po vrstnem redu, ki je naveden v navodilih zavoda za preprečevanje okužb povezanih z zdravstvom. Po opravljenih aktivnostih pri pacientu ali uporabniku, predno zdravstveni delavec zapusti izolacijsko sobo, si odstrani zaščitni predpasnik in rokavice ter si razkuži roke. Ostalo osebno varovalno opremo si zdravstveni delavci odstranijo v izhodnem, nečistem filtru. V prostoru, kjer si osebje odstrani ostalo varovalno opremo, mora biti pripravljen koš za odpadke iz zdravstva, razkužilo za roke, rokavice, posoda za razkuževanje zaščitnih očal/vizirja in zaprta posoda za očala, ki se jih sterilizira. V tem prostoru morajo biti sanitarije in tuš za zdravstvene delavce. Po končani delovni izmeni se mora zdravstveni delavec stuširati in zamenjati delovno obleko. Medicinska sestra in zdravnik, ki v zavodu sodelujeta na področju preprečevanja okužb, povezanih z zdravstvom: medicinska sestra za obvladovanje okužb povezanih z zdravstvom in zdravnik za obvladovanje okužb povezanih z zdravstvom izvajata izobraževanje zdravstvenih delavcev glede pravilnega načina uporabe osebne varovalne opreme (Guan, et al., 2019).

Pri pacientu s sumom na covid-19 izvajamo ukrepe kontaktne, kapljične in aerogene izolacije. Kontaktni prenos je najpogostejši prenos okužb. Kužni delci se prenesejo s pomočjo dotika direktno od okuženega pacienta na druge paciente preko predmetov, okolice, rok zdravstvenih delavcev in direktnega osebnega stika. Kapljični prenos okužbe pomeni, da pride do prenosa iz respiratornega trakta pacienta z okužbo s pomočjo delcev

kapljic, ki so večji od 5 μ m neposredno na sluznico ali očesno veznico druge osebe. Za takšen prenos okužbe je potrebna zelo majhna razdalja, saj se kapljice razpršijo po zraku približno od 1m do 1,5 m. Aerogeni prenos je prenos virusnih delcev na kapljicah preko zraka. Delci v obliki aerosola lahko dlje časa lebdijo v zraku in se lahko prenesejo zelo daleč s pomočjo gibanja zraka. Zaradi svoje sposobnosti letenja lahko vstopijo v respiratorni sistem osebe in povzročijo okužbo, tudi brez bližnjega kontakta (Ribič & Kramar, 2016). Izolacijska enota mora imeti negativni tlak glede na tlak v drugih prostorih (podtlak). Če take enote ni na voljo, naj ima izolacijska enota predprostor, ločene sanitarije, možnost naravnega prezračevanja in ne sme biti priključena na centralno klimatsko napravo. Zdravstveni delavci morajo ob vstopu v izolacijsko enoto vedno uporabljati osebna varovalna sredstva (respiratorno masko FFP2 ali FFP3, zaščitna očala, ki tesnijo ali vizir, zaščitne rokavice, zaščitno vodoodbojno haljo in kapo). Obiskovalci morajo upoštevati enaka navodila kot zdravstveni delavci. Po končani izolaciji temeljito prezračimo prostor in prostor očistimo ter razkužimo vse površine v sobi (Allen & Marr, 2020).

Namen diplomskega dela je spoznati in opisati načine prezračevanja prostorov v času širjenja virusa covid-19. Opisali bomo prezračevalne sisteme, ki se uporabljajo oz. so priporočljivi v bolnišnicah in socialno varstvenih ustanovah.

2 EMPIRIČNI DEL

V diplomskem delu smo s pomočjo pregleda literature raziskali načine prezračevanja v času širjenja okužbe covid-19 v zdravstvenih in socialnovarstvenih zavodih. Prav tako smo raziskali, kateri so ukrepi za zmanjšanje prenosa SARS-CoV-2 preko prezračevalnih sistemov.

2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA

Glavni namen diplomskega dela je s pomočjo pregleda domače in tuje strokovne in znanstvene literature ugotoviti pomen in vpliv prezračevanja prostorov na preprečevanje prenosa okužbe s covid-19 v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah.

Cilji diplomskega dela:

- ugotoviti pomen prezračevanja v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanov v času širjenja okužbe covid-19;
- ugotoviti najučinkovitejše ukrepe za preprečitev širjenja okužbe covid-19 preko prezračevalnih sistemov v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah.

2.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Postavili smo si dve raziskovalni vprašanji:

1. raziskovalno vprašanje: Kakšen je pomen prezračevanja v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah v času širjenja okužbe covid-19?
2. raziskovalno vprašanje: Kateri so najučinkovitejši ukrepi za preprečitev širjenja okužbe covid-19 preko prezračevalnih sistemov v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah?

2.3 RAZISKOVALNA METODOLOGIJA

Diplomsko delo je temeljilo na pregledu literature.

2.3.1 Metode pregleda literature

Pregled slovenske in angleške strokovne in znanstvene literature je bil izveden v podatkovnih bazah CINAHL, ProQuest, Google scholar, PubMed, virtualni knjižnici COBISS, DLIB, na spletni strani Zbornice zdravstvene in babiške nege Slovenije – Zveze strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije in na spletni strani Ministrstva za zdravje. Ključne besede, ki smo jih uporabili v slovenskem jeziku, so bile: »covid-19«, »prezračevanje pri covid-19 v bolnišnicah«, »vrste prezračevanja«, »preventivni ukrepi pri covid-19«. Ključne besede, ki jih smo jih uporabili pri iskanju v angleškem jeziku: »ventilation at Covid-19«, » Covid-19 aerosols«, »ventilation«, »Covid-19«, »types of ventilation in hospital«, »ventilation during Covid-19«, »Covid-19 preventive measures«, »types of ventilation«. Uporabili smo omejitvene kriterije: starost literature (od 2011 – 2021), jezik (slovenski in angleški), dostopnost literature v polnem besedilu, vsebinska ustreznost literature, recenzija in prosta dostopnost. Prav tako smo izločili vire, ki ne zajemajo zdravstvene nege in medicine. Pri kombiniranju ključnih besed v angleškem jeziku smo v bazah podatkov uporabili Boolove operatorje: or in and. Literaturo iz zbornikov strokovnih simpozijev in člankov smo poiskali na internetu, nato smo sledili pregledu z ročnim načinom iskanja.

2.3.2 Strategija pregleda zadetkov

Zadetke, ki smo jih pridobili s pomočjo ključnih besed v slovenskem in angleškem jeziku, smo prikazali shematsko in tabelarično. Tabelarični prikaz (Tabela 1) vsebuje informacije o podatkovnih bazah, ključnih besedah, številu zadetkov ter izbrane zadetke za pregled v polnem besedilu. Shematsko je pregled literature prikazan s pomočjo PRIZMA diagrama, ki se nahaja v poglavju rezultati in prikazuje izbrane kriterije, ki so vplivali na uvrstitev člankov v končno analizo (Moher, et al., 2009). Strategija iskanja v podatkovnih bazah je dala skupaj 3.493.777 zadetkov v polnem besedilu. Po vsebinskem pregledu smo članke izločili in za končno analizo uporabili 11 zadetkov.

