

MOŽNI NEGATIVNI VPLIVI PREKOMERNE VLAŽNOSTI NOTRANJEGA OKOLJA V STAVBAH NA ZDRAVJE UPORABNIKOV

POSIBLE ADVERSE EFFECTS OF BUILDING DAMPNESS ON OCCUPANTS' HEALTH

asist. dr. Andreja Kukec, dipl. san. inž.

andreja.kukec@mf.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta

Katedra za javno zdravje, Zaloška cesta 4, Ljubljana

prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.

akrainer@fgg.uni-lj.si

doc. dr. Mateja Dovjak, dipl. san. inž.

mdovjak@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, Jamova 2, Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 613.162: 699.8

Povzetek | Prekomerno vlažnost notranjega okolja v stavbah (tj. vlažnost konstrukcijskih sklopov in/ali notranjega zraka) uvrščamo med pomembne fizikalne dejavnike tveganja za zdravje. Rezultati številnih raziskav kažejo, da ima 18 % stavb v Evropi in 50 % stavb v Ameriki težave s prekomerno vlažnostjo. Namen članka je preučiti problem prekomerne vlažnosti stavb z gradbenotehničnega in javnozdravstvenega vidika. Na osnovi opredeljenih dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti v stavbah, njihovega medsebojnega vpliva ter vpliva na zdravje ljudi smo pripravili priporočila za obvladovanje in preprečevanje problematike. Sistematični pregled literature smo opravili v bibliografskih bazah Science Direct in PubMed Central v obdobju od 2003 do maja 2014. Pregledali smo veljavne zakonske in podzakonske pravne akte. Na osnovi ugotovljenih pomanjkljivosti in opredeljenih dejavnikov tveganja smo pripravili priporočila za obvladovanje in preprečevanje prekomerne vlažnosti stavb. Izpostavljenost prekomerni vlažnosti stavb ima dokazan negativen vpliv na zdravje uporabnikov, predvsem boleznih dihal, predstavlja pa tudi veliko finančno breme. Med najbolj občutljive skupine ljudi prištevamo otroke. Najpomembnejša dejavnika tveganja z vplivom na zdravje sta povečana relativna vlažnost notranjega zraka in prekomerna vlažnost konstrukcijskih sklopov, ki vplivata na rast plesni na notranji površini konstrukcijskih sklopov. Rast plesni zaznamo vizualno v obliki madežev na stenah in z vonjem po plesni. Najpogosteje je prekomerna vlažnost stavb posledica številnih vzrokov, kot so neustrezno prezračevanje, nepravilna zasnova ovoja stavbe, napake na konstrukcijskih skopih in sistemih, neustrezna ali pomanjkljivo izvedena hidroizolacija – zaščite pred vlago in vodo, poškodbe vodovodne ali druge napeljave, poplave ter tudi neprimerne bivalne navade in razporeditev opreme. Za celovito preprečevanje in obvladovanje problematike sta opredelitev dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti stavb, in njihov medsebojni vpliv ključnega pomena. Priporočila za celovito preprečevanje in obvladovanje problematike prekomerne vlažnosti stavb vključujejo ukrepe na ravni zakonodaje, značilnosti lokacije, zasnove stavb in njenih sistemov ter ukrepe na ravni uporabnika. Razumevanje problematike in izdelana priporočila imajo veliko uporabno vrednost, veljajo tako za novogradnje kot tudi za prenove stavb.

Ključne besede: prekomerna vlažnost, stavba, grajeno okolje, dejavniki tveganja, zdravje, priporočila

Summary | Building dampness (i.e. damp constructional complexes and/or excessive humidity of indoor air) presents one of the most important physical health risk factors. Studies estimate that from 18 % EU to 50 % US buildings have dampness related problems. The purpose of this study is to examine the dampness related problems from the building and public health perspective. Recommendations for control and prevention against dampness were prepared on the basis of the identified risk factors, their mutual interactions and adverse health effects. A systematic literature review was carried out in two bibliographic databases, Science Direct and PubMed Central, in the period from 2003 to May 2014. Legislative documents were also included in literature search. On the basis of the detected problems and identified risk factors with their interactions, recommendations were prepared. The results of the systematic review revealed that building dampness has adverse health effect, especially on respiratory system, and represents a significant financial burden. Among the most vulnerable groups of people are children. The most important risk factors with health concerns are increased indoor air humidity and damp construction complexes that often result in mold growth. Mold growth is detected in the form of mold odor or water stains. The building dampness most frequently results from inadequate ventilation, improper design of building envelope and system, inadequate damp proof membrane, damages on plumbing system, floods, occupants' habits and furniture position. The definition of risk factors and their interactions are crucial for a comprehensive prevention and control against building dampness. Recommendations for comprehensive prevention and control include measures on the level of legislation, measures at the stage of building and system design, as well as raising the awareness of building occupants. Understanding dampness related problems from building's and user's perspective with implemented recommendations has important advantages for new and renovated buildings.

