

# PREPOZNAVANJE IN OBVLADOVANJE DEJAVNIKOV TVEGANJA ZA ZDRAVJE V BOLNIŠNIČNEM OKOLJU Z VIDIKA UPORABNIKA, STAVBE IN SISTEMOV

## IDENTIFICATION AND CONTROL OF HEALTH RISKS IN HOSPITAL ENVIRONMENT FROM THE ASPECT OF USERS, BUILDINGS AND SYSTEMS

Mateja Dovjak<sup>1</sup>, Andreja Kukec<sup>2</sup>, Aleš Krainer<sup>1</sup>

Prispelo: 10. 9. 2012 – Sprejeto: 12. 3. 2013

Izvirni znanstveni članek  
UDK 614:691

### Izvleček

**Izhodišča:** Bolnišnice predstavljajo kompleksno notranje okolje, v katerem so bolniki, zaposleni in obiskovalci izpostavljeni številnim dejavnikom tveganja za zdravje. Raziskav, ki bi obravnavale več dejavnikov tveganja hkrati, je danes malo. Ne izhajajo iz povezave med uporabniki, stavbo in sistemi. Namen metaanalize je prepoznati fizikalne, biološke in kemične dejavnike tveganja za zdravje v bolnišničnem okolju ter izdelati izhodišča za pripravo priporočil za njihovo preprečevanje in obvladovanje. Pri tem bomo upoštevali uporabnike ter življenjski cikel stavbe in sistemov.

**Metode:** Opravili smo metaanalizo raziskav na področju fizikalnih, bioloških in kemičnih dejavnikov tveganj za zdravje v bolnišničnem okolju. Zajeli smo dve bibliografski bazi (Pub Med in Science Direct). V analizo je bilo vključenih 634 virov literature, ki so bili objavljeni med letoma 1934 in 2012. Izhodišča za pripravo priporočil smo izdelali po nadgrajeni metodi inženirskega načrtovanja.

**Rezultati:** Na podlagi izsledkov metaanalize smo pripravili izhodišča za pripravo priporočil, ki vključujejo sistematične ukrepe, specifične za bolnišnično okolje. Preprečevanje fizikalnih dejavnikov tveganja za zdravje vključuje ukrepe s področja zakonodaje, načrtovanja stavbe in sistemov ter usposabljanja zaposlenih. Najpomembnejši ukrepi s področja bioloških in kemičnih dejavnikov tveganja za zdravje so: preprečevanje in obvladovanje poti prenosa povzročiteljev bolezni ter nadzor kemičnih onesnaževal v notranjem in zunanjem zraku.

**Zaključki:** Metaanaliza predstavlja nov pristop k preprečevanju in obvladovanju fizikalnih, bioloških in kemičnih dejavnikov tveganja za zdravje v kompleksnem bolnišničnem okolju – od načrtovanja stavbe do njene uporabe in vzdrževanja. Učinkovitost stavbe in sistemov se doseže s celostnim upoštevanjem značilnosti uporabnikov, bolnišničnega okolja in rabe energije. Uporabljen pristop je tudi pogoj za načrtovanje stavb in sistemov; je temelj uspešnih prenov.

**Ključne besede:** Bolnišnično okolje, dejavniki tveganja za zdravje, fizikalna tveganja, kemična tveganja, biološka tveganja, priporočila

Original scientific article  
UDC 614:691

### Abstract

**Background:** Hospitals represent a very complex indoor environment where patients, staff and visitors are exposed to numerous health risk factors. Studies where health risk factors specific to the hospital environment are represented together are for the moment scarce, and they do not arise based on the relationship between users, buildings and systems. The purpose of this study is to identify physical, biological and chemical health risk factors and to prepare starting points for elaboration of recommendations for their prevention and control. In doing so, we took into account users, life cycle of buildings and building systems.

**Methods:** Meta-analysis was carried out studying physical, chemical and biological health risk factors in the hospital environment. We searched Pub Med and Science Direct for peer-reviewed publications from 1934 to 2012. 634

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup>Katedra za javno zdravje, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška 4, 1000 Ljubljana, Slovenija

Kontaktne naslov: e-pošta: mdovjak@fgg.uni-lj.si

*sources of literature were included. The starting points for the preparation of recommendations were made through an upgraded method of engineering design.*

**Results:** *On the basis of meta-analysis, the starting points for the preparation of recommendations were made. They include systematically defined actions specific for the hospital environment. For the prevention of physical health risk factors, actions are defined on the level of legislation, building and system design as well as worker qualifications. For the prevention of biological health risk factors, actions in the chain of infection are included and control of outdoor and indoor air pollution is provided.*

**Conclusions:** *This study presents a new approach to the prevention of physical, biological and chemical health risk factors in the complex hospital environment, from the design stages to the stage of usage and maintenance. Efficiency of buildings and systems is attained through a holistic approach, taking into account the characteristics of users, hospital environment and energy use. The presented approach is necessary for the design of buildings and building systems and a basis for successful renovations.*

**Key words:** hospital environment, health risks, physical risks, chemical risks, biological risks, recommendations

## 1 UVOD

Bolnišnice predstavljajo kompleksno notranje okolje, v katerem so bolniki, zaposleni in obiskovalci izpostavljeni številnim dejavnikom tveganja za zdravje (1–5). Dejavnike tveganja za zdravje razdelimo na primer na fizikalne (odvisni od stavbe in njenih sistemov: toplotno udobje, kakovost zraka, osvetljenost, hrup), biološke (bakterije, virusi, glive, drugi patogeni mikroorganizmi), kemične (organske in anorganske spojine), biomehanske (prisilna drža, ponavljajoči se gibi, nesreče) in psihosocialne (stres) (6, 7). Izpostavljenost dejavnikom tveganja lahko negativno vpliva na zdravje, kar je odvisno od odmerka, trajanja izpostavljenosti in individualnih značilnosti posameznika (5–7). Področje preprečevanja in obvladovanja bioloških dejavnikov tveganja za zdravje v bolnišničnem okolju (BO) je danes dobro zasnovano (8–10), medtem ko so fizikalni in kemični dejavniki tveganja za zdravje pogosto zapostavljeni. Raziskave (11–13) dokazujejo, da sta glavna razloga za nezadovoljstvo v BO slaba kakovost zraka in toplotno neudobje. Bolnišnice sodijo tudi med največje porabnike energije v stavbah (14, 15). Po podatkih Direktorata Evropske komisije za energijo in transport (15) je poraba energije v EU-25 320–460 kWh/m<sup>2</sup>a in maksimalna 660 kWh/m<sup>2</sup>a.

Najpogostejše posledice na zdravju zaradi prebivanja ali delovanja v BO, t.i. simptomi sindroma bolnih stavb (SBS), so: draženje sluznic zgornjih dihalnih poti, občutek zamašenega nosu, občutek suhosti oči, suha usta, kašelj, glavobol, utrujenost, pomanjkanje zbranosti, zadihanost, občutek težke sape, izpuščaji, srbečica, suha koža, nenormalna percepcija vonja in motnje vida (11, 16). Med glavne razloge za pojav navedenih SBS prištevamo neustrezno zasnovane stavb ter slabo načrtovane in ne vzdrževane sisteme za ogrevanje, hlajenje in za prezračevanje (težavnost

vzdrževanja, neustrezen potek zračnih kanalov). Omenjen je tudi razlog za nevdržne toplotne razmere v Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana in Splošni bolnišnici Izola (12, 13, 17). Kljub navedenemu pa trenutno stanje ni v podok načrtovalcem novih zdravstvenih objektov, ki se še vedno poslužujejo nestrokovnih in pomanjkljivih rešitev. Dokaz za to je tudi novozgrajena stavba Onkološkega inštituta Ljubljana, v kateri je nepravilno zasnovana steklena fasada vzrok za pregrevanje objekta v poletnem času in velike izgube energije v zimskem času (12). Omenjeno pa povzroči dodatne stroške vzdrževanja energetske potratnih objektov ter potrebo po vgradnji dodatnih sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja. Toplotno neudobne razmere pa lahko vodijo do podaljšane hospitalizacije in počasnejšega okrevanja (5, 18, 19). Glavno vodilo za načrtovanje BO je upoštevanje celostnega pristopa, ki vključuje bioklimatsko zasnovane stavbne ovojne, vgradnjo učinkovitih sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja ter upoštevanje zakonskih določb in zahtev za BO (5). Omenjeno je tudi pogoj za uspešno preprečevanje in obvladovanje dejavnikov tveganja za zdravje, doseg udobnih toplotnih razmer ter optimalnih pogojev za nego in zdravljenje. To pa lahko vpliva na potek in trajanje zdravljenja. Pri tem se moramo zavedati, da verigo načrtovanja stavb in sistemov predstavljajo investitor, načrtovalec, izvajalec in uporabnik, ki delujejo v tem zaporedju.