Tabela 1: Rezultati pregleda literature

Podatkovna baza	Ključne besede	Število zadetkov	Izbrani zadetki za pregled v polnem besedilu
CINAHL	Ventilation at Covid-19	3	1
ProQuest	Ventilation in hospital	40.697	1
Google scholar	Types of ventilation in hospitals	171.000	1
	Ventilation during Covid-19	2.951	1
	Covid-19	3.270.000	1
PubMed	Ventilation during Covid-19	6.174	1
	Covid-19 aerosols	2.937	1
COBISS	Prezračevanje pri covid-19	11	1
DLIB	Preventivni ukrepi pri covid-19	2	1
Zbornica zdravstvene in babiške nege – Zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije	Preventivni ukrepi pri covid-19	1	1
Ministrstvo za zdravje	Tehnične smernice za zdravstvene objekte	1	1

2.3.3 Opis obdelave podatkov pregleda literature

Spoznanja so vključena v pregled literature, ki smo jo analizirali s kvalitativno vsebinsko analizo po Vogrincu (2008). Iz zbranih informacij smo povzeli podatke in zbrane opise, ki so vsebinsko skladni in verodostojni. Pri poteku same analize smo v literaturi iskali ključne besede, teme in kode, na osnovi katerih smo določili pomen besedila, ki smo ga kodirali in uporabili v nadaljnji analizi. Vsebinsko podobne kode smo kategorizirali in tako prišli do teoretične razlage problema ter pojav tudi pojasnili (Vogrinc, 2008). Ustrezne tuje članke smo prevedli v slovenski jezik.

2.3.4 Ocena kakovosti pregleda literature

Raziskave, ki so bile vključene v končno analizo ($n = 11$), smo ocenili s pomočjo hierarhije dokazov v znanstveno raziskovalnem delu (Polit in Beck, 2018) (Tabela 2).

Tabela 2: Hierarhija dokazov v znanstvenoraziskovalnem delu

Nivo (številka)	Opis nivoja	Razvrstitev izbranih zadetkov glede na hierarhijo dokazov ($n = 11$)
1	Sistematični pregled randomiziranih in nerandomiziranih kliničnih raziskav	0
2	Posamezne randomizirane klinične raziskave	2
3	Posamezne nerandomizirane klinične raziskave	0
4	Posamezne prospektivne/kohortne raziskave	0
5	Posamične študije primera	0
6	Posamezne presečne pregledne raziskave	1
7	Posamezne kvalitativne raziskave	2
8	Mnenja avtorjev, ekspertnih komisij	6

Vir: Polit & Beck (2018)

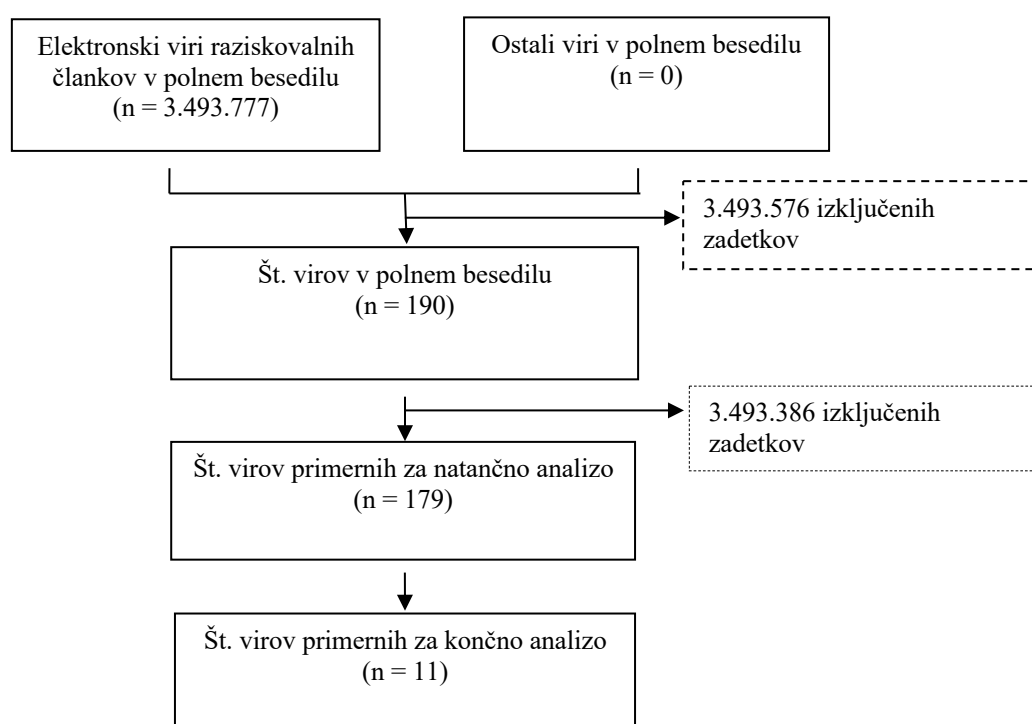
Največ pridobljenih člankov, ki so bili vključeni v končno vsebinsko analizo, je sodilo v 8. nivo (Kramar, et al., 2020b; Morawska, et al., 2020; Ministrstvo za zdravje, 2019; Rajesh, et al., 2021; Spena, et al., 2020; Tomažič, et al., 2020), kar predstavlja mnenja avtorjev in raziskave primera. Prav tako smo v nivo 7, ki predstavlja posamezne opisne ali kvalitativne raziskave vključili 2 vira (Bahnfleth, et al., 2020; Spena, et al., 2020). V nivo 6, ki predstavlja posamezne presečne raziskave, smo vključili 1 vir (Kurnitski, et al., 2020). V nivoju 2, ki predstavlja posamezne randomizirane klinične raziskave smo vključili 2 vira (Aernout, et al., 2020; Zacchigna, et al., 2020)

2.4 REZULTATI

Rezultati so v nadaljevanju prikazani vsebinsko in shematsko.

2.4.1 PRIZMA diagram

Končno število pregledane literature smo prikazali v PRIZMA diagramu (Slika 1). Z zgoraj navedenimi različnimi ključnimi besedami ter kombinacijami ključnih besed, omejitvenimi kriteriji, ki smo jih opisali v strategiji pregleda podatkov, smo dobili skupaj 3.493.777 zadetkov, ki smo jih iskali po različnih podatkovnih bazah. Ko smo dobljeno literaturo pregledali, smo zaradi neprimerne vsebine ali naslova izključili 3.493.576 virov. Po pregledu povzetkov smo izključili še 190 virov zaradi vsebinske neustreznosti. V končno vsebinsko analizo smo vključili 11 virov.



Slika 1: PRIZMA diagram
Vir: Moher, et al., 2009

2.4.2 Prikaz rezultatov po kodah in kategorijah

V tabeli 3 so prikazani rezultati po avtorjih, letu objave, raziskovalnem dizajnu, vzorcu in ključnih spoznanjih.

Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov

Avtor(ji)	Leto objave	Raziskovalni dizajn	Vzorec	Ključna spoznanja
Tomazič, et al.	2020	Mnenja avtorjev, ekspertnih komisij	176 pacientov s covid-19 (51,7 % pacientov zdravljenih v bolnišnici, 48,3 % pacientov obravnavanih ambulantno, Slovenija	Avtorji ugotavljajo, da se delci virusa lažje širijo v zaprtih prostorih kot na prostem ter da je eden izmed načinov preprečevanja prenosa ta, da se prostori redno prezračujejo. Poleg prezračevanja ima ogromen pomen higiena rok, kašlja, medsebojna razdalja, hitro odkrivanje okuženih oseb in iskanje oseb, ki so bili v stiku z okuženo osebo, karantene in izolacije ter samoopazovanje in v nekaterih primerih tudi samotestiranje.
Zacchigna, et al.	2020	Posamezne randomizirane klinične raziskave	20 člankov, Italija Obravnavali so širše oblike pandemije, ki zajemajo zdravljenje, preprečevanje in patologijo v zvezi s covid-19. Zbirka obsega 8 preglednih člankov, 3 mnenja, 4 raziskovalne članke in 5 komentarjev.	Ugotovili so, da je virus zelo odporen na vse vremenske razmere, kot so dež in sonce, kar je zelo atipično za virus, da lahko preživi v vseh vremenskih razmerah. Da bi zajezili prenos virusa, je zelo pomembno prezračevanje prostora, ki pa je lahko tudi neugodno za paciente. Pri prezračevanju moramo biti pozorni, da prostor, v katerem pacient biva, ni premrzal ali pretopen, da ne ustvarjamo prepriha, saj s tem pacientu povzročimo neugodje. Pri prezračevanju moramo biti previdni in dosledni, saj je to eden izmed preventivnih ukrepov pri prenosu virusa. Bolj previdni moramo biti pri starejših ljudeh, ki so bolj občutljivi na spremembe temperature kot mlajši.
Spena, et al.	2020	Kvalitativna metoda raziskovanja	Obsežen pregled literature 80 člankov, Italija	V času epidemije covid – 19 se je pojavilo vprašanje, ali imajo vse zdravstvene in socialno varstvene ustanove primerno prezračevanje in ga primerno vzdržujejo. Avtorji članka so ugotovili, da večina zdravstvenih in socialno varstvenih ustanov ni potrebovala vgradnje novega prezračevalnega sistema. Nekateri so ga le nadgradili in obnovili obstoječe elemente v sistemu. Nadgradnja je