Key-words: dampness, building, risk factors, health, recommendations

1 • UVOD

V notranjem okolju stavb (bivalno in delovno okolje) smo izpostavljeni številnim dejavnikom tveganja za zdravje. Mednje prištevamo fizikalne, kemične, biološke, biomehanske in psihosocialne dejavnike ((Yassi, 2001), (Eržen, 2010)). Pri oceni negativnih vplivov na zdravje v notranjem okolju je treba upoštevati čas izpostavljenosti, vrste in lastnosti dejavnikov tveganja za zdravje ter individualne lastnosti posameznika (npr. zdravstveno stanje, vedenjske navade) ((Dovjak, 2013a), (Dovjak, 2013b), (Eržen, 2010)).

Med pomembne fizikalne dejavnike tveganja za zdravje uvrščamo prekomerno vlažnost notranjega okolja v stavbah ((Yassi, 2001), (Eržen, 2010)). V članku obravnavana prekomerna vlažnost notranjega okolja v stavbah vključuje prekomerno vlažnost notranjega zraka in/ali prekomerno vlažnost konstrukcijskih sklopov. O prekomerni vlažnosti notranjega zraka govorimo takrat, ko je presežena prepisana in/ali priporočena vrednost za toplotno udobne razmere ((RS, 2002), (ANSI/ASHRAE, 2010)). Prekomerno vlažnost konstrukcijskih

sklopov lahko opredelimo, kadar niso izpolnjene zahteve gradbene fizike ((RS, 2010), (MOP, 2010a)). Po ocenah raziskav (Jaakkola, 2010) je velik delež svetovne populacije izpostavljen prekomerni vlažnosti v stavbah. Severnoevropska raziskava (Gunnbjörnsdotir, 2006) je pokazala, da je v 18 % prisoten problem prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb. V Ameriki pa je vrednost ocenjena na 50 % ((Mudarri, 2007), (Mendell, 2011)). Niti pa ni zanemarljiv tudi podatek o finančnem bremenu, ki nastane zaradi prekomerne vlažnosti notranjega okolja stavb (Fisk, 2010). Mudarri in Fisk (Mudarri, 2007) sta v Združenih državah Amerike ocenila, da znaša letni strošek 3,5 milijarde dolarjev zaradi pojava ali poslabšanje astme kot posledica izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v bivalnem okolju.

Številne raziskave v bivalnem ((Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014)) in delovnem okolju (Zhang, 2012) so dokazale povezavo med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbah in učinki na zdravje ljudi. V poročilu Inštituta

za medicino (IM, 2004) so avtorji dokazali, da izpostavljenost prekomerni vlažnosti v stavbah vodi do poslabšanja zdravja obolelih za astmo, vpliva na zgornje dihalne poti ter povzroča kašelj in težko dihanje. V Združenih državah Amerike ocenjujejo, da je okoli 20 % primerov astme vzročno povezanih s prekomerno vlažnostjo stavb (Fisk, 2010).

Prekomerna vlažnost notranjega okolja v stavbah je odvisna od številnih dejavnikov tveganja. Med glavne vzroke za prekomerno vlažnost stavb prištevamo neustrezno prezračevanje, nepravilno zasnovano ovojno stavbe, napake na konstrukcijskih skopih in sistemih, neustrezne ali pomanjkljivo izdelane hidroizolacije – zaščite pred vlago in vodo, poškodbe vodovodne ali druge napeljave, poplave ter tudi neprimerne bivalne navade in razporeditev opreme. Raziskave ((Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014), (Zhang, 2012)) so pokazale, da se posledice prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb največkrat kažejo v obliki rasti plesni na stenah, ki so vidne v obliki madežev ali jih zaznamo z vonjem.