Raziskav, ki bi obravnavale več dejavnikov tveganja za zdravje hkrati, je danes malo (5) niti ni celovitih priporočil za obvladovanje in preprečevanje škodljivih dejavnikov. Namen te metaanalize je prepoznati fizikalne (stavba, sistemi), biološke (patogeni mikroorganizmi) in kemične (organske, anorganske snovi) dejavnike tveganja za zdravje v BO ter pripraviti izhodišča za pripravo priporočil za njihovo preprečevanje in obvladovanje. Vključili bomo življenjskih ciklov stavbe in sistemov –

od faze načrtovanja do njene uporabe in vzdrževanja. Predstavljeni pristop omogoča uspešno načrtovanje stavb in sistemov; je temelj uspešnih prenov. Bolnišnice namreč predstavljajo stavbni fond, ki ga bo treba prenoviti skladno z zahtevami nove Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti (20). Direktiva 2012/27/EU (20) navaja: »Vsaka država članica brez poseganja v člen 7 Direktive 2010/31/EU (21) mora zagotoviti, da se od 1. januarja 2014 vsako leto prenovi 3 % skupne tlorisne površine stavb v lasti in rabi osrednje vlade, ki se ogrevajo in/ali ohlajajo, in se tako izpolnijo vsaj minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti, ki jih določi z uporabo člena 4 Direktive 2010/31/EU« (20, 21).

## 2 METODE

Opravljen je bil metaanaliza na področju fizikalnih (s poudarkom na toplotnem udobju), bioloških in kemičnih dejavnikov tveganja za zdravje v BO (preglednica 1). Opredelili smo učinek dejavnikov tveganja na zdravje ter pripravili izhodišča za pripravo priporočil za njihovo preprečevanje in obvladovanje.

Iskanje literature smo opravili v dveh bibliografskih bazah (Pub Med in Science Direct); vključili smo obdobje od leta 1934 do vključno leta 2012. Iskali smo po navedenih ključnih besedah v angleškem jeziku: »bolnišnica«, »bolnišnični oddelek«, »bolniška soba«, »operacijska soba« skupaj s »tveganje«, »toplotno udobje«, »temperatura zraka«, »operativna temperatura«, »temperatura površine«, »hitrost gibanja zraka«, »relativna vlažnost zraka«, »metabolizem«, »obleka«, »prezračevanje«, »bolnišnične okužbe«, »mikroorganizmi«, »kakovost notranjega zraka«, »odpadni anestezijski plini«, »lokalno prezračevanje«. Pregledali smo smernice Centra za nadzor in preprečevanje nalezljivih boleznih (*angl. Centre for Disease Control and Prevention*), Ameriškega inštituta za arhitekturo (*angl. American Institute of Architects*), ISO-standarde, priporočila Ameriškega združenja inženirjev za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje (*angl. American Society for Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*), Združenja za varnost in zdravje pri delu (*angl. Occupational Safety and Health Administration*), Svetovne zdravstvene organizacije (*angl. World Health Organization*), poročila Agencije za zdravstveno varstvo (*angl. Health Protection Agency*), Ameriške akademije za pediatrijo (*angl. American Academy of Paediatrics*), Nacionalnega inštituta za varnost in zdravje pri delu (*angl. National Institute for Occupational Safety and Health*).

Analiziranih je bilo 634 različnih virov literature (Tabela 1).

## 3 REZULTATI

### 3.1 Fizikalni dejavniki tveganja za zdravje: toplotno udobje

Toplotna bilanca človeškega telesa ni odvisna le od fizične aktivnosti, obleke in okoljskih parametrov (temperatura zraka, srednja sevalna temperatura, hitrost gibanja zraka in vlažnost zraka), ampak tudi od individualnih značilnosti in zdravstvenega stanja (5, 24, 25). Obstoječe raziskave v BO (1, 2, 25–28) so dokazale pomemben vpliv spola, starosti, antropometričnih značilnosti, kulture, aklimatizacije in zdravstvenega stanja na zaznavo toplotnih udobnih razmer. Bolnikov, zaposlenih in obiskovalcev ne moremo obravnavati kot enotno skupino, ki ima enake potrebe glede toplotnega udobja (1). V realnosti je zelo težko izpolniti zahtevane pogoje za bolnike ter obenem tudi zagotoviti udobne razmere za zaposlene in obiskovalce.

Glede na mednarodna priporočila in standarde (8, 29–31) znaša priporočena temperatura zraka od 20°C do 26°C, tj. glede na vrsto bolnišničnega oddelka. Vendar pa obstoječa priporočila in standardi podajajo le zahteve, ki temeljijo na značilnostih povprečnega uporabnika (30-letni moški, teža 70 kg in telesna višina 1,75 m; 30-letna ženska, teža 60 kg in telesna višina 1,70 m). Navedene zahteve pa ne temeljijo na značilnostih individualnih uporabnikov, kar je bilo dokazano z raziskavo Hwang in sod. (25). Dokazali so (25), da bolniki zahtevajo toplejše razmere kot zdrava populacija. Zahtevani pogoji za nego in zdravljenje ne predstavljajo vedno tudi udobnih toplotnih razmer za zaposlene in obiskovalce, kot je dokazano v raziskavi Dovjak (5).

V nekaterih specifičnih primerih nege in zdravljenja so zahtevane veliko višje ali nižje temperature od običajno predpisanih (29). Priročnik Ameriškega združenja inženirjev za ogrevanje, hlajenje in za prezračevanje (29) določa, da mora biti opeklini oddelek opremljen s sistemom, ki omogoča temperaturno regulacijo ter nastavitev sobne temperature do 32°C in relativne vlažnosti do 95%. Doseg zahtevanih toplotnih razmer pripomore k hitrejšemu okrevanju, kar posledično skrajša čas hospitalizacije, obenem pa lahko zniža smrtnost in obolevnost (18, 19).

Novorojenci imajo štirikrat večjo izgubo toplote na enako telesno težo v primerjavi z odraslimi. Potrebujemo veliko višjo temperaturo zraka od odraslih, v območju od 35°C (za 1 kg teže ob rojstvu) do 32°C (več kot 2,5 kg teže ob rojstvu) (32).

Tabela 1. Število virov glede na raziskovalno področje in vrsto literature.

Table 1. Number of recorded references according to literature types and research fields.

Raziskovalno področje/ vrsta literature Research field/ Literature type	Fizikalni dejavniki tveganja za zdravje Physical health risks	Biološki dejavniki tveganja za zdravje Biological health risks	Kemični dejavniki tveganja za zdravje Chemical health risks	Skupaj Total
Članki Articles	108	276	90	474
Monografija Monograph	14	23	1	38
Smernice Guidelines	13	13	3	29
Zakonodaja, direktive Regulation, Directive	13	24	0	37
Priporočila Recommendations	8	5	2	15
Standardi Standards	11	2	2	15
Znanstvena poročila Scientific Report	8	5	1	14
Navodila Instructions	0	3	0	3
Drugo Other	9	0	0	9
Skupaj Total	184	351	99	634

Izhodišča za pripravo priporočil smo izdelali po nadgrajeni metodi inženirskega načrtovanja (5, 22, 23). Omenjena metoda je bila nadgrajena glede na značilnosti BO. Pri pripravi izhodišč za pripravo priporočil smo se osredinili na naslednje korake:

- Korak 1: Opredelitev značilnosti (uporabnika, stavbe, sistemov)
- Korak 2: Opredelitev problema
- Korak 3: Sinteza mogočih rešitev

Temperaturne zahteve pa so odvisne tudi od postopka oziroma aktivnosti, ki se odvija v bolnišničnem okolju. Za srčne operacije je npr. predpisana temperatura zraka 17°C, operacije na roženici 18–24°C, pediatrične operacije 30°C (29). Po drugi strani pa zahteve za bolnike ali operacijski postopek ne predstavljajo tudi udobnih toplotnih razmer za zaposlene, kar lahko vodi do znižanja psihofizioloških sposobnosti (33).