Avtor(ji)	Leto objave	Raziskovalni dizajn	Vzorec	Ključna spoznanja
				<p>omogočila razredčeno vrednost potencialnega virusa s povečanim dotokom čistega zraka. V primeru povečanega dotoka čistega zraka je manjša možnost za okužbo pri drugih pacientih ali obiskovalcih, ki niso okuženi. Dobro mehansko prezračevanje bi lahko zmanjšalo prenos virusa za 50-60 %. Izpostavili so pomen učinkovitosti HEPA filterja, ki lahko zadrži zelo majhne delce virusa. Če filter ni pravilno nameščen, ne deluje pravilno in ne zagotavlja enake učinkovitosti.</p>
European centre for disease prevention and control (ECDC)	2020	Mnenja avtorjev, ekspertnih komisij	66 člankov, Švedska	<p>V članku so opisane nove oz. posodobljene stare smernice za prezračevanje, ki jih morajo zdravstvene ustanove upoštevati. Covid-19 se običajno prenaša v zaprtih prostorih, zato morajo biti prezračevalni sistemi dobro vzdrževani, saj imajo pomembno vlogo pri zmanjševanju prenosa virusa. Prezračevanje, ki ga ima vsaka bolnišnica po določenih standardih, mora biti primerno opremljeno in mora imeti vgrajene primerne HEPA filtre, ki bodo lahko zadržali potencialne dele virusa. Zračni kanali ne smejo biti odvisni od skupnih odvodnih zračnih sistemov, s tem preprečimo kontaminacijo drugih prostorov. Avtorji so našli rešitev za vse stavbe, ki nimajo urejenega prezračevanja in se poslužujejo naravnega prezračevanja z odpiranjem oken. Priporočajo namestitvev in uporabo CO₂ senzorja, saj opozarjajo na previsoko količino CO₂ v zraku. Ta senzor lahko nastavi v bolniške sobe z več pacienti in skupne prostore, jedilnice oz. v prostore, kjer se dlje časa zadržuje velika masa ljudi.</p>

Avtor(ji)	Leto objave	Raziskovalni dizajn	Vzorec	Ključna spoznanja
Morawska, et al.	2020	Mnenja avtorjev, ekspertnih komisij	82 člankov - obsežen pregled literature in njihova mnenja, Nizozemska	Na žalost imamo po svetu veliko število starih stavb, ki nimajo sistemov s centralno recirkulacijo toplote, zaradi katerih je večja možnost, da virusi po odvodnih kanalih zopet vstopijo v prostor. V bolnišnicah je uporaba takšnega sistema strogo prepovedana, obratuje pa veliko domov upokojencev s takšnim prezračevanjem, ki ni najbolj varno za najbolj občutljivo skupino prebivalstva. Ker so takšni prezračevalni sistemi v domovih upokojencev, je zelo pomembna previdnost in doslednost pri uporabi prezračevalnega sistema. Če se želimo izogniti recirkulaciji, moramo ventilacijske lopute tesno zapreti.
Aernout, et al.	2020	Posamezne randomizirane klinične raziskave	Novo smernice za prezračevanje, Nizozemska	Avtorji so raziskovali temo o prezračevanju v bolnišnicah v času covid-19. Za začetek so analizirali kapljice, ki jih proizvedemo z govorjenjem. Opazovali so kapljice zdravih prostovoljcev. Študija kaže, da boljše prezračevanje prostorov lahko bistveno skrajša čas vnosa kapljic v dihalne poti gostitelja. Menijo, da stavbe, ki nimajo urejenega prezračevanja, lahko prezračujejo prostore z okni in če nam vreme dopušča, lahko odpremo tudi vrata, vendar moramo biti pozorni pri starejši populaciji, saj so bolj občutljivi. Naravno prezračevanje temelji na brezplačnih naravnih virih, saj si vse bolnišnice in socialno varstvene ustanove ne morejo privoščiti novih in boljših prezračevanj. Florence Nightingale je opisovala, da obstajajo dokazi, da je naravno prezračevanje bolj koristno od mehanskega in da je to v mnogih primerih edina rešitev.

Avtor(ji)	Leto objave	Raziskovalni dizajn	Vzorec	Ključna spoznanja
Kurnitski, et al.	2020	Posamezne randomizirane klinične raziskave	55 člankov, Portugalska Preučevali so prenos virusa skozi rekuperacijske prezračevalne sisteme ter njihovo vzdrževanje. Pridobljene rezultate so primerjali med seboj in izpostavili pomembne ugotovitve.	Opisano je delovanje najprimernejšega HEPA filtra v prezračevalnih napravah. Primerjali so prezračevanja v bolnišnicah, letalih in križarkah. Za boljše razumevanje o širjenju prenosa okužbe skozi prezračevalno napravo so analizirali, kako virus lahko pride v prezračevalno napravo in njegovo širjenje. Ugotovili so, da virus v zraku ostane dlje časa in je zato nalezljivost izjemno velika. V primeru, če stavba nima prezračevanja, za katerega oni jamčijo, da je najbolj varen, so opisali tudi postopek prezračevanja z rekuperacijo. Nekateri od avtorjev se ne strinjajo z ugotovitvijo, da se virus lahko prenaša preko prezračevanja.
Rajesh, et al.	2020	Mnenja avtorjev, ekspertnih komisij	28 člankov, Anglija Pregledali so različne članke, ki opisujejo prezračevalne naprave in povzeli ugotovitve ter napisali svoje mnenje o prezračevanju v bolnišnicah v času covid-19.	Ker se do sedaj nismo soočali s tovrstno problematiko, so starejše bolnišnice tako arhitekturno zasnovane, da nimajo primerne ureditve prezračevanja in imajo starejše načine prezračevanja, so avtorji besedila iskali tudi alternativne rešitve za starejše prezračevalne naprave, ki so postavljene v bolnišnicah. Po njihovih ugotovitvah je pri mešanem prezračevanju oz. rotorjih velika verjetnost okužbe z aerosoli, saj se aerosoli in drugi onesnaževalci mešajo po vsem prostoru. Pri rotorjih je tudi izjemnega pomena čiščenje prezračevalne naprave, saj z nepravilnim nameščanjem prezračevalne naprave lahko zrak uhaja in naprava ne zagotavlja enako kapaciteto delovanja. Priporočajo uporabo germicidnega sevanja kot dodatno zaščito na oddelkih, sobah in hodnikih. Nekatere prezračevalne naprave imajo možnost nastavitve senzorja CO ₂ , ki ga zelo priporočajo. Kljub prezračevalnim