Izpostavljenost prekomerni vlažnosti in njenim dejavnikom tveganja ima možen negativen vpliv na uporabnike, stavbo in njene siste-

me (IM, 2004). Negativen vpliv prekomerne vlažnosti na zdravje je treba obravnavati z vidika medsebojnega vpliva drugih dejavnikov tveganj in njihovih parametrov. Dejavnike je možno razvrstiti glede na: dejavnike v naravnem okolju (npr. podnebne značilnosti, geomorfološke značilnosti), dejavnike na področju stavbe in njenih sistemov (npr. ovoj stavbe in konstrukcijski sklopi, sistemi za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in klima-

tivacije, mikroklimatski parametri, postavitev opreme) ter individualne značilnosti uporabnikov (npr. zdravstveno stanje, obnašanje uporabnikov). Za preprečevanje negativnega vpliva prekomerne vlažnosti stavb na zdravje ljudi je potreben celovit pristop s kompleksno obravnavo problema. Raziskave, ki bi opredelile celovite ukrepe, so redke. Največje pomanjkljivosti pri dosedanjih raziskavah na obravnavanem področju se kažejo pri

nenatančni oceni izpostavljenosti (npr. niso upoštevani medsebojni vplivi med dejavniki tveganja).

Namen našega prispevka je preučiti problem prekomerne vlažnosti stavb z gradbenotehničnega in javnozdravstvenega vidika. Celovit pristop bo dobra podlaga za izdelavo priporočil za preprečevanje in obvladovanje problematike prekomerne vlažnosti zraka v stavbah.

2 • METODE

Z namenom, da bi proučili vpliv prekomerne vlažnosti zraka v notranjem okolju stavb na zdravje uporabnikov, smo si zadali naslednje cilje:

1. Sistematični pregled literature v iskalnih bibliografskih bazah Science Direct in PubMed Central.
2. Opredelitev dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti v stavbah, njihovega medsebojnega vpliva in vpliva na zdravje ljudi.
3. Pregled veljavnih zakonskih in podzakonskih pravnih aktov.
4. Na osnovi ugotovljenih pomanjkljivosti pripraviti priporočila za preprečevanje in obvladovanje problematike prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah.

2.1 Sistematični pregled literature

Sistematični pregled literature smo opravili v bibliografskih bazah Science Direct in PubMed Central za obdobje od 2003 do maja 2014. Uporabili smo naslednje ključne besede v angleškem jeziku: dampness, indoor moisture, condensation, relative humidity, indoor air humidity, health effects, health impact, indoor environment, build environment.

Članke, ki smo jih vključili v končno analizo, smo določili v petih korakih. V prvem ko-

raku smo določili število člankov na podlagi opredeljenih ključnih besed v izbranih bibliografskih bazah (število zadetkov 12.199). V drugem koraku smo opredelili vključitvene kriterije (prvi pregled), in sicer leto objave (2003–maj 2014), prostodostopni članki, angleški jezik, vpliv na zdravje ljudi (število zadetkov 230). V tretjem koraku smo pri vključenih člankih pregledali naslove in povzetek. Vključitveni kriteriji za naslednji korak (drugi pregled) so bili: v naslovu in povzetku so bile navedene opredeljene ključne besede, namen in rezultati so vključevali oceno vpliva prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb na zdravje ljudi (število zadetkov 21). V četrtem koraku smo oblikovali tabelo, kjer smo iz vključenih (drugi pregled) člankov povzeli ključne ugotovitve. Pri analizi smo se osredotočili na namen raziskave, način zbiranja podatkov o izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v notranjem okolju, opazovana populacijska skupina, učinke na zdravje (ali so dokazali povezanost med proučevanim dejavnikom in opazovanimi učinki na zdravje) ter opredelitev skupine dejavnikov tveganja, ki vpliva na notranje okolje in na zdravje ljudi (biološki, kemični, fizikalni).

Pregledali smo tudi, kakšni so učinki na zdravje in posamezne elemente stavbe pri različnih vrednostih vlažnosti zraka.

2.2 Medsebojni vpliv dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti v notranjem okolju

Dejavnike tveganja v notranjem okolju stavb in njihov medsebojni vpliv smo opredelili na podlagi sistematičnega pregleda literature. Pri opredelitvi dejavnikov tveganja smo izpostavili, kateri parametri na različnih obravnavanih področjih stavbe, sistema in uporabnika vplivajo na prekomerno vlažnost v notranjem okolju, medsebojni vpliv med dejavniki ter kakšne so posledice njihovega medsebojnega delovanja.

2.3 Zakonski in podzakonski pravni akti

Evropsko zakonodajo, ki se nanaša na zaščito uporabnikov stavb in sistemov, smo iskali na spletni strani EUR-Lex. Slovensko zakonodajo smo iskali na spletni strani Uradnega lista Republike Slovenije. V analizo smo vključili zakonske akte, katerih določbe so se nanašale na stavbo in njene konstrukcijske sklope, notranje okolje z mikroklimatskimi značilnostmi, sisteme.