Pri načrtovanju toplotnih udobnih razmer ima velik vpliv tudi temperatura obodnih površin prostora. Zaznavna temperatura (občutena, operativna temperatura) je namreč odvisna od temperature zraka in temperature površin (31). Slabo izoliran stavbni ovoj povzroči nižjo temperaturo površin, kar posledično vodi do toplotnega neudobja. Poleg tega pa ustvari pogoje za rast plesni. Za preprečevanje navedenega je treba stavbni ovoj dobro toplotno izolirati ter vgraditi učinkovite sisteme ogrevanja, hlajenja in prezračevanja. Raziskave kažejo, da nekoliko višja srednja sevalna temperatura obodnih površin prostora in nekoliko nižja temperatura zraka vodita do udobnejših razmer (5, 34). Princip se danes s pridom izkorišča predvsem v poslovnih stavbah. Namesto konvencionalnih sistemov ogrevanja in hlajenja (npr. sobni radiator, sistem hlajenja s klimatsko napravo) se vgrajujejo površinski sistemi ogrevanja in hlajenja (npr. talno, stensko ali stropno ogrevanje in/ali hlajenje) (35). Med pomembne prednosti površinskih sistemov ogrevanja in hlajenja prištevamo doseganje toplotno udobnejših razmer, izboljšano kakovost zraka ter nižjo rabo energije za ogrevanje in hlajenje stavb (5, 34, 35). Panele je mogoče aplicirati tudi v bolniško okolje, kar je bilo dokazano z raziskavo Dovjak (5), ki je dokazala, da ogrevalno-hladilni stropni paneli omogočajo regulacijo operativne temperature kot kombinacijo površinske temperature in temperature zraka za potrebe individualnega uporabnika.

Vzrok za toplotno neudobje je lahko tudi neželena lokalno segrevanje ali ohlajevanje telesa. Najpogostejši dejavniki lokalnega neudobja so: sevalna temperaturna asimetrija (hladne ali tople površine), prepih (opredeljen kot lokalno ohlajevanje telesa, ki ga povzroča gibanje zraka) in vertikalne temperaturne razlike (31).

Standard Ameriškega združenja inženirjev za ogrevanje, hlajenje in za prezračevanje, ANSI/ASHRAE Standard 55 (31), navaja, da mora biti relativna vlažnost zraka v bivalnih in delovnih prostorih med 30% in 60% pri temperaturi zraka od 20°C do 25°C. Raziskave v BO (36) so pokazale, da je relativna vlažnost zraka v zimskem in poletnem času lahko zelo nizka. Suh zrak pa posledično povzroči toplotno neudobje bolnikov in zaposlenih. Najpogostejše pritožbe so bile povezane s suho in srbečo kožo ter s pojavom statične elektrike.

Da bi zmanjšali število pritožb, je bilo uvedeno vlaženje zraka (36). Vlaženje in ogrevanje pa sta tudi pomembna ukrepa, ki ju je treba izvesti pri negi bolnikov z opeklinami (5, 18, 19, 26).

ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 55 (31) navaja udobne hitrosti zraka od 0,18 m/s do 0,30 m/s v odvisnosti od temperature zraka. Večje hitrosti vodijo do neudobja. Vendar pa lahko v zunajbolnišničnih okoljih, v katerih so presežene temperature zraka, dosežemo toplotno udobne razmere tudi s pomočjo višjih hitrosti zraka (31). V BO pa je regulacija toplotnega udobja z višjimi hitrostmi zraka strogo omejena, ker povečujejo tveganje za širjenje bolnišničnih okužb (37).

Poleg okoljskih parametrov imata velik vpliv na zaznavo toplotnih razmer tudi obleka (efektivna izolativnost obleke, clo) in stopnja metabolizma. V drugih javnih in stanovanjskih stavbah lahko reguliramo toplotno udobje z obleko. V specifičnem okolju, kot so zdravstvene ustanove, pa higienske zahteve definirajo tip obleke. Srednje izmerjene vrednosti clo zaposlenih v administraciji bolnišnice so znašale 0,57 clo poleti in 0,61 clo pozimi (1). Srednje izmerjene vrednosti bolnikov na ortopedskem oddelku so znašale 0,52 clo poleti in 0,64 clo pozimi (1). Optimalna vrednost učinkovite izolativnosti obleke je pretežno odvisna od stopnje metabolizma in temperature okolja. V običajnih notranjih razmerah pri aktivnosti 1,2 met (sedenje) znašajo vrednosti za učinkovito izolativnost obleke 0,5 clo (0,078 m<sup>2</sup>K/W) v času brez ogrevanja in 1,0 clo (0,155 m<sup>2</sup>K/W) v času ogrevanja (38). Zahtevan tip obleke vpliva tudi na želene temperature zraka med zaposlenimi: anesteziisti (23–24 °C), medicinske sestre (22–24,5°C) in kirurgi 18–19°C (3).

Stopnja metabolizma je pomemben dejavnik toplotnega udobja ali obremenitev, ki nastanejo kot posledica izpostavljenosti toplotnemu okolju. Skoog in sod. (1) so ugotovili, da znaša srednja izmerjena vrednost za zaposlene v administraciji bolnišnice 2,5 met (144 W/m<sup>2</sup>) poleti in 2,0 met (115 W/m<sup>2</sup>) pozimi. Srednja izmerjena vrednost za bolnike na ortopedskem oddelku je bila 1,1 met (66 W/m<sup>2</sup>) poleti in 1,3 met (78 W/m<sup>2</sup>) pozimi. Na povečano stopnjo metabolizma pa vplivajo tudi hujše poškodbe, multiple travme, zlomi, okužbe, sepsa, operacije, steroidna terapija, presaditve kostnega mozga in hipertiroidizem. Raziskave (18, 19, 26) so dokazale, da imajo bolniki z opeklinami z več kot 20- do 30-odstotnim deležem opeklin tudi do 150% povečan bazalni metabolizem. Po drugi strani pa se hipometabolizem pogosto pojavi pri podhranjenih bolnikih in hipotiroidizmu (39).

### 3.2 Biološki dejavniki tveganja za zdravje

Med glavne biološke onesnaževalce v BO uvrščamo mikroorganizme (bakterije, viruse in glive). Najpomembnejši načini širjenja okužbe so prek zraka, vode, hrane, površin, inštrumentov in ljudi (3, 40–43). Vzroki za prenos bolnišničnih okužb so povezani s tehniko izvedbe postopka (npr. možnost čiščenja ter razkuževanje prostorov in opreme, umivanje in razkuževanje rok, tehnika nedotikanja, uporaba osebne varovalne opreme, rokovanje s sterilnim priborom in z opremo) in z doktrino (npr. uporaba antibiotikov).

Pomembni vzroki so tudi zastareli in nevzdrževani prezračevalni sistemi ter gradbena dela v bolnišnici in neposredni okolici (3, 40). Raziskava Andersena s sod. (41) je v letu 2002 dokazala, da lahko tudi prekratka razdalja med bolniškimi posteljami, prenatrpanost na oddelkih in pomanjkanje osebja povzročijo prenos bolnišničnih okužb in pojav izbruhov.