Avtor(ji)	Leto objave	Raziskovalni dizajn	Vzorec	Ključna spoznanja
				napravam in germicidnem sevanju pa še vedno prisegajo na zaščitno opremo, da bi bila varnost v okolju za stanovalce in druge osebe, ki vstopajo v zavode, boljša.
Bahnfleth, et al.	2020	Posamezne kvalitativne raziskave	Raziskava na področju germicidnega sevanja izvedena v 8 bolnišnicah, Združene države Amerike	Raziskovalci so raziskovali germicidno sevanje v 8 bolnišnicah na različnih germicidnih naravah, ki jih nudijo ponudniki. Ugotovili so, da je sistem UVGI (ultravijolično germicidno obsevanje) popolnoma varen in da so rezultati v prostorih, kjer so imeli postavljeno germicidno napravo, tudi za njih bili presenetljivo dobri, saj naprava lahko uniči tudi do 99,99 %. Germicidno sevanje se ne more uporabljati kot prvoten način prezračevanja, ampak le kot dodatna zaščita pred vdorom mikroorganizmov v bolnišnično okolje. Germicidno sevanje se lahko uporabi tudi kot čiščenje zraka v sami prezračevalni napravi in tako nudi skoraj 100 % zaščito pred vdorom aerosolov preko prezračevalnih naprav, ki pa so danes lahko zelo nevarne, če virus pride v prezračevalno napravo.
Kramar, et al.	2020	Mnenja avtorjev, ekspertnih komisij	Opis novih smernic in priporočil za zdravstvene delavce, Slovenija	Avtorji so v članku opisali vrste izolacije, higienske ukrepe v času prisotnosti virusa, opisali so tudi osebno varovalno opremo, ki je zelo pomembna pri zaježitvi virusa. V članku so tudi opisani vsi izolacijski ukrepi v socialno varstvenih zavodih. V članku je opisano tudi naravno prezračevanje z odpiranjem oken. Vodstvo mora zaposlene vzpodbujati, da se smernic držijo, saj delajo z eno izmed najbolj ranljivih skupin.

Avtor(ji)	Leto objave	Raziskovalni dizajn	Vzorec	Ključna spoznanja
Ministrstvo za zdravje	2019	Strokovno mnenje	Slovenija	V članku, ki je objavljen na spletni strani Ministrstva za zdravje, so opisane vse tehnične smernice za zdravstvene objekte, ki zajemajo bolnišnice, urgentne centre in zdravstvene domove. Opisani so pomen in vloga tehničnih smernic, funkcionalne zadeve, različni predpisi in standardi ter smernice in drugi dokumenti. Opisane so tudi splošne arhitekturne in gradbene zahteve. Namen članka je podati nove smernice za zdravstvene objekte, s katerimi so zagotovljeni najboljši pogoji v objektih. V smernicah piše, da morajo v prezračevanju biti vgrajeni HEPA filtri, saj zagotvljajo higiensko najvišje razmere in preprečuje širjenje aerosolov po zraku.

V tabeli 4 predstavljamo 22 kod, ki smo jih glede na vsebinsko povezanost združili v tri kategorije. Te smo glede na skupne lastnosti poimenovali:

- *Kategorija I:* virus covid-19
- *Kategorija II:* načini prezračevanja
- *Kategorija III:* preventivni ukrepi pri zajezitvi virusa

Tabela 4: Kode in kategorije

Kode	Kategorija	Avtorji
Kategorija I: značilnosti virusa covid-19	Kakšen je virus – izvor okužbe – epidemija – prenos virusa – značilnosti virusa – inkubacija – potek bolezni	Ferrara & Albano, 2020 Morrison, et al., 2020 Tomašič, 2020 Tomašič & Omersel, 2020

Kode	Kategorija	Avtorji
Kategorija II: načini prezračevanja pri covid-19	HEPA filtri – načini prezračevanja – mehansko prezračevanje – naravno prezračevanje – klimatske naprave – prezračevalni sistemi – hibridno prezračevanje – rekuperacija toplote – senzorji CO ₂ – nadgradnja prezračevalnih sistemov v času covid-19 – pretok zraka v bolniške sobe – HVAC sistemi – rotorji – germicidno sevanje – negativen tlak - UVGI	Allen & Marr, 2020 Aernout, et al., 2020 Bahnfleth, et al., 2020 European centre for disease prevention and control (ECDC), 2020 Kurnitski, et al., 2020 Lenassi, 2020 Morawska, et al., 2020 Rajesh, et al., 2020 Spena, et al., 2020 Teršek & Fortuna, 2020
Kategorija III: preventivni ukrepi pri zajezitvi virusa in osebna varovalna oprema	Prezračevanje – izolacija – karantena – higiena kašlja – higiena rok – osebna varovalna oprema – neustrezna arhitektura v bolnišnicah in socialno varstvenih ustanovah – kdaj prezračevati	Chen, et al., 2020 REHVA, 2020 Kramar, et al., 2020a Kramar, et al., 2020b Tomašič & Omersel, 2020

2.5 RAZPRAVA

Namen diplomskega dela je bil, da s pomočjo pregleda slovenske in tuje literature raziščemo, kakšen je pomen prezračevanja v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah v času širjenja okužbe covid-19 in ugotovimo najučinkovitejše ukrepe za preprečitev širjenja okužbe covid-19, preko prezračevalnih sistemov v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah.

Ugotovili smo, da se delci virusa Covid - 19 med ljudmi lažje širijo v zaprtih prostorih kot na prostem, saj je v zaprtih prostorih koncentracija virusnih delcev višja kot zunaj. Zaprte prostore je zato nujno potrebno prezračevati naravno ali mehansko, ker je pri nižji koncentraciji virusnih delcev manjša možnost za okužbo in prenos virusa med zdravstvenimi delavci in pacienti. V ospredju so tudi ukrepi za hitro odkrivanje novih okuženih oseb, izolacija, iskanje stikov in karantena. Pomembni ukrepi za zajezitev virusov so standardni higienski ukrepi, predvsem higiena rok, higiena kašlja in fizična

razdalja. V zdravstvenih ustanovah se število okuženih poveča zaradi gostote okuženih posameznikov na enem mestu, kar je lahko problematično v primeru velike zasedenosti bolniških sob (Tomažič, et al., 2021).

V zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah, ki nimajo dovolj izolacijskih prostorov na oddelkih, velja pravilo, da morajo ustanove določiti oddelke, ki se jih lahko zelo dobro prezračijo in ločen prostor, kjer lahko pacienti s sumom na covid -19 počakajo (Aernout, et al., 2020).

V socialno varstvenih zavodih so zaposleni, odkar je virus med nami prisoten, še bolj pozorni, saj delajo z najbolj ranljivo skupino ljudi. Zaposleni morajo vse prostore dosledno prezračevati vsako uro 10 min, zjutraj 20 min, vendar se ne sme ustvarjati prepriha. Po vsakem tuširanju ali kopanju morajo prezračiti kopalnico. Rdečo cono, v katero so nameščeni pacienti s covid - 19 in je lahko organizirana v obliki kohortne izolacije, je treba prezračiti 10 min vsako uro, brez prepriha, če v zavodu ni drugače poskrbljeno za prezračevanje. Z namenom, da bi preprečili vnos virusa v socialno varstvene zavode, morajo zaposleni prihajati na delo s svežo in pravilno nameščeno kirurško masko IIR, ki jo imajo na obrazu ves čas delovnega procesa, ter jo menjajo na 2 do največ 3 ure. V primeru, da je maska vlažna ali umazana, jo nemudoma zamenjajo. Ob vstopu v rdečo ali sivo cono zaposleni zamenjajo kirurško masko IIR z respiratorno masko FFP2 ali FFP3, ki jo lahko uporabljajo do 8 ur, če je prej ne odložijo, če ni mokra ali umazana.. Upoštevati morajo varnostno razdaljo, zaposleni se na delo ne vozijo skupaj, čistijo in razkužujejo prostor ter skrbijo za higieno rok skladno s predpisi (Kramar, et al., 2020b).

Nekatere nove raziskave pišejo o tem, da relativna vlažnost in temperatura zraka v zaprtem prostoru ne prispevata k prenosu virusa, saj je covid -19 zelo odporen na spremembe v okolju in je dovzeten le za zelo visoke temperature, ki merijo nad 30 stopinj C in relativno vlažnost nad 80 %. Prezračevanje prostorov ima zelo pomemben, če ne celo ključen vpliv na pacientovo doživljanje toplotnega ugodja. Z drugimi besedami, nelagodne temperature, kot sta vročina in mraz, so lahko vzrok za nezadovoljstvo

pacientov, živčnost, nespečnost, zato moramo pri prezračevanju biti previdni in obzirni do pacientov (Zacchigna, et al., 2020).