2.4 Priprava priporočil

Priporočila smo pripravili na podlagi sistematičnega pregleda literature in zakonskih zahtev. Pri pripravi smo se osredotočili na odpravo pomanjkljivosti v zakonskih pravnih aktih ter opredeljenih kazalnikih prekomerne vlažnosti stavb in njihovem medsebojnem vplivu. Poudarek je bil na vidiku izboljšanja kakovosti notranjega okolja v stavbah za zagotavljanje zdravja ljudi.

3 • REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Sistematični pregled literature

Rezultati sistematičnega pregleda literature so predstavljeni v preglednici 1.

Rezultati sistematičnega pregleda literature so pokazali, da avtorji problem prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb

obravnavajo z različnih vidikov in na različnih nivojih stavbe (nivo stavbe kot celote, nivo konstrukcijskih sklopov). Številne raziskave so proučevale vpliv prekomerne vlažnosti na zdravje v notranjosti stavb v povezavi z razvojem plesni ali vlažnimi madeži na stenah ((Koskinen, 1999), (Gunnbjornsdottir,

2003), (Venn, 2003), (Naydenov, 2008), (Fisk, 2010), (Jaakkola, 2010), (Mendell, 2011), (Zhang, 2012), (Wang, 2012), (Chen, 2013), (Jaakkola, 2013), (Hernberg, 2014)), nekatere na konstrukcijskih sklopih ((Sun, 2007), (Choi, 2014)). V raziskavah ((Gunnbjornsdottir, 2003), (Hoppe, 2012)) so avtorji proučevali vpliv poplav na pojav prekomerne vlažnosti in učinke na zdravje. Za ocenjevanje povezanosti med proučevanim dejavnikom tveganja in učinki na zdravje so raziskovalci uporabili različne epidemiološke raziskave. Največje število pregledanih raziskav je bilo po zasnovi presečno-preglednih ((Koskinen, 1999), (Gunnbjornsdottir, 2003), (Sun, 2007), (Naydenov, 2008), (Jaakkola, 2010), (Kim, 2011), (Hoppe, 2012), (Zhang, 2012), (Wang, 2012), (Casas, 2013), (Choi, 2014), (Hernberg, 2014)). Številne raziskave so proučevale vpliv prekomerne vlažnosti v stavbah na bolezni dihal (npr. astma, alergijska astma, bronhitis in podobno) ((Gunnbjornsdottir, 2003), (Venn, 2003), (Pekkanen, 2007), (Sun, 2007), (Fisk, 2010), (Mendell, 2011), (Feng, 2012), (Hoppe, 2012), (Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014), (Hernberg, 2014)). Podatke za oceno izpostavljenosti prekomerni vlažnosti in ostalim motečim dejavnikom (npr. plesen v stanovanjih, kajenje) so v raziskavah največkrat pridobili z vprašalnikom, inšpekcijskim pregledom stavb in meritvami kakovosti notranjega zraka ((Koskinen, 1999), (Venn, 2003), (Pekkanen, 2007), (Sun, 2007), (Naydenov, 2008), (Kim, 2011), (Hoppe, 2012)).

Pri pregledu literature smo ugotovili, da so učinki na zdravje odvisni od vrednosti vlažnosti zraka v notranjem okolju stavb. Relativna vlažnost notranjega zraka (φ_i) za dosego toplotnega udobja mora biti v območju od 30 % do 60 % pri temperaturi notranjega zraka (θ_i) od 20 °C do 25 °C ((Rudd, 2007), (RS, 2002), (ANSI/ASHRAE, 2010)). Pri proučevanju učinkov na zdravje so bili upoštevani tudi drugi potencialni dejavniki tveganja na nivoju stavbe in posameznika. Visoka φ_i (nad 80 %) v stavbah pogosto vodi do slabe mikrobiološke kakovosti zraka, ki se največkrat odraža v povečani verjetnosti za pojav in rast gliv in plesni. Prisotne glive in plesni imajo dokazan negativen vpliv na zdravje in lahko povzročajo bolezni, povezane s stavbo (BRI, ang. Building Related Illness) (EPA, 1991). Interdisciplinarna raziskava (Bornegah, 2001) je vključevala pregled 61 raziskav. Dokazali so, da predstavlja izpostavljenost prekomerni φ_i v stavbah pomemben dejavnik tveganja za zdravje njenih uporabnikov. Negativen vpliv ima predvsem na bolezni dihal in povzroča

simptome, kot so kašelj, težko dihanje in pojav ali poslabšanje zdravja obolelih za astmo. V raziskavi – Bornegah in sodelavci (Bornegah, 2001) – so dokazali, da prekomerna φ_i zraka v stavbah lahko povzroča tudi druge simptome, kot so utrujenost, glavoboli, in lahko vodi do infekcij dihalnih poti. Do podobnih rezultatov so prišli tudi v metaanalizi (Fisk, 2007). Dokazali so, da je v stavbah s povečano φ_i in prisotnimi plesnimi večji negativen vpliv na dihala in pogostost astme (od 30 % do 50 %). Avtorji raziskave (Fisk, 2007) poudarijo pomen izvedbe ukrepov za zmanjšanje prekomerne φ_i v stavbah.