Notranji zrak običajno vsebuje od 400 do 900 patogenih in nepatogenih mikroorganizmov na m<sup>3</sup> zraka. Poleg tega zrak vsebuje tudi približno 10<sup>7</sup>–10<sup>11</sup> prašnih delcev (PM) z velikostjo 0,5–10 µm premera (8, 29, 30, 42). Dnevno oddajajo ljudje več kot 10<sup>7</sup> delcev kože (43). Bolniki zaradi kihanja, kašljanja ali govorjenja še dodatno širijo mikroorganizme po zraku (44, 45). Bitkover s sod. (40) poroča, da je bila normalna flora kože bolnikov in zaposlenih vzrok za več kot polovico vseh bolnišničnih okužb, ki so nastale po opravljenem kirurškem posegu.

Pomemben vir bioloških dejavnikov, ki jih je treba upoštevati v BO, so lahko tudi nepravilno razporejeni in slabo vzdrževani prezračevalni sistemi ter nezadostno prezračevanje. Li in sod. (37) so dokazali povezanost med prezračevanjem in prenosom nalezljivih bolezni, kot so: ošpice, tuberkuloza, norice, gripa, črne kože in težek akutni respiratorni sindrom (SARS). Opozorili so na pomanjkljivost podatkov, ki so pomembni za preprečevanje prenosa nalezljivih bolezni. Nekatere raziskave (46, 47) kažejo, da je prenos proti metilicinu odporne bakterije *Staphylococcus aureus* (MRSA) povezan s prezračevalnimi kanali. Prezračevalni sistemi morajo obratovati in biti vzdrževani na takšen način, da so zahteve za higieno in čistočo zraka neprestano dosežene (38). Za to pa so potrebni lokalno odvajanje kontaminiranega zraka in kratki prezračevalni kanali. Nacionalni center za nadzor nalezljivih bolezni (angl. *National Disease Surveillance Centre*) v Dublinu (48) je s pregledom raziskav ugotovil, da predstavlja aspergiloza dihal pomembno bolnišnično okužbo, katere pojav je vzročno povezan z nepravilnim delovanjem in s slabim vzdrževanjem prezračevanih sistemov. Ugotovili so (48), da se število primerov aspergiloze dihal poveča

predvsem med gradnjo in prenovo v bolnišnici ali njeni neposredni bližini. Večje število primerov se pojavi med bolniki z oslabelem imunskim sistemom (48).

Laufman (49) je dokazal, da so površine v operacijskih sobah redko vir patogenih mikroorganizmov. Preostale površine v BO pa so lahko kontaminirane z MRSA, proti vankomicinu odpornimi enterokoki (VRE) in *Clostridium difficile* (50). Mikrobiološko kontaminacijo inštrumentov so ugotovili tudi v raziskavah Boyce (51), Byrne in sod. (52), Carling in sod. (53), Kumari in sod. (46) ter Solberg (54). Pomembno vlogo pri mikrobiološki kontaminaciji pa ima tudi zasedenost prostora z opremo (52). Stopnja usedanja aerosolnih delcev je večja v opremljeni sobi v primerjavi z neopremljeno (52).

Površine v bolniških sobah lahko postanejo mikrobiološko kontaminirane z usedanjem delcev iz zraka ali neposrednim stikom (51). Rutinsko čiščenje opreme in predmetov ni vedno dovolj učinkovito za odstranitev patogenov s kontaminiranih površin (51, 55). Čas preživetja mikroorganizmov je odvisen od vrste, temperature zraka, relativne vlage, strukture površin in od kontaminacije z organskimi snovmi. Na primer: *Enterococcus faecalis* preživi na membrani stetoskopa 30 minut, proti vankomicinu odporen *E. faecalis* do 1 tedna, MRSA od nekaj tednov do 6 mesecev, *Acinetobacter baumannii* do nekaj tednov, respiratorni sincicijski virus (RSV) do 6 ur, rotavirusi nekaj dni na rokah, do 10 dni na suhih površinah (56, 57). Pri oblikovanju opreme in izvedbi površin bi morali upoštevati problematiko usedanja in nalaganja delcev. Roke zdravstvenih delavcev se lahko kontaminirajo z dotikom onesnaženih površin. Pittet in sod. (58) so ugotovili, da se ob neuporabi rokavic pri oskrbi bolnika bakterijska kontaminacija linearno povečuje s časom. Višje stopnje kontaminacije so povezane z neposrednim stikom z bolnikom in zaporedjem faz oskrbe bolnika. Raven kontaminacije se spreminja glede na vrsto oddelka (npr. intenzivni oddelek) (58, 59). Pomembno merilo za kontaminacijo pa je tudi delovna obleka (60). Wong in sod. (61) so v Splošni bolnišnici Birmingham dokazali, da so najbolj kontaminirani žepi delovnih oblačil. Stopnja bakterijske kontaminacije se ne spreminja glede na čas uporabe halje, ampak je odvisna od posameznega zdravstvenega delavca.

Tudi vsakodnevna dejavnost v BO, kot je preoblačenje postelje, lahko vpliva na povečano število mikroorganizmov v zraku (62–64). Shiomori in sod. (63) so dokazali, da se v procesu preoblačenja postelje poveča koncentracija MRSA v zraku. Pri preprečevanju in obvladovanju bolnišničnih okužb je treba poleg dejavnosti upoštevati tudi vrsto in strukturo tkanin za oblačila in posteljnino.

### 3.3 Kemični dejavniki tveganja za zdravje

Na kakovost notranjega zraka v BO lahko vplivajo zunanji ali notranji viri onesnaževanja. Zunanji viri onesnaževanja so lahko antropogenega ali naravnega izvora. Ti lahko vstopijo v BO prek ovoja stavbe s slabo zračno tesnostjo ali z neposrednim zajemom onesnaženega zunanjega zraka. Griša (65) je v Kliniki Golnik proučeval vpliv kakovosti zunanjega zraka na notranji zrak. V raziskavi so ugotovili, da okoli 90% izmerjene koncentracije črnega ogljika v zunanjem zraku vstopi v notranje okolje. Poleti je časovni zamik 0–10 minut (odprta okna), medtem ko je pozimi 20–do 30-minutni zamik. Med notranje vire kemijskega onesnaževanja zraka v BO sodijo: uporabniki, gradbeni materiali in pohištvo, uporaba sredstev za čiščenje, dezinfekcijo in sterilizacijo ter anestezijski plini. Raziskave trdijo, da so kemični viri onesnaževanja v prostorih bolnišnice pogosteje prisotni v starejših objektih, v katerih prezračevalni sistemi niso ustrezni oziroma so slabo vzdrževani (66, 67). Poleg tega pa na vrsto onesnaženosti vplivajo gradbeni materiali, tip prezračevalnega sistema, vrsta medicinskega postopka (npr. anestezija) in vrsta uporabljenih izdelkov (npr. sterilizacijska ali dezinfekcijska sredstva) (67).

Pomembni viri onesnaževanja notranjega zraka so tudi stavba sama in uporabljeni gradbeni materiali za stavbni ovoj, konstrukcijske sklope, finalno obdelavo in oprema. Novi gradbeni materiali, kot so iverne plošče, pogosto oddajajo formaldehide. Hlapne organske spojine (VOC) se lahko sproščajo iz gradbenih materialov (npr. stenske obloge, barve, laki), novega pohištva (npr. pisarniška oprema) ali ostankov topil in čistil na površinah (68). Glavni problem danes predstavlja polivinil klorid (PVC), ki je široko uporabljen v BO. Vzroki za široko uporabo PVC-materiala v BO so: nizka cena, lahko čiščenje, vzdrževanje in odpornost na razkužila. Negativen vpliv pa je v javnosti slabo poznan. Za povečanje trajnosti in prožnosti PVC-materialov jim med proizvodnjo dodajajo različne mehčalce, ftalate. Ftalati preprosto migrirajo iz PVC-materiala v okolje v celotnem življenjskem ciklu proizvoda in imajo zelo dolgo obstojnost. Pregled raziskav na področju uporabe PVC-materialov je pokazal, da PVC povzroča škodljive učinke na zdravje. Številne raziskave (69, 70) kažejo povezavo med ftalati in pojavom astme, alergije in draženjem sluznic dihal. Najbolj izpostavljeni so otroci in odrasli med poklicno izpostavljenostjo (69, 70). Nekatere raziskave so dokazale, da ima PVC rakotvorni učinek in negativen vpliv na reprodukcijo (71, 72). Pregled raziskav o vplivu materialov PVC v izrednih situacijah, kot je požar, je dokazal, da pri gorenju PVC nastanejo vodikov klorid in drugi škodljivi produkti gorenja (73).