Izbruh epidemije je močno vplival na javno zdravje in opravljanje poklica, zato je vzbujal veliko zaskrbljenost glede hitrega širjenja, zlasti v zaprtih prostorih in pri ogroženih skupinah prebivalstva. Kljub temu da so se cepiva in druge učinkovite terapije že razvile oz. so še v razvoju, je potrebno upoštevati tudi druge dejavnike, ki nam pomagajo pri zajezitvi bolezni, in izvajati ukrepe za ublažitev širjenja virusa. Ne dolgo nazaj so znanstveniki odkrili, da bi dobro mehansko prezračevanje v prostoru s souporabo zunanjega zraka lahko za 50 – 60 % zmanjšalo prenos virusa in da varovalna zaščitna oprema kot so maske, vizirji in rokavice niso dovolj učinkoviti, da bi ustavili prenos okužbe. Virus, ki se prenaša po zraku v notranjem okolju, je posledica številnih dejavnikov kot so vlažnost, velikost virusnih delcev, temperatura prostora, po katerem virus potuje, število občutljivih gostiteljev, dolžina izpostavljenosti, število okuženih ljudi v zaprtem prostoru, način prezračevanja in stopnja prezračevanja. V zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah ni potrebno vgrajevati novih prezračevalnih sistemov, ampak je potrebno pri nekaterih napravah sisteme le nadgraditi ali izboljšati. Nadgradnje (s filtri) in izboljšave prezračevalnih sistemov so povečale dotok čistega zraka in razredčile potencialne delce virusa. Izboljšava prezračevalnega sistema lahko zmanjša tveganje za okužbo z virusom in zmanjšajo širjenje bolezni, vendar tveganja popolnoma ne odpravi. Vzdrževalec objekta ali serviser se mora prepričati, da so zračni filtri ustrezne velikosti in v priporočeni življenjski dobi, pregledati ohišje in stojala filtra in namestiti filter tako, da zrak ne bo tekkel ob filtru ampak skozi filter (Spena, et al., 2020).

Spena s sodelavci (2020) v svojem članku opisuje, kakšen bi moral biti koncept za definiranje najboljših okoljskih pogojev, ki bi jih morali zagotavljati prezračevalni sistemi, da bi se uprli širjenju covid-19, v katerem koli notranjem zaprtem prostoru. Do sedaj se je za najbolj učinkovit filter izpostavil filter z imenom HEPA filter. To je filter z visoko učinkovitostjo zadrževanja trdnih delcev (vsaj 99,97 %) pri velikosti 0,5 μm , kar pomeni največjo prodorno velikost delcev, ki lahko preidejo čez filter. HEPA filter zajame najmanjše virusne delce, ki jih povzroča človek. Pri izbiri enote HEPA moramo izbrati sistem, ki je ustrezne velikosti glede na območje, na katerem bo nameščen. Ta

določitev je odvisna od pretoka zraka skozi enoto, ki je običajno zabeležena v kubičnih metrih na minuto. Uporaba le tega je priporočena v okolju z večjim tveganjem, kot so zdravstvene ambulante, mesta za testiranje, oddelki s covid pacienti in v intenzivni enoti. HEPA filter zagotavlja učinkovito izmenjavo zraka brez potrebe po prezračevanju z zunanjim zrakom.

Medtem ko ostajajo določene negotovosti glede različnih načinov prenosa virusa, trdimo, da so obstoječi dokazi, ki so del inženirskega nadzora, ki je usmerjen v prenos po zraku, dovolj zanesljivi za omejitev tveganja okužbe v zaprtih prostorih. Ustrezna gradbena oz. inženirska kontrola vključuje zadostno in učinkovito prezračevanje, ki je v najboljših primerih okrepljeno s filtracijo delcev in dezinfekcijo zraka. S tem se izognemo, da bi zrak krožil in da bi bili prostori prenatrpani. Za izolacijske prostore na oddelkih, kjer so hospitalizirani pacienti s covid-19, morajo biti odvodni zračni kanali neodvisni od skupnega sistema odvodnega zraka. Zrak se odvaja na prosto, s pomočjo HEPA filtra, da bi se preprečila navzkrižna kontaminacija (European centre for disease prevention and control (ECDC), 2020). Pretok zraka mora biti uravnan od 6-12 izmenjav na uro. Da bi lahko preprečili prehod zraka iz bolniške sobe v hodnik, je priporočena razlika podtlaka več kot 5 Pa. Odvodni zrak mora biti nameščen neposredno nad bolniško posteljo na stropu ali na steni in se ne sme recirkulirati in vračati nazaj v sobo (Morawska, et al., 2020).

V stavbah brez klimatskega prezračevanja je priporočljivo aktivno uporabljati okna. Če nam vremenske razmere dopuščajo, odpremo okna in vrata, da povečamo pretok zraka. Oken in vrat ne odpiramo, če to predstavlja nevarnost za zdravje (npr. nevarnost padca, sprožitev astme). Tudi rahlo odprto okno omogoča dostop ugodnega zunanjega zraka. Zračenje z odpiranjem oken je v takšnih stavbah edini način za izmenjavo zraka, vendar ni toliko zanesljiv kot prezračevalni sistemi (Aernout, et al., 2020).

Sistemi ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije, ki jih imenujemo HVAC (heating, ventilation and air conditioning) sistemi, se uporabljajo kot primarni ukrep za nadzor okužbe. Moramo jih uporabljati pravilno, saj če se ne uporabljajo po navodilih, lahko prispevajo k prenosu okužbe. Avtorji so prepričani, da je prenos po zraku s sistemom

HVAC možen v primeru, če se sistemi ne uporabljajo ustrezno z navodili. To kažejo tudi opisi z Japonske, iz Nemčije in s križarke Diamond Princess. Okužbe v bolnišnicah in socialno varstvenih ustanovah bi preprečili s strukturiranimi spremembami in pravilnim vzdrževanjem prezračevalnih sistemov. Prenos okužbe z aerosoli je bil obravnavan tudi v letalskih družbah, kjer so ugotovili, da se je okužba širila le na potnike, ki so bili v tesnih stikih z okuženimi. Kabine letal imajo HEPA filtre, ki zadržujejo virus in preprečujejo prenos virusnih delcev po zraku. Stavbe, ki nimajo HEPA filtra in so opremljene s sistemi za rekuperacijo oz. vračanje toplote, niso težava samo v primeru, če je sistem HVAC opremljen z dvojnimi prenosniki toplote. Rekuperator mora imeti ločeni napravi za vračanje toplotne energije v stavbo. Skozi eno napravo naj odhaja zrak iz zgradbe, skozi drugo napravo pa topel in svež zrak prihaja v stavbo. S tem zagotavlja 100 % ločitev zraka med odvodno in dovodno stranjo (Kurnitski, et al., 2020).

Pri manj znanih in zelo redkih regenerativnih prenosnikih toplote, tako imenovanih rotorjih/rotacijskih prenosnikih toplote, pri katerih odvodni in dovodni zrak izmenično prehajata skozi prenosnik, lahko pride do puščanja v primeru slabega vzdrževanja in slabe namestitve prezračevalnega sistema. Najpogostejša napaka pri puščanju je ta, da so ventilatorji nameščeni tako, da je ustvarjen večji tlak na strani odvodnega zraka. To povzroči uhajanje odvodnega zraka, ki je lahko tudi do 20 % (Rajesh, et al., 2020).