Poleg visoke φ_i pa je z vidika toplotnega udobja in fizioloških značilnosti uporabnika problematična tudi nizka φ_i . Nizka relativna vlažnost zraka (φ_i pod 30 %) lahko v izpostavljeni skupini ljudi povzroča draženje kože, grla, sluznic ter vodi do draženja oči in pojava statične elektrike ((Toftum, 1998a), (Toftum, 1998b), (Reinikainen, 2003), (Sato, 2003), (Paasi, 2001)). Na Japonskem je Sunwooja s sodelavci (Sunwoo, 2006) preučevala možen vpliv nizke φ_i v stavbah na njene uporabnike. Raziskava je vključevala dve skupini zdravih odraslih ljudi, nekadilcev (skupina študentov, $N = 8$, $21,7 \pm 0,8$ leta; skupina starostnikov, $N = 8$, $71,1 \pm 4,1$ leta). Izpostavljeni so bili različnim vrednostim φ_i (10 %, 30 % in 50 %). V obeh skupinah je nižja φ_i od 30 % povzročila izsušitev sluznic oči in kože, medtem ko je nižja φ_i od 10 % povzročila izsušitev sluznice nosu. V skupini starejših je bil negativen vpliv nizke φ_i hitreje zaznan v primerjavi s skupino študentov.

Prekomerna φ_i pogosto vodi do večjega pojava simptomov sindroma bolnih stavb (SBS, ang. Sick Building Syndrome) ((EPA, 1991), (Li, 1997)). Kishi s sodelavci (Kishi, 2009) je opravil raziskavo, v kateri je preučeval posledice φ_i v stavbah na Japonskem (kondenzacija, vidna rast plesni, vonj po plesni, počasno sušenje brisač v kopalnici in zamakanje vode). Dokazali so, da dejavniki tveganja za prekomerno φ_i vodijo do večjega pojava SBS-simptomov. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v raziskavi (Li, 1997), v kateri so preučevali povezavo med φ_i v 56 dnevih centrih v Tajpeju s prevaleco SBS-simptomov v skupini 612 zaposlenih. Prevalenca SBS-simptomov je bila statistično značilno večja v stavbah s povečano vlažnostjo zraka. V raziskavah ((Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014), (Zhang, 2012)) so ugotovili, da je rast plesni najpogostejša posledica prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah in se kaže v obliki pojava plesni na steni in vonja po plesni.

Poleg možnega negativnega vpliva na udobje in zdravje uporabnikov ima prekomerna φ_i dokazan negativen vpliv na stavbo, konstrukcijske sklope in sisteme. Povzročila lahko poškodbe materialov in artefaktov (npr. hitrejšo razpadanje materialov v odvisnosti od mikroklimatskih razmer; raztapljanje soli, ki povzročata luščenje ometa; razvoj mikroorganizmov, ki posledično povzročita razpadanje materiala; zmrzovanje vlažnih materialov in posledičen razpad ipd.) (Brown, 2002) in celo poslabša energetska učinkovitost stavbe ((Osanyintola, 2006), (Barbosa, 2003)). Osanyintola in Simonson (Osanyintola, 2006) sta dokazala, da lahko z ustrezno kontrolo vlažnosti zraka v stavbah z učinkovitimi sistemi ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in klimatizacije ter z uvedbo materialov z dobrimi higroskopskimi lastnostmi zmanjšamo porabo energije za gretje in hlajenje stavb od 5 % do 30 %. Učinek materialov s hidrofobnimi lastnostmi so preučevali tudi v raziskavi Kalamees (Kalamees, 2009), opravljeni v 170 enodružinskih hišah na Finskem. Avtorji raziskave so dokazali, da imajo uporabljeni materiali in notranja oprema z dobrimi higroskopskimi lastnostmi (tekstil, knjige in podobno) pomemben vpliv na znižanje φ_i za doseganje toplotno udobnih razmer v preučevani stavbi. Učinkovitost mehanskih sistemov za razvlaževanje zraka pa sta preučevala Rudd in Henderson (Rudd, 2007) v 43 stavbah v vlažnem podnebju ZDA.