Glavni viri onesnaževanja zraka v operacijski dvorani so predvsem anestezijski plini (3, 67). Glavni vzrok za njihovo povečano koncentracijo je nezadostno tesnjenje opreme za anestezijo. Raziskave so dokazale, da lahko poklicna izpostavljenost anestezijskim plinom (npr. dušikov oksid in halogeni anestetiki) povzroči škodljive vplive na zdravje in vodi do neugodja (3, 66, 74). Poleg anestezijskih plinov so pomembni tudi onesnaževalci, ki nastanejo kot posledica rabe dezinfekcijskih in sterilizacijskih sredstev.

Med pomembne vire notranjega onesnaževanja prištevamo tudi uporabnike. Bioefluenti so produkti človeškega metabolizma in so emitirani v okolico. Glavni bioefluenti in stopnja njihove metabolne proizvodnje za povprečnega človeka so definirani v dokumentu Nacionalnega raziskovalnega sveta (*angl. National Research Council*) (75). Mednje prištevamo alkohole (npr. metanol, etanol, izobutilni alkohol itn.), aldehide (tj. etanal, pentanal), ogljikovodike (npr. metan), ketone (acetan), merkaptane in sulfide, organske kisline (piruvatna kislina, valerična kislina itn.), organske dušikove spojine (indol, skatol itn.), pline (npr. vodik, amonijak, ogljikov monoksid, ogljikov dioksid). Vloga prezračevalnega sistema v notranjem okolju je zmanjšanje koncentracij bioefluentov in drugih onesnaževalcev v zraku. Zasnova prezračevalnega sistema, ki je namenjen za vgradnjo v BO, mora upoštevati značilnosti takšnega okolja pa tudi vrsto in koncentracijo onesnaževalcev.

## 4 IZHODIŠČA ZA PRIPRAVO PRIPOROČIL

Na podlagi metaanalize so izdelana izhodišča za pripravo priporočil za celovito obvladovanje in preprečevanje fizikalnih, bioloških in kemičnih dejavnikov tveganja za zdravje. Izhodišča so namenjena vsem strokovnjakom v fazi načrtovanja, gradnje, uporabe in vzdrževanja stavb in sistemov. Poudarek je na multidisciplinarnem sodelovanju.

### 4.1 Fizikalni dejavniki tveganja za zdravje

Aktivnosti preprečevanja in obvladovanja fizikalnih dejavnikov tveganja za zdravje so navedene sistematično. Vključujejo ukrepe na ravni zakonodaje, stavbe, aktivnih prostorov in sistemov ter sprotne usposabljanje zaposlenih.

Zakonodaja: za preprečevanje in obvladovanje fizikalnih dejavnikov tveganja za zdravje je treba upoštevati horizontalni in vertikalni zakonodajni okvir. Uredba 305/2011 (76) je osrednji pravni akt EU na področju gradbenih proizvodov, kamor prištevamo objekte

v celoti, njihove konstrukcijske sklope in sisteme. Uredba definira sedem osnovnih zahtev za gradbene proizvode. S sanitarno-tehničnega in higienskega vidika so pomembne osnovne zahteve št. 3 (Higiena, zdravje in okolje), št. 6 (Varčna raba energije) in št. 7 (Trajnostna raba naravnih virov) (76). Zahteve so prenesene v slovensko zakonodajo (38, 77, 78), vendar je področje ogrevanja, hlajenja in prezračevanja zdravstvenih objektov slabo urejeno. Definirati bi bilo treba zahtevane pogoje za mikroklimatske parametre za individualne uporabnike. V okviru stroke bi bilo treba razviti standarde, ki bi določili pogoje za posamezne aktivne prostore (glede na zdravstveni status bolnikov, glede na aktivnosti, ki tam potekajo).

Ukrepi na ravni stavbe: načrtovanje stavbnega ovoja mora upoštevati principe bioklimatskega načrtovanja, ki izhajajo iz značilnosti lokacije. Stavbo je treba zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana in da celotna zunanja površina stavbe omogoča učinkovito upravljanje z energijskimi tokovi. Prostori v stavbi morajo biti energijsko optimalno razporejeni. Stavbni ovoj je treba projektirati in graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov (prekinitev toplotne izolacije) minimalen in da toplotni mostovi ne povzročajo škode stavbi ali njenim uporabnikom. Stavba in deli stavbe z različnimi temperaturnimi režimi morajo biti pravilno toplotno izolirani; s tem je zmanjšan prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe in zmanjšano podhlajevanje ali pregrevanje stavbe. Zagotoviti je potrebno sestavo gradbenih konstrukcij, da se ne pojavljajo poškodbe ali drugi škodljivi vplivi zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in nadzorovati (uravnati) zrakotesnost stavbe. Transparentni deli ovoja stavbe (okna) morajo prepuščati čim večji delež vidnega dela sončnega sevanja; biti morajo dobro toplotno izolirani, ne da bi bila prizadeta prepustnost za dnevno svetlobo. Na ravni konstrukcijskih sklopov pa je treba zagotoviti zadostno debelino toplotne izolacije, ki ne vpliva le na toplotno prehodnost sklopa, ampak tudi na površinsko temperaturo na notranji strani (77). Površinska temperatura na notranji strani sklopa naj se regulira (5). To ima namreč pozitiven vpliv na toplotno udobne razmere (5). Visoka površinska temperatura na notranji strani konstrukcijskih sklopov tudi zmanjšuje tveganje za razvoj in rast plesni.

Ukrepi na ravni aktivnih prostorov: aktivni prostori morajo biti optimalno orientirani z vidika osvetljenosti, kakovosti zraka, toplotnega udobja in hrupa.

Ukrepi na ravni sistemov z vidika značilnosti okolja, uporabnika in rabe energije: pri načrtovanju sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja je treba doseči

celovito učinkovitost. Celovita učinkovitost stavbe in njenih sistemov se doseže tako, da se upoštevajo značilnosti uporabnika, značilnosti BO in aktivnosti, ki tam potekajo, ter raba energije (79). Projektirani in izvedeni sistem ogrevanja ali hlajenja stavbe mora ob najmanjših toplotnih izgubah zagotoviti ustrezno raven notranjega toplotnega udobja. Energijsko učinkovitost ogrevalnega ali hladilnega sistema se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih generatorjev toplote in hladu, načrtovanjem in izvedbo energijsko učinkovitega cevnega razvoda, izborom nizke projektne temperature ogrevalnega ali visoke projektne temperature hladilnega sistema in njegovega uravnoveženja ter z regulacijo temperature zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali v prostoru (77). Sistemi morajo biti lahko dostopni, kar omogoča lažje vzdrževanje, kontrolo in zamenjavo. Dotrajane sisteme ogrevanja, hlajenja in prezračevanja je treba zamenjati. V okviru možnosti bi bilo potrebno zamenjati tudi konvencionalne sisteme ogrevanja in hlajenja s površinskimi sistemi, ki izboljšajo toplotno udobje in kakovost zraka ter prispevajo k nižji rabi energije (5). V novogradnjah in prenovah bi bilo treba izvesti avtomatiziran način regulacije mikroklimatskih parametrov v notranjem okolju z uvedbo večfunkcionalnih centralnih nadzornih sistemov (monitoring, javljanje napak, optimizacija delovanja). Sistemi morajo biti načrtovani in grajeni tako, da je njihovo vzdrževanje preprosto. Reševanje problema nizke relativne vlage notranjega zraka se lahko doseže z lokalnim vlaženjem.

Zaposleni: poleg omenjenih ukrepov je treba zagotoviti sprotno izobraževanje in usposabljanje vseh zaposlenih.