V stavbah brez centralne recirkulacije lahko delci virusa v odvodnih zračnih kanalih ponovno vstopijo v enoto za obdelavo zraka. Pomembno je, da se izognemo recirkulaciji tako, da zapremo recirkulacijske lopute s sistemom ali pa ročno. Še posebej je to pomembno v stavbah, kot je dom starejših občanov, saj jih uporabljajo najbolj občutljivi uporabniki. V bolnišnicah je uporaba recirkulacije v mnogih državah strogo prepovedana. Dokazi kažejo, da vzporedno z učinkovito uporabo drugih nadzorov (vključno z izolacijo in karanteno, socialno distanco in higieno rok) bi bilo dobro in kvalitetno prezračevanje dodaten pomemben globalni ukrep za zdravstvene delavce, paciente in oskrbovance (Morawska & Tang, et al., 2020).

Kot smo že omenili, so bile v obdobju epidemije covid-19 številne stavbe prazne dlje časa. Sem spadajo na primer hoteli, letovišča, šole, športni objekti, telovadnice, bazeni,

kopališča in številne druge vrste stavb in objektov, opremljenih s HVAC in vodnimi sistemi. Glede na številne dejavnike, vključno s postavitvijo sistema in načrtovanjem, lahko dolgotrajna zmanjšana raba povzroči zastoj vode v delih prezračevalnega in vodnega sistema, kar poveča tveganje za izbruh legionele ob ponovnem zagonu. Pred ponovnim zagonom sistema je potrebno opraviti temeljito analizo tveganja povezano z legionelozo (Bahnfleth, et al., 2020).

Kurnitski s sodelavci (2020) menijo, da čiščenje prezračevalnih kanalov nima praktičnega učinka pred prenosom okužbe zaradi recirkulacije zraka, razen če ni prezračevalna naprava vir infekcije. Virusi se redko zadržujejo v prezračevalnih kanalih, zato niso potrebne spremembe pri običajnih postopkih čiščenja in vzdrževanja kanalov. Bolj pomembno je povečati dovod zraka ter se izogibati recirkulaciji zraka.

Zdaj je že znano, da se prenos covid-19 običajno zgodi v zaprtih prostorih, vendar če so sistemi za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (HVAC) dobro vzdrževani in prilagojeni za uporabo v pandemiji covid-19, imajo lahko dopolnilno vlogo pri zmanjševanju potencialnega prenosa SARS-CoV-2 po zraku. Tveganje za kontaminacijo z aerosoli je zelo veliko takrat, ko prostori niso dobro prezračeni. Nekateri avtorji pišejo o tem, da če pri hibridnih ali naravnih prezračevalnih sistemih ali v stavbi ni prezračevalnega sistema, je priporočljivo, da v zasedenem območju namestimo senzorje CO₂, ki opozarjajo na premalo zračenja, zlasti v prostorih, ki se uporabljajo eno uro ali več. V to skupino spadajo prostori, kot so sejne sobe, bolniške sobe, v katerih leži več pacientov, skupni prostori in jedilnice (European centre for disease prevention and control (ECDC), 2020).

Ustrezno prezračevanje, vlažnost in filtracija v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah zmanjšujejo prenos okužbe covid-19. Pri prezračevalnih sistemih, ki delujejo kontrolirano glede na potrebe, nastavimo CO₂ na najnižjo vrednost, ki je 400 ppm. Potrebno je dovajanje zunanjega zraka v čim večji meri. Strategija trajnega oblikovanja bolnišnic in socialno varstvenih zavodov do sedaj ni bila toliko usmerjena v današnjo problematiko s prezračevanjem pri nalezljivih boleznih, zato se sedaj iščejo arhitekturne rešitve, ki bodo ta problem odpravile. Trajnostna arhitektura bolnišnic in socialno

varstvenih ustanov bo poleg nizke energije emisij ogljika morala vključevati še strategije oblikovanja objektov za soočanje z vplivom nalezljivih bolezni. (Rajesh, et al., 2020).

Spremljanje nasičenosti prostora s CO₂ je zelo pomembno, saj nam zagotavlja informacijo o prezračevanju določenega prostora. Sistemi za nadzor nasičenosti CO₂ zahtevajo znanje za natančno namestitev ter izpopolnjene programe za nadzor za učinkovito interakcijo s sistemi ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije. Monitorji imajo fiksen položaj in merijo koncentracijo CO₂ kot pokazatelj števila ljudi v prostoru. Ko se koncentracija poveča, sistem HVAC poveča količino prezračevanja in tako se v prostoru razredči koncentracija CO₂. Od začetka epidemije sta CDC in ASHRAE svetovali, naj se v skladu z varnostnimi omejitvami opreme deaktivira sistem za spremljanje nasičenosti CO₂ in naj se prezračevalni sistemi uporabljajo pri največjih pretokih zraka, ker so podatki o koncentraciji CO₂ zelo tvegani. Glede na koncentracijo izmerjenega CO₂ ne moremo predvideti, kdo je okužen z virusom covid-19 in lahko širi virus, količino virusnih delcev v zraku, ali je sistem HVAC učinkovit pri redčenju in odstranjevanju virusnih koncentracij blizu točke nastanka (European centre for disease prevention and control (ECDC), 2020).

Da bi preprečili širjenje virusa od okuženega pacienta do drugih pacientov, ki so bolj dovzetni za okužbo, in do drugih bolniških sob, je potrebno v pacientovi sobi ohraniti negativen tlak, saj preprečuje, da bi se virus prenesel iz izolacijske sobe v druge prostore. Ker smo v času epidemije bili primorani določene oddelke in prostore, ki nimajo urejenega prezračevanja s HEPA filtrom, preurediti v bolniške sobe, zato da smo lahko sprejeli čim več pacientov, je izvedljiva in varna alternativa prezračevanje z negativnim tlakom. Na splošno so prezračevalni sistemi v novejših bolnišnicah zasnovani v skladu s predpisi in standardi, tako da iz novejših bolnišnic ne poročajo o navzkrižnih okužbah (Aernout, et al., 2020).

Za dodatno zaščito pred vdorom virusa na oddelkih uporabljajo ultravijolično germicidno obsevanje (UVGI), ki ga lahko srečamo v bolnišnicah na hodnikih in v socialnovarstvenih zavodih, kadar so povečane možnosti za vdor patogenov v prostor. Sistemi UVGI se lahko

uporabljajo za čiščenje zraka v zasedenih prostorih ali pa za čiščenje zraka v centralnih prezračevalnih sistemih (Bahnfleth, et al., 2020).

UVGI naprava je enota za dezinfekcijo zraka, ki nam ponuja enostavno in zelo učinkovito rešitev za odstranjevanje virusov, ki se prenašajo po zraku. Naprava v prvi fazi s pomočjo filtrov mehansko odstrani trde delce, v drugi fazi pa s pomočjo sevanja UVGI ubije patogene, ki so prešli skozi filter. Če se naprava UVGI namesti pravilno in uporablja po navodilih, deluje kot varno in zelo učinkovito razkužilo, saj ultravijolično sevanje poškoduje DNK patogenov in jim tako prepreči nadaljnje širjenje. Bakterije, virusi in plesni, ki so izpostavljeni svetlobi naprave UVGI, posledično umrejo. Z uporabo pravega UVGI svetlobnega vira lahko dosežemo stopnjo sterilizacije 99,99 %. Napravo uporabljamo skupaj s prezračevalnim sistemom, saj sama naprava ne more nadomestiti prezračevanja (Rajesh, et al., 2020).

Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA) je pred kratkim objavila nove smernice na temo, kako upravljati in uporabljati prezračevalne naprave za preprečevanje širjenja korona virusa. Predlagajo spremembe pri delovanju prezračevalnih sistemov. Priporočili so ustavitev recirkulacije zraka in povečanje dotoka zunanjega zraka (Zveza evropskih združenj za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (REHVA), 2020).

Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije v tehničnih smernicah za zdravstvene objekte piše, da morajo imeti prostori ob fasadi vsaj eno okno z možnostjo odpiranja, ne glede na to ali je predvideno prisilno prezračevanje z odvodom in dovodom zraka. V kolikor arhitektura zgradbe omogoča uporabo naravnega prezračevanja, je smiselno izrabiti to možnost preko dvojne prezračevalne fasade, atrijev ali prezračevalnih dimnikov. Za preprečevanje nastajanja okužb v zdravstvenih objektih mora biti prisilno prezračevanje izvedeno na način, ki preprečuje širjenje okuženega zraka po objektu oziroma njegov vdor v prostore s higiensko višjimi zahtevami. HEPA filter mora biti vgrajen neposredno pred vstopom zraka v klimatiziran prostor. Prezračevalne naprave morajo imeti urejeno signalizacijo za alarme pri morebitnih izpadih, okvari naprave, prikaz vseh meritev, ki jih naprava omogoča (odprtost mehanskih loput za dovod oz. odvod zraka, temperatura,

vлага, tlak, vsebnost CO₂). Vsi sistemi klimatizacije morajo biti načrtovani tako, da imajo sistem za povratno koriščenje toplote. Prezračevalni sistemi delujejo tako, da izrabljajo 100 % zunanji zrak, izjema so prostori, kjer ni kontaminacije zraka, saj lahko delajo z obtočnim zrakom. Za funkcijo in kvaliteto prostora so pri projektiranju zdravstvenih ustanov odgovorni higienski, varnostni in sanitarni inženirji. Pri projektiranju prezračevalnega sistema moramo upoštevati obremenjenost posameznega prostora z uporabniki na m² površine, obremenitev z onesnaževalci prostora, kakovost razpoložljivega zunanjega zraka, nivo zunanjega hrupa, možnost odpiranja oken, uporabo senčil, hladilno/grelne obremenitve notranjega in zunanjega sistema in način vzdrževanja ter kakovost čiščenja prezračevalnega sistema (Ministrstvo za zdravje, 2019).

2.5.1. Omejitev raziskave

Med iskanjem literature v slovenskem jeziku je bilo kar nekaj omejitev. Ker je tema prezračevanja dokaj nova za vse nas, ni o tem napisanih veliko člankov. Z literaturo v angleškem jeziku nismo imeli težav, saj smo našli veliko člankov na to temo, ki smo jih morali natančno pregledati in prevesti. Pri slovenski literaturi so bile tri omejitve, in sicer malo člankov na temo prezračevanja, plačljivost člankov ter dostopnost članka v polnem besedilu. Omejitven kriterij so bili članki v slovenskem in angleškem jeziku ter v polnem besedilu. Najstarejše strokovno mnenje v diplomski nalogi je članek iz leta 2019, ki opisuje prostorske tehnične smernice za zdravstvene objekte, ki ga je objavilo Ministrstvo za zdravje. Starejših člankov na to temo ni dostopnih, saj se pred epidemijo covid-19 o tem ni pisalo. Ker smo z raziskovanjem zaključili avgusta 2021, so se lahko do sedaj izvedle nove raziskave na to temo, predvsem na epidemiološkem področju in na novih sevih virusa.

2.5.2 Doprinos za prakso ter priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo

Virus covid-19 trenutno predstavlja zelo velik globalen problem tako v javnem zdravstvu kot v vseh drugih panogah, zato smo mnenja, da bo diplomsko delo prispevalo k boljšemu poznavanju ukrepov preprečevanja prenosa covid-19 v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah. V diplomskem delu smo predstavili virus, opisali njegov prenos ter

se osredotočili na pomen prezračevanja in ugotovili najučinkovitejše ukrepe za prezračevanje v zdravstvenih in socialno varstvenih ustanovah. Menimo, da bi bilo nadaljnje raziskovanje v povezavi s prezračevanjem smiselno, saj je to eden izmed ključnih dejavnikov za prenos okužbe. Raziskave bi bile zelo uporabne za zdravstveno stroko v boju za preprečevanje širjenja bolezni.

3 ZAKLJUČEK

Leta 2019 se je svet začel soočati z do takrat neznanim virusom, ki se je zelo hitro širil. Prve okužbe so se začele na Kitajskem, v mestu Wuhan, in se v samo 14 dneh razširile na celotno državo. Hitro so se okužbe pojavile tudi v Evropi. Znaki okužbe se kažejo kot vročina, kašelj, utrujenost, izguba vonja in okusa, boleče grlo, glavobol in bolečine v mišicah. Virus se lahko pojavi tudi asimptomatsko. Za okužbo so najbolj dovzetni starejši ljudje in ljudje z oslabljenim imunskim sistemom. Za zaježitev covid-19 so najpomembnejši ukrepi, kot so nošenje kirurške maske, razkuževanje rok, medsebojna oddaljenost vsaj 1,5 m in še mnoge drugi, s katerimi želimo virus zaježiti. Nedolgo za tem, ko je virus zajel cel svet, so strokovnjaki razvili cepiva.

Ker se svet sooča z epidemijo, ki je nevidnega obsega, se po celem svetu izvajajo ukrepi in iščejo najbolj učinkovite rešitve, s katerimi bi lahko virus zaježili. Mehanizmi prenosa virusa niso popolnoma razumljivi, vendar znanstveniki vsak dan odkrijejo nekaj več in širši javnosti sporočajo te ugotovitve, s katerimi nam pomagajo pri ustavitvi virusa. Pred epidemijo s strani stroke ni bilo veliko poudarka na prezračevanju in prezračevalnih napravah, sedaj so ključnega pomena za preprečevanje širjenja virusa.

Prezračevanje je danes v bolnišnicah in socialno varstvenih ustanovah postalo primarnega pomena, saj odstranjuje možne povzročitelje okužb in jih zadržuje v filtru, ki je vstavljen v prezračevalni napravi. Zaprti prostori in prostori, ki se ne zračijo pogosto, so bolj dovzetni za širjenje okužb. Poznamo več vrst prezračevanj in jih delimo v tri skupine: mehansko, naravno in hibridno. Za domačo rabo je dovolj naravno prezračevanje z odpiranjem oken. V bolnišnicah in socialno varstvenih ustanovah pa morajo prezračevanje urediti po točno določenih navodilih in smernicah. Prezračevane naprave morajo biti nastavljene tako, da se zrak lahko izmenja le z zunanjim zrakom in ne s kroženjem zraka. Najbolj priporočeno je filtriranje zraka skozi HEPA filter, ki ima to moč, da lahko zadrži do 99,97 % delcev. Za vzdrževanje prezračevalnih naprav je odgovoren usposobljen vzdrževalec, ki mora znati filter namestiti, saj v nasprotnem primeru filter nima enake zmogljivosti. HEPA filter ima zmožnost zadržati tudi najmanjše delce virusa. V nekaterih bolnišnicah imajo učinkovite HEPA filtre le določeni oddelki, kot so intenzivne enote in izolacijske sobe. Ustanove, ki nimajo urejenega prezračevanja, morajo pogosto odpirati okna, vendar morajo paziti, da ne povzročajo nelagodja pri

pacientih. Na prezračevalne naprave si lahko vgradijo tudi senzorje za CO₂, ko se v prostoru poveča nivo CO₂, se sistem vključi in poveča pretok zraka v prostoru. Kot dodatno opremo si lahko v čakalnicah, hodnikih in sobah uredijo ultravijolično germicidno luč, s katero se lahko uniči 97 % virusov, bakterij in gliv.

Menimo, da bi prenova stavb lahko postala nov globalni ukrep, saj bi z ureditvijo prezračevalnega sistema lahko zmanjšali verjetnost za prenos okužbe in zaščitili tako delavce kot paciente in tudi širšo javnost.

4 LITERATURA

Aernout, S., Cees, R., Kooji, S., Reinout, B. & Bonn, D., 2020. Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission. *The lancet respiratory medicine*, 8(7), p. 658-659.

Allen, J. & Marr, L., 2020. Re-thinking the Potential for Airborne Transmission of SARS-CoV-2. *Harvard T.H. Chan School of Public Health*, 20(1), p. 26.

Bahnfleth, W., Doyle, R. & Vaughn, S., 2020. Protecting building engineering and maintenance staff from covid-19. In: J. Palmer & P. Gibson, eds. *Heating, Ventilation, and Air Conditioning Strategies in Response to COVID-19*. Washington: The national academies of sciences engineering medicine, pp. 16-20.