Zhang s sodelavci (Zhang, 2009) je preučeval φ_i v 72 stanovanjskih stavbah v 6 regijah na Japonskem. Ugotovil je, da sta φ_i in posledično tudi rast plesni odvisna tudi od zračne tesnosti ovoja. Zhang in Yoshino (Zhang, 2010) sta preučevala φ_i v izbranih stanovanjskih stavbah na Kitajskem. Med ogrevalno sezono je φ_i pogosto dosegla vrednost manj kot 20 %. V primeru slabega delovanja ogrevalnega sistema in visoke zunanje vlažnosti zraka je φ_i v stavbah pogosto presegla vrednost 80 %. Avtorja raziskave, Zhang in Yoshino (Zhang, 2010), poudarjata, da je za doseganje zdravih in udobnih razmer kontrola φ_i ključnega pomena.

Način prezračevanja stavb in učinkovitost prezračevalnega sistema sta pomembna dejavnika tveganja, ki vplivata na pojav SBS-simptomov. Številne raziskave ((ECA, 1989), (Seppänen, 1999)) navajajo, da slaba zasnova, delovanje in tudi pomanjkljivo vzdrževanje sistemov ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in klimatizacije vplivajo na pogostost SBS-simptomov. Obširen pregled raziskav v javnih stavbah (Sep-

Referenca	Namen	Način zbiranja podatkov o izpostavljenosti	Opazovana populacija	Opazovano okolje	Učinki na zdravje
Casas s sod. (2013)	Oceniti povezanost med izpostavljenostjo (v zgodnjem otroštvu) prekomerni vlažnosti v stavbah, hišnim ljubljenci in živalim na kmetiji in vplivom na nevropsihološki razvoj otrok (kognitivne funkcije in socialne kompetence).	Anketni vprašalnik, psihometrični testi, mikrobiološko vzorčenje.	Otroci (N = 424, 4-letniki).	Ni bilo na voljo podatka.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo in kognitivnimi funkcijami, socialnimi stiki. Ni dokazane povezave s hišnimi ljubljenci. Negativna povezava med kognitivnimi funkcijami in stik z živalmi na kmetiji.
Chen s sod. (2013)	Preučiti patogenezo sindroma, povezanega s prekomerno vlažnostjo v stavbah, s pomočjo imunskega odziva, vnetnih reakcij.	Eksperimentalna raziskava na laboratorijskih živalih.	Podgane.	Laboratorijske razmere.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo okolja in imunskim odzivom.
Choi s sod. (2014)	Oceniti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (lastnosti stavbe: vrsta in starost stavb, prekomerna vlažnost zraka, material za finalno obdelavo, talno gretno) na pojav astme, alergij.	Anketni vprašalnik.	Otroci (N = 2755, v vrtcih).	Stanovanjske stavbe Seoul, Južna Koreja.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka in talnimi oblogami PVC in negativnim vplivom na zdravje, starejše stavbe.
Fengs sod. (2012)	Oceniti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (prašni delci, prekomerna vlažnost zraka) na pojav alergijskih bolezni.	Anketni vprašalnik, meritve kakovosti zraka.	Mladi bolnik z alergijsko astmo (N = 30) in brez alergijske astme (N = 15), Šanghaj (2006–2007).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo zraka in alergeni v bivalnem okolju, ki vplivajo na poslabšanje zdravja bolnikov z alergijsko astmo.
Fisk s sod. (2010)	Proučiti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju ob upoštevanju socio-ekonomskih in vedenjskih dejavnikov tveganja (prekomerna vlažnost, kajenje) na bronhitis in infekcije dihalnih poti.	Sistematični pregled literature ter metaanaliza epidemioloških raziskav: kohortne raziskave in presečne raziskave (2004–2009) ter smernice.	Dojenčki, otroci in odrasli.	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnih prostorih na pojav plesni ter statistično značilno pogosto obolenje zaradi bronhitisa in okužbami dihal.
Gunnbjörnsdóttir s sod. (2003)	Oceniti učinek prekomerne vlažnosti v stavbah na poškodbe zaradi vode, razvoj plesni in bolezni dihal.	Anketni vprašalnik, spirometrija, laboratorijske preiskave (celotna koncentracija IgE protiteles).	Odraslih (N = 1853).	Bivalno okolje, Švedska.	Pozitivna povezava.
Hernberg s sod. (2014)	Oceniti povezanost med izpostavljenostjo prekomerni vlažnosti v stavbah na rast plesni in pljučne funkcije.	Anketni vprašalnik, spirometrija.	Odrasli neastmatiki (N = 269).	Jug Finske.	Pozitivna povezava med izpostavljenostjo prekomerni vlažnosti v stavbah na rast plesni in poslabšanjem pljučnih funkcij.
Hoppe s sod. (2012)	Oceniti učinek sanacije po poplavih v stanovanjskih objektih, ki so že sanirani, v primerjavi z stanovanjskimi objekti, ki so v fazi sanacije, ter njihov vpliv na bolezni dihal.	Anketni vprašalnik in intervju, inšpekcijski pregled, meritve kakovosti zraka (2008–2009).	Vsi prebivalci, ki živijo v neposredni bližini reke Cedar (USA) in so jih v juniju 2008 zajele poplave.	Bivalni okolje (N = 24 v fazi sanacije; N = 49, sanirana stanovanja).	V stanovanjskih objektih, ki so v fazi sanacije, je pogostost pojava plesni in učinkov na bolezni dihal statistično značilno pogostejša v primerjavi s čistimi stanovanjskimi objekti, kjer je sanacija že zaključena.
Jaakkolas sod. (2010)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnem okolju na pojav plesni na razvoj alergijskega rinitisa v otroštvu.	Anketni vprašalnik, pregled pri zdravniku.	Otroci od 1. do 6. leta (N = 1863), Espoo, Finska (1991–1997).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnih prostorih in razvojem plesni ter razvoj alergijskega rinitisa v zgodnjem otroštvu.
Jaakkola s sod. (2013)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stavbah na rast plesni in tveganjem za pojav različnih tipov rinitisa.	Sistematični pregled literature ter metaanaliza 31 raziskav (presečne raziskave, raziskave primerov s kontrolami, kohortne raziskave) (1950–2012).	Otroci in odrasli.	Ni bilo na voljo podatka.	Pozitivna povezava z vsemi tipi rinitisa. Največje tveganje je bilo ocenjeno pri vonju po plesni.