## 4.2 Biološki dejavniki tveganja za zdravje

Aktivnosti za preprečevanje in obvladovanje bioloških dejavnikov tveganja za zdravje vključujejo ukrepe na ravni stavbe in ukrepe za preprečevanje širjenja bolnišničnih okužb. Prvi vključujejo ustrezno načrtovanje aktivnih prostorov; poudarek je na enoposteljnih sobah s straniščem, kopalnico in s predprostorom. Prostori morajo biti razporejeni tako, da se prepreči navzkrižna kontaminacija. Zagotovljen mora biti ustrezen nadzor bioloških dejavnikov tveganja za zdravje na vhodu v aktivne prostore, izhodu iz aktivnih prostorov in na komunikacijskih poteh, pri čemer je treba upoštevati načelo gibanja (organizacija poti, signalizacija, pot v eno smer). Omejen mora biti dostop do prostorov s strogimi higienskimi zahtevami. Za preprečevanje navzkrižne kontaminacije morata biti zagotovljena pravilen položaj bolniških postelj in razdalja med njimi. Materiali za finalno obdelavo površin, njihova izvedba



in opremljenost prostorov morajo omogočati preprosto čiščenje, razkuževanje in vzdrževanje.

Najpomembnejši ukrepi za preprečevanje in obvladovanje bolnišničnih okužb (3, 9, 10, 41, 45, 46, 48, 50, 58, 80–82) vključujejo: dobro higiensko prakso, doktrino izvajanja diagnostičnih in terapevtskih postopkov, oskrbe in drugih postopkov, doktrino sterilizacije, postopke čiščenja in razkuževanja, antibiotično doktrino, izolacijo koloniziranih, okuženih in imunosuprimiranih bolnikov, ciljne mikrobiološke preiskave, zaščito zdravstvenih delavcev, kakovost zraka, vode in ravnanje z odpadki, rokovanje s perilom, program na področju varovanja zdravja zdravstvenih delavcev, epidemiološke smernice in spremljanje bolnišničnih okužb, nadzor nad zdravstvenimi delavci in sodelavci, cepljenje, ustrezno zasedenost delovnih mest. Med najpomembnejše ukrepe sodita tudi stalno izobraževanje in usposabljanje ljudi (znanje, veščine), saj je znano, da so ljudje šibka točka tudi v najbolj opremljenih prostorih. Preprečevanje bolnišničnih okužb mora biti smiselno in usmerjeno k vzroku za nastanek okužb (82).

Za preventivo prenosa okužb po zraku je treba zagotoviti učinkovit nadzor na viru ter ustrezno projektirati in vzdrževati sisteme za ogrevanje, hlajenje in za prezračevanje. Vse napeljave morajo dobro tesniti (cevni razvodi). Zahtevane parametre za prezračevanje je treba izpolniti glede na vrsto oddelka (zahtevano število, izmenjava zraka na uro, filtri, nadtlak/podtlak itn.). Poleg standardnih ukrepov pri izvajanju izolacije (82) se tveganje za prenos okužb po zraku zmanjša tako, da bolnika namestimo v enoposteljno sobo s podtlakom, izvedemo kohortno izolacijo (za bolnike, okužene z istim mikroorganizmom) in uporabimo specialne filtrirne maske (82). Ukrepi za preprečevanje prenosa s kapljicami vključujejo namestitev bolnika v enoposteljno sobo, kohorto izolacijo in uporabo mask (82).

Za eliminacijo prenosa s stikom (posredni, neposredni) so najpomembnejši ukrepi higiena rok (razkuževanje in umivanje rok), pravilna uporaba osebne varovalne opreme, doktrina postopkov čiščenja in razkuževanja, sterilizacija instrumentov, odstranjevanje okuženih pripomočkov za enkratno uporabo, ravnanje s perilom, preprečevanje poškodb z ostrimi predmeti, namestitev bolnika v enoposteljni sobi, kohortna izolacija, omejitev gibanja in prenašanja bolnikov, omejitev števila ljudi, ki so v stiku z bolnikom, uporaba običajnih pripomočkov za nego posameznega bolnika (82). Zagotoviti je treba tudi ustrezne materiale za posteljnino, tehniko

rokovanja in pogostost njene menjave. Vsi materiali morajo omogočati preprosto čiščenje in razkuževanje. Za ustrezen nadzor je treba pripraviti načrt ter evidence čiščenja in razkuževanja z odgovornimi osebami.

### 4.3 Kemični dejavniki tveganja za zdravje

Za odstranitev in zmanjšanje vzroka kemičnih onesnaževalcev bi bilo treba sprejeti in implementirati mednarodne, nacionalne pravne akte in standarde ter izvesti ukrepe na viru onesnaževanja. Med pomembne aktivnosti prištevamo tudi uvedbo celovitega nadzora cikla proizvodnje in uporabe proizvodov.

Stavbe se pogosto gradi v okoljih s slabo kakovostjo zunanjega zraka, ki ima velik vpliv na kakovost notranjega zraka. V fazi načrtovanja in umeščanja stavbe v prostor je treba doseči primerno orientacijo stavbe (stran od virov onesnaževanja) in izvesti zelene ovire, ki pomembno prispevajo na zmanjšanje vpliva zunanjih onesnaževalcev na stavbo. Za preprečitev vstopa zunanjih onesnaževalcev v notranji zrak je treba doseči dobro tesnjenje stavbnega ovoja. Na ravni transparentnih delov ovoja se lahko vgradi učinkovit sistem čiščenja zraka (vgrajen sistem kontroliranega prezračevanja na ravni okna). Posebno pozornost je treba posvetiti izbiri tipa prezračevalnega sistema za posamezne dele bolnišnice in doseči visokoučinkovit sistem mehanskega prezračevanja.

Vsi gradbeni proizvodi morajo biti izdelani iz do zdravja in okolja prijaznih materialov. V fazi načrtovanja je treba izvesti tudi analize življenjskega cikla (LCA) vseh materialov, stavbe. Omenjene zahteve so navedene v Uredbi EU 305/2011 (76).

Sistem ogrevanja, prezračevanja in klimatiziranja zraka (HVAC) mora zagotavljati zahtevano kakovost notranjega zraka. HVAC mora biti pravilno načrtovan glede na mednarodne in nacionalne zahteve ter priporočila. Delovanje prezračevalnih sistemov mora biti pod stalnim nadzorom. Prezračevalni sistemi se morajo vzdrževati in redno čistiti; zastarele sisteme je treba obnoviti ali celo zamenjati. Oprema za anestezijo mora dobro tesniti, nekontrolirani izpusti odpadnih anestezijskih plinov morajo biti popolnoma preprečeni. Vgraditi je treba sistem, ki omogoča odstranitev odpadnih anestezijskih plinov v zraku in omogočiti njihovo ponovno uporabo. Za delo z za zdravje škodljivimi kemikalijami je treba vzpostaviti sistem usposabljanja zaposlenih. Varnostni listi za nevarne snovi morajo biti dostopni. Vzpostaviti je treba tudi sistem monitoringa in njegov nadzor.