Chen, C.H., Lai, Y.H. & Tsay, S.L., 2020. Clinical characteristics, transmission, and spread. *Nursing and Patient Care Services*; 28(3), pp. 2-3.

10.1097/NRJ.0000000000000389

European centre for disease prevention and control (ECDC), 2020. *Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19*. [pdf] ECDC. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Heating-ventilation-air-conditioning-systems-in-the-context-of-COVID-19-first-update.pdf> [Accessed 7 March 2021].

Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations COVID-19 guidance document (REHVA), 2020. *REHVA COVID-19 guidance document*. [pdf] Available at: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf [Accessed 7 March 2021].

Ferrara, P. & Albano, L., 2020. COVID-19 and healthcare systems: What we do next? *Public health*, 185(12), pp. 1-2.

1016/j.puhe.2020.05.014.

Guan, W., Ni, Z., Yu, H., Liang, W., He, J.W., Lei, L., Hong, S., Lei, C., Bin, D., Tao, W., Wei, L., Yong, L., Yue, L., Wang, J., Gang, L., Jie, L., Ye, C., Zhong, C., Nan-Shan, R., Jie, L., Won, Q. & Xi, L., 2020. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *The new England journal of medicine*, 386(14), pp. 1708-1719. 10.1056/nejmoa2002032.

Hannigan, I., Ying, Z., Beggs, J.P., McGushin, A., Bambrick, H., Trueck, S., Morgan, G., Berry, H., Watts, N., 2020. *The 2020 special report of the MJA–Lancet Countdown on health and climate change: lessons learnt from Australia’s “Black Summer”*. [pdf] The medical journal of Australia. Available at: https://www.mja.com.au/system/files/2020-12/mja2_50869_Rev_EV.PDF [Accessed 8 March 2021].

Johnson, G.R., Morawska, L., Ristovski, Z.D., Hargreaves, M., Mengersen, K., Chao, C. Y., Wan, P., Li, Y., Xie, X., Katoshevski, D. & Corbett, S., 2011. *Journal of Aerosol Science, Elsevier*, 42(12), pp. 839-851.

Kramar, Z., Valenčič, G., Skočir, H., Lavtižar, J., Žitnik, M. & Smolingsr, G.M., 2020a. *Preprečevanje prenosa okužbe z virusom SARS-CoV-2 in uporaba osebne varovalne opreme*. [pdf] Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije – zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov. Available at: <https://www.zbornica-zveza.si/wp-content/uploads/2020/03/Prepre%C4%8Devanje-prenosa-oku%C5%BEbe-z-virusom-SARS-CoV-2-in-uporaba-osebne-varovalne-opreme.pdf> [Accessed 7 March 2021].

Kramar, Z., Lavtižar, J., Kobal, Straus, K., Tomič, V., Frelj, T., Trop, Skaza, A., Grmek, Košnik, I., Jurkovšek, V., Valenčič, G. & Žnidarko, B., 2020b. *Priporočila za preprečevanje in zajezitev okužb z virusom SARS-CoV-2 v socialnovarstvenih zavodih*. [pdf] Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije – zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov. Available at: <https://www.zbornica-zveza.si/clanek/priporocila-za-preprecevanje-in-zajezitev-okuzb-z-virusom-sars-cov-2-v-socialno-varstvenih-zavodih> [Accessed 15 Januar 2022].

Kurnitski, J., Boerstra, A., Franchimon, F., Mazzarella, L., Hogeling, J., Hovorka, F. & Li, Y., 2020. How to use building services in order to prevent of the coronavirus disease (COVID-19) virus in workplaces. *Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations*, 17(1), pp. 1-7.

Lenassi, M., 2020. Prilagojene aktivnosti članov in zbornice v času izrednih razmer covid-19. In: B. Škraba, ed. *Glasilo inženirske zbornice Slovenije*, 22 (93), pp. 6-7.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D.G., 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), pp. 1006-1012.

Morawska, L., Tang, W. J., Bahnfleth, W., Bluyssen, P.M., Boerstra, A., Buonanno, G., Cao, J., Floto, A., Franchimon, F., Haworth, C., Hogeling, J., Isaxon, C., Kurnitski, J., Li, Y., Loomans, M., Marks, G., Marr, L., Mazzarella, L., Melikov, A., Miller, S., Milton, D., Nazaroff, W., Nielsen, P., Noakes, C., Peccia, J., Querol, X., Sekhar, C., Seppanen, O., Tanabe, S., Raymond, T., Wargoeki, P., Weierzbicka, A., & Yao, M., 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International*, 142(10), pp. 1-5.
10.1016/j.envint.2020.105832

Ministrstvo za zdravje, 2019. *Prostorske in tehnične smernice za zdravstvene objekte*. [online] Available at: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MZ/DOKUMENTI/Javne-objave/Javni-pozivi/Nove-prostorske-tehnicne-smernice-za-zdravstvene-objekte/Nove-prostorske-tehnicne-smernice-za-zdravstvene-objekte-osnutek.pdf> [Accessed 6. June 2022]

Morrison, D., Collier, R., Kop, A. & Jennifer, F., 2020. The COVID-19 pandemic and ENT modified face shields. *British Journal of Surgery*, 107(11), pp. 448-449.

Nacionlni inštitut za javno zdravje (NIJZ), n.d. *Dnevno spremljanje okužb s SARS-CoV-2 (COVID-19)*. [online] Available at: <https://www.nijz.si/sl/dnevno-spremljanje-okuzb-s-sars-cov-2-covid-19> [Accessed 6 June 2022].

Polit, D.F. & Beck, C.T., 2018. *Essentials of nursing research: appraising evidence for nursing practice*. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.

Rajesh, K., Bhagat, N. & Linden, P.F., 2020. Displacement ventilation: a viable ventilation strategy for makeshift hospitals and public buildings to contain COVID-19 and other airborne diseases. *Royal society open science*, 7(9), pp. 2-8.

Ribič, H. & Kramar, Z., 2016. *Preprečevanje okužb, povezanih z zdravstvom: skripta za študijski program Zdravstvena nega*. Jesenice: Fakulteta za zdravstvo Jesenice.

Shumake-Guillemot, J., Sulfikar, A., Nausheen, A., Lowe, R., Arrighi, J., Brearley, M., Nastiti, A. & Daanen, H., 2020. Protecting health from hot weather during the covid-19 pandemic. *Global Heat Health Information Network*, 34(4), pp. 4-7.

Spena, A., Palombi, L., Corcione, M., Carestia, M. & Spena, V.A., 2020. On the Optimal Indoor Air Conditions for SARS-CoV-2 Inactivation. *International Journal of environmental research and public health*, 17(17), pp. 2-15.

Teršek, Z. & Fortuna, K., 2020. Nova koronavirusna bolezen (covid-19). *Od izvora do zdravljenja*, 82(8), pp. 342-353.

Tomašič, T. & Omersel, J., 2020. Covid-19: preventiva, diagnostika in terapija. *Farmacevtski vestnik*, 71(1), pp. 7-18.

Tomašič, T., 2020. Koronavirus Sars-cov-2 in bolezen covid-19. *Farmacevtski vestnik*, 71(2), pp. 107-111.

Tomažič, J., Saletinger, R., Turel, G., Ihan, A., Fafangel, M., Avšič, T., Kotar, T., Petrovec, M., Beović, B., Lejko Zupanc, T., Skaza, A. & Krek, M., 2020. Epidemiološka priporočila glede oseb, ki so prebolele covid-19. *Zdravniška zbornica Slovenije*, pp. 1-6.

Vogrinc, J., 2008. *Kvalitativno raziskovanje na pedagoškem področju: diplomsko delo*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.

Zacchigna, S., Alessandro, M. & Banks, L., 2020. Spotlight on COVID-19: from biology to therapy and prevention. *The FEBS Journal*, 287(17), pp. 3703-3718.

10.1111/febs.15530