Kim s sod. (2011)	Oceniti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (onesnaževala v notranjem in zunanjem okolju, prekomerna vlažnost) na boleznih dihal.	Anketni vprašalnik, meritve kakovosti zraka inšpekcijski pregled stavbe.	Učenci 4. razreda, 12 izbranih šol v Koreji (N = 2453) (2004).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo in poročanjem težav zaradi težkega dihanja ter problemom pojava plesni v bivalnem okolju.
Koskinens sod. (1999)	Proučiti vpliv vlage in plesni v bivalnem okolju na zdravje odraslih.	Inšpekcijski pregled stanovanj, anketni vprašalnik (1993–1994).	Odrasli, starejši od 16. leta (N = 699), 310 stanovanj, Finska.	Bivalno okolje.	Statistično značilno tveganje za naraščanje simptomov boleznih dihal je povezano z izpostavljenostjo prekomerni vlažnosti in plesnim v bivalnem okolju.
Mendell s sod. (2011)	Proučiti učinek prekomerne vlažnosti zraka na razvoj plesni ali drugih mikrobioloških agensov na boleznih dihal in alergične reakcije.	Sistematični pregled literature in metaanaliza epidemioloških raziskav: intervencijske raziskave, kohortne raziskave in presečne raziskave (2004–2009) ter smernice.	Otroci in odrasli.	Bivalno okolje.	Številne raziskave so pokazale povezanost med prekomerno vlažnostjo v notranjem okolju na razvoj plesni ter pojav boleznih dihal ali alergijskih reakcij. Vzročna povezanost še vedno ni pojasnjena.
Naydenov s sod. (2008)	Oceniti učinek prekomerne vlažnosti v stavbah na razvoj in vonj po plesni, vidne vlažne madeže ter učinke na zdravje.	Anketni vprašalnik, inšpekcijski pregled, terenske meritve.	Predšolski otroci (N = 216).	Stanovanjske stavbe, Burgasin Sofija, Bolgarija.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbi in boleznimi dihal.
Pekkanens sod. (2007)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnem okolju na pojav astme v otroštvu.	Anketni vprašalnik, pregled pri zdravniku, inšpekcijski pregled stanovanj.	Otroci, stari od 12–84 mesecev, ki so bili hospitalizirani zaradi astme in drugih simptomov boleznih dihal (N = 121) ter kontrole brez opazovanih boleznih (N = 241), Kuopio, Finska (1996–2000).	Bivalno okolje.	Prekomerna vlažnost v bivalnem okolju in razvoj plesni lahko vplivajo na razvoj astme v zgodnjem otroštvu.
Sahlberg s sod. (2013)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stanovanjih na rast plesni MVOCs (lahkohlapne organske spojine mikrobnega izvora) in bakterijami, formaldehidom, ftalati ter sindrom bolnih stavb (SBS).	Anketni vprašalnik, terenske meritve.	Odrasli (N = 159)	Reykjavik Islandija, Uppsala na Švedskem, Tartu v Estoniji.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka, MVOC, bakterijami, plesnimi.
Sun s sod. (2007)	Oceniti učinek prekomerne vlažnosti v konstrukcijskih sklopih na razvoj in vonj po plesni, vidne madeže ter učinke na alergije.	Anketni vprašalnik, inšpekcijski pregled, terenske meritve.	Študenti 1569 študentskih sob. Študenti: 291 študentskih sob.	Študentske sobe v študentkih domovih, Tianjin, Univerzitetni kampus, Kitajska.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbi in alergijami.
Venns sod. (2003)	Proučiti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (prekomerna vlažnost, prisotnost organskih hlapnih snovi.) na boleznih dihal pri otrocih.	Inšpekcijski pregled stanovanj, anketni vprašalnik, dnevnik o simptomih boleznih dihal (1998–1999).	Šoloobvezni otroci (6 do 8 let), (N = 841); primeri = 243 in kontrol = 223).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnih prostorih na pojav plesni ter statistično značilno pogosto obolenje boleznih dihal (sopenje, piskanje v pljučih).
Wang s sod. (2012)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stavbah na zatohli vonj, nastanek vlažnih madežev na stenah in pogostost astme.	Anketni vprašalnik, genetski testi.	Šoloobvezni otroci (N = 6078; 1. kohorta N=3751 (otroci 7. razreda); 2. kohorta (N = 2327) (otroci 4. razreda).	Bivalno okolje, Tajvan.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo v stavbah in pogostostjo astme.
Zhang s sod. (2012)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stavbah na pojav plesni ter sindrom bolnih stavb (SBS).	Anketni vprašalnik, klinične preiskave (1992–2002).	Odrasli (N = 429).	Javne stavbe, Uppsala, Švedska.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbi, pojavom plesnimi in SBS-simptomi.