## 5 ZAKLJUČEK

V BO se na področju obvladovanja in preprečevanja dejavnikov tveganja za zdravje danes največ pozornosti posveča biološkim dejavnikom tveganja za zdravje. Fizikalni in kemični dejavniki tveganja za zdravje pa so večinoma zapostavljeni. Vzrok za nezadovoljstvo uporabnikov v BO so najpogosteje neustrezne mikroklimatske razmere in slaba kakovost zraka. K temu pripomorejo nestrokovne in pomanjkljive aktivnosti investitorjev in njihovih nadzornikov, rešitve načrtovalcev in izvajalcev stavbe (79). Izvedena metaanaliza predlaga nov pristop k preprečevanju in obvladovanju fizikalnih, bioloških in kemičnih dejavnikov tveganja za zdravje v kompleksnem bolnišničnem okolju. Celostno učinkovitost stavbe in sistemov se doseže z upoštevanjem značilnosti bolnišničnega okolja, uporabnika in potrebne energije za delovanje sistema (5). Uporabljen pristop predstavlja vodilo za načrtovanje stavb in sistemov; je temelj uspešnih prenov. Izdelana izhodišča za pripravo priporočil vključujejo sistematično navedene ukrepe. Za celostni nadzor delovanja sistema in preprečevanja bioloških dejavnikov tveganja za zdravje so aktivnosti navedene po korakih – od načrtovanja stavbe do njenega vzdrževanja in uporabe. Pomemben del nadzora in preprečevanja bioloških dejavnikov predstavljajo ukrepi na ravni infekcijske verige (prenos po zraku, s kapljicami, stikom). Posebno pozornost moramo posvetiti načrtovanju sistemov za ogrevanje, hlajenje in za prezračevanje, pri katerih je za prenosni medij uporabljen zrak. Za celostno kontrolo in preprečevanje pred biološkimi dejavniki tveganja za zdravje so izhodišča za pripravo priporočil izdelana glede na raven kontrole za zunanje in notranje vire onesnaževanja, medtem ko je za fizikalne dejavnike tveganja za zdravje treba izvesti aktivnosti na področju vzpostavitve zakonodaje, izvesti ukrepe na ravni stavbe in njenih aktivnih prostorov ter vgraditi učinkovite ogrevalne, hladilne in prezračevalne sisteme. Pogoja za uspešnost teh ukrepov sta ustrezno izobrazena struktura in usposobljenost zaposlenih. Učinkovitost naj ne bo le energetska, ampak predvsem z vidika uporabnika in značilnosti BO (83). Po načelih koncepta promocije zdravja v bolnišnicah (HPH – Health promotion in hospitals) naj bi bilo bolnišnično okolje (fizikalno in psihosocialno) naklonjeno za zdravje prijaznim odločitvam za bolnike, zaposlene in za obiskovalce (4).

### Literatura

1. Skoog J, Fransson N, Jagemar L. Thermal environment in Swedish hospitals, summer and winter measurements. *Energy Build* 2005; 37: 872–877.
2. Skoog J. Relative air humidity in hospital wards – user perception and technical consequences. *Indoor Built Environ* 2006; 15, 1: 93–97.
3. Balaras CA, Dascalaki E, Gaglia A. [HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms](#). *Energy Build* 2007; 39, 4: 454-470.
4. Farkaš-Lainščak J. Promocija zdravja v bolnišnicah: od ideje o podpornih okoljih do razvoja Mednarodne mreže za promocijo zdravja v bolnišnicah. In: Farkaš-Lainščak J, Košnik M, editors. *Promocija zdravja v bolnišnicah*. Strokovno srečanje ob ustanovitvi Slovenske mreže za promocijo zdravja v bolnišnicah, Golnik, 25. november 2011: zbornik prispevkov. Golnik: Univerzitetna klinika za pljučne bolezni in alergijo, 2011: 4-13.
5. Dovjak M. *Individualization of personal space in hospital environment: doctoral dissertation*. Nova Gorica: Environmental Sciences, 2012.
6. Yassi A, Kjellström T, de Kok T, Guidotti TL. *Basic environmental health*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
7. Eržen I. et al. *Zdravje in okolje: izbrana poglavja*. Maribor: Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta, 2010.
8. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170. *Ventilation of health care facilities*. Atlanta, GA: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2008.
9. CDC. *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, 2003.
10. WHO. *Guidelines on hand hygiene in health care*. Geneva: World Health Organization, 2005.
11. Loftness V. et al. Sustainability and health are integral goals for the built environment. In: *Healthy buildings 2006*. Lisbon: International Society of Indoor Air Quality and Climate, 2006: 1-18
12. Goljevšček K. *Stekleni blišč žre milijone tolarjev*. Pridobljeno 09.07.2012 s spletne strani: [http://www.dnevnik.si/tiskane\\_izdaje/dnevnik/55409](http://www.dnevnik.si/tiskane_izdaje/dnevnik/55409).
13. Zupanič M. *Več kot porazno toplotno udobje*. Pridobljeno 09.07.2012 s spletne strani: <http://www.delo.si/CLANEK/114361>.
14. HPH and environment. *HPH and environment task force – report from international conference in Taiwan*. Pridobljeno 09.07.2012 s spletne strani: [http://www.hphnet.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=293:hph-and-environment-task-force-report-from-international-conference-in-taiwan-now-online&catid=9:news&Itemid=5](http://www.hphnet.org/index.php?option=com_content&view=article&id=293:hph-and-environment-task-force-report-from-international-conference-in-taiwan-now-online&catid=9:news&Itemid=5).
15. OPET. *Commission of the European Communities Directorate-General for Energy DG XVII Energy Efficiency in Hospitals and Clinics*. Brussels: European Commission, 2007.
16. Farkaš-Lainščak J, Kukec A. *Toplotne razmere (mikroklima) kot determinanta zdravja*. In: *Zdravje in okolje. Izbrana poglavja: gradivo za študente, II. del: naravno in grajeno okolje*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, 2011: 150-161.
17. 24ur.com. *Bolniki se kuhajo pri 30 stopinjah celzija*. Pridobljeno 09.07.2012 s spletne strani: <http://24ur.com/novice/slovenija/bolniki-se-kuhajo-pri-30-stopinjah-celzija.html>
18. Herndon DN. *Total burn care*. 1st ed. London: Sanders, 1996.
19. Wilmore DW, Mason AD, Johnson DW, Pruitt BA. Effect of ambient temperature on heat production and heat loss in burn patients. *J Appl Physiol* 1975; 38: 593-597.
20. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Brussels: European Union Law, 2012.
21. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Brussels: European Union Law, 2010.