Preglednica 1 • Rezultati sistematičnega pregleda literature vpliva prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb na zdravje ljudi za obdobje od januarja 2003 do vključno maja 2014

pänen, 1999) je dokazal, da nižja stopnja prezračevanja od 10 L/s na osebo povzroča večji pojav SBS-simptomov ter vodi do zaznavanja splošnega nezadovoljstva zaposlenih s kakovostjo notranjega zraka. Nasprotno, povečanje stopnje prezračevanja 20 L/s na osebo povzroča manjši pojav SBS-simptomov in poveča zadovoljstvo zaposlenih s kakovostjo notranjega zraka. Rezultati so pokazali, da je v stavbah z nižjo stopnjo prezračevanja relativno tveganje za pojav respiratornih obolenj 1,5 do 2,0 večje v primerjavi s stavbami z višjo stopnjo prezračevanja. Relativno tveganje za pojav SBS-simptomov pa je 1,1–6,0 večje v stavbah z nižjo stopnjo prezračevanja v primerjavi s stavbami z višjo stopnjo prezračevanja. Številne raziskave so primerjale pogostost SBS-simptomov v stavbah z naravnim prezračevanjem v primerjavi z mehanskim prezračevanjem. Seppänen (Seppänen, 2002) je dokazal, da imajo uporabniki v stavbah z naravnim prezračevanjem manj pogosto SBS-simptome v primerjavi z uporabniki v stavbah z mehanskim načinom prezračevanja. Do podobnih zaključkov sta prišla tudi Costa in Brickus (Costa, 2000) v javnih stavbah v Rio de Janeiru, Brazilija. Pri zasnovi prezračevalnega sistema pa ne smemo pozabiti, da cevi prezračevalnega sistema predstavljajo problematično mesto za rast in razvoj mikroorganizmov. Raziskava (Li, 2012) je v prezračevalnih ceveh identificirala grampozitivne bakterije, gramnegativne bakterije in glive. Med glavnimi vrstami gliv so določili *Penicillium*, *Aspergillus* and *Cladosporium*. Omenjene mikroorganizme prištevamo med pomembne povzročitelje boleznih. Med glavne dejavnike tveganja, ki so vplivali na rast in razvoj mikroorganizmov v ceveh, so avtorji uvrstili temperaturo, vlažnost in hitrost gibanja zraka v ceveh. V stavbah z vgrajenimi sistemi rekuperacije se pogosto pojavi problem prenizke φ_1 . Martínez (Martínez, 2003) definira