22. Asimow M. Fundamentals of engineering design: Introduction to design. 1st ed. New York: Prentice Hall, 1962.
23. Break-through technologies for individual passenger climate and minimization of passenger-to-passenger transmission (BREATH): a proposal for the 6th European framework program (coord. Wolff C., EADS Corporate Research Centre, Munich, Germany; system coord. Krainer A., UL FGG). Munich: EADS Corporate research center Germany, 2005.
24. Fanger PO. Thermal comfort. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.
25. Hwang RL, Lin TP, Cheng MJ, Chien JH. Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan. *Building Environ* 2007; 42: 2980-2987.
26. Martin CJ, Ferguson JC, Rayner C. Environmental conditions for treatment of burned patients by the exposure method. *Burns* 1992; 18: 273-282.
27. Parsons KC. The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. *Energy Build* 2002; 34: 593-599.
28. Wallace BH, Caldwell FT, Cone JB. The interrelationships between wound management, thermal stress, energy metabolism, and temperature profiles of patients with burns. *J Burn Care Rehabil* 1994; 15: 499-508.
29. ASHRAE Handbook. HVAC applications, health care facilities. Atlanta, GA: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2007.
30. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 62.1. Ventilation for Acceptable Indoor Air quality. Atlanta, GA: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010.
31. ANSI/ASHRAE Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, GA: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010.
32. Hey EN, Katz G. The optimum thermal environment for naked babies. *Arch Dis Child* 1970; 45: 328-334.
33. Sudol-Szopińska I, Tarnowski W. Thermal comfort in the operating suite. *New Medicine* 2007; 2: 40-46.
34. Shukuya M, Saito M, Isawa K, Iwamatsu T, Asada H. Working Report of IEA ECBS: human body exergy balance and thermal comfort, International Energy Agency. Energy Conservation in Buildings and Community Systems. Annex 49, LowExergy systems for high performance systems and communities. Fraunhofer: IBP, Germany, 2010.
35. Krainer A, Perdan R: Slovene Ethnographic Museum. Ljubljana: Slovenski Etnografski Muzej, 2005.
36. Nordström K, Norbäck D, Akselsson R. Effect of air humidification on the sick building syndrome and perceived indoor air quality in hospitals: a four month longitudinal study. *Occup Environ Med* 1994; 51: 683-688.
37. Li Y, Leung GM, Tang JW. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air* 2007; 17: 2-18.
38. Pravičnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Ur.l. RS, št. 42/2002, 105/2002).
39. Baron DN: Hypothyroidism and diabetes mellitus. *Lancet* 2: 796-798.
40. Bitkover CY, Marcusson E, Ransjö U. Spread of coagulase-negative staphylococci during cardiac operations in a modern operating room. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 1110-1115.
41. Andersen BM, Lindemann R, Bergh K, Nesheim BI, Syversen G, Solheim N, et al. Spread of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in a neonatal intensive unit associated with understaffing, overcrowding and mixing of patients. *J Hosp Infect* 2002; 50: 18-24.
42. Whitby M. Infection Control Guidelines. 2nd ed. Brisbane: Queensland Government, Queensland Health, 2001.
43. Noble WC. Dispersal of skin microorganisms. *Br J Derm* 1975; 93: 477-485.
44. Huang JM, Tsao SM. The influence of air motion on bacteria removal in negative pressure isolation rooms. *HVAC&R Research* 2005; 11: 563-585.
45. Richmond-Bryant J. Transport of exhaled particulate matter in airborne infection isolation rooms. *Building Environ* 2009; 44: 44-55.
46. Kumari DNP, Haji TC, Keer V, Hawkey PM, Duncanson V, Flower E. Ventilation grilles as a potential source of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* causing an outbreak in an orthopaedic ward at a district general hospital. *J Hosp Infect* 1998; 39: 127-133.
47. Wagenvoort JHT, Penders RJR. Long-term in-vitro survival of an epidemic MRSA phage-group III-29 strain. *J Hosp Infect* 1997; 35: 322-325.
48. NDSC. National Guidelines for the Prevention of Nosocomial Invasive Aspergillosis During Construction/Renovation Activities. Dublin: National Disease Surveillance Centre, 2002.
49. Laufman H. The operating room. In: Bennett JV, Brachman PS, editor. *Hospital Infections*, 2nd ed. Boston: Little Brown, 1986: 315-323.
50. Ayliffe GAJ, Collins BJ, Lowbury E JL, Babb JR, Lilly HA. Ward floors and other surfaces as reservoirs of hospital infection. *J Hyg* 1967; 65: 515-536.
51. Boyce JM. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. *J Hosp Infect* 2007; 65: 50-54.
52. Byrne MA, Lange C, Goddard AJH, Reed J. Indoor aerosol deposition measurements for exposure assessment calculations. In: Seppänen O, Tuomainen M, Säteri J, editors. *Indoor air quality and climate.* Helsinki: University of Technology, 1993: 89-394.
53. Carling PC, Von Behren S, Kim P, Woods C. Intensive care unit environmental cleaning: an evaluation in sixteen hospitals using a novel assessment tool. *J Hosp Infect* 2008; 68: 39-44.
54. Solberg CO. Spread of *Staphylococcus aureus* in hospitals: causes and prevention. *Scand J Infect Dis* 2000; 32: 587-95.
55. Humphreys H, Taylor EW. Operating theatre ventilation standards and the risk of postoperative infection. *J Hosp Infect* 2002; 50: 85-90.
56. Noskin GA, Stosor V, Cooper I, Peterson LR. Recovery of vancomycin-resistant enterococci on fingertips and environmental surfaces. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1995; 16: 577-581.
57. Bernard L, Kereveur A, Durand D, Gonot J, Goldstein F, Mainardi JL, et al. Bacterial contamination of hospital physicians' stethoscopes. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20: 626-628.
58. Pittet D, Dharan S, Touveneau S, Sauvan V, Perneger TV. Bacterial contamination of the hands of hospital staff during routine patient care. *Arch Intern Med* 1999; 159: 821-826.
59. Klavs I, Bufon Luznik T, Skerl M, Grgic-Vitek M, Lejko Zupanc T, Dolinsek M, Prodan V, Vegnuti M, Kraigher A, Arnez Z; Slovenian Hospital-Acquired Infections Survey Grup. Prevalence of and risk factors for hospital-acquired infections in Slovenia-results of the first national survey, 2001. *J Hosp Infect* 2003; 54: 149-57.
60. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20:250-278.
61. Wong D, Nye K, Hollis P. Microbial flora on doctor's white coats. *Br Med J* 1991; 303: 1602-1604.
62. Sheretz RJ, Reagan DR, Hampton KD. A cloud adult: The *Staphylococcus aureus*-virus interaction revisited. *Ann Intern Med* 1996; 124: 539-547.
63. Shiomori T, Miyamoto H, Makishima K. Evaluation of bedmaking-related airborne and surface methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination. *J Hosp Infect* 2002; 50: 30-35.
64. Thomas JC, van den Ende M. The reproduction of dust-borne bacteria in the air of hospital wards by liquid paraffin treatment of bedclothes. *Br Med J* 1941; 1: 953-958.

65. Griša M. Impact of outdoor combustion on indoor air quality in pulmonary hospital. Nano-Safety. Ljubljana, 23 April 2009. Pridobljeno 09.07.2012 s spletne strani: [http://www.uk.gov.si/fileadmin/uk.gov.si/pageuploads/pdf/G\\_Mocnik\\_-\\_Impact\\_of\\_outdoor\\_combustion\\_on\\_indoor\\_air\\_quality\\_in\\_a\\_pulmonary\\_hospital.pdf](http://www.uk.gov.si/fileadmin/uk.gov.si/pageuploads/pdf/G_Mocnik_-_Impact_of_outdoor_combustion_on_indoor_air_quality_in_a_pulmonary_hospital.pdf)
66. Bilban M, Bilban-Jakopin C, Ogrinc D. Cytogenetic tests performed on operating room personnel: the use of anaesthetic gases. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; 78, 1: 60-64.
67. Dascalaki EG, Lagoudi A, Constantinos A, Balaras C, Gaglia AG. Air quality in hospital operating rooms. *Building Environ* 2008; 43: 1945-1952.
68. Cheong KW, Chong KY. Development and application of an indoor air quality audit to an air-conditioned building in Singapore. *Building Environ* 2001; 36:181-188.
69. Jaakkola JJK, Jeromnimon A, Jaakkola MS. Interior surface materials and asthma in adults: a population-based incident case-control study. *Am J Epidemiol* 2006; 164: 742-749.
70. Jaakkola JJK, Knight TL. The role of exposure to phthalates from polyvinyl chloride products in the development of asthma and allergies: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 845-53.
71. Kavlock R, Boekelheide K, Chapin R, Cunningham M, Faustman E, Foster P. NTP Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction: phthalates expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of butyl benzyl phthalate. *Reprod Toxicol* 2002; 16: 453-487.
72. Blount BC, Silva MJ, Caudill SP, Needham LL, Pirkle JL, Sampson EJ, et al. Levels of seven urinary phthalate metabolites in a human reference population. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 979-982.
73. Lestari F, Green AR, Chattopadhyay G, Hayes AJ. [An alternative method for fire smoke toxicity assessment using human lung cells.](#) *Fire Safety J* 2006; 41: 605-615.
74. Krajewski W, Kucharski M, Wesolowski W, Stetkiewicz J, Wronska-Nofer T. Occupational exposure to nitrous oxide-the role of scavenging and ventilation systems in reducing the exposure level in operating rooms. *Int J Hyg Environ Health* 2007; 210: 133-138.
75. NRC. Guidelines for Developing Spacecraft Maximum Allowable Concentrations for Space Station Contaminants. Washington DC, USA: National Academy Press, 1992.
76. Regulation EU 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. Brussels: European Union Law, 2011.
77. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur.l. RS, 52/2010).
78. Tehnična smernica za graditev: učinkovita raba energije. TSG-1-004: 2010. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.
79. [Dovjak M, Shukuya M, Olesen BW, Krainer A. Analysis on energy consumption patterns for space heating in Slovenian buildings.](#) *Energy policy* 2010; 38: 2998-3007.
80. Walker JT, Hoffman P, Bennett AM, Vos MC, Thomas M, Tomlinson N. [Hospital and community acquired infection and the built environment - design and testing of infection control room.](#) *J Hosp Infect* 2007 65, S2: 43-49.
81. ASHRAE. HVAC Design for Hospitals and Clinics. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2003.
82. Gubina M, Dolinšek M, Škerl M. Bolnišnična higiena. Ljubljana: Katedra za mikrobiologijo in imunologijo, Medicinska fakulteta, 2002.
83. Krainer A, Košir M, Kristl Ž, Dovjak M. Passive house versus bioclimatic house. *Gradb Vestn* 2008; 57: 58-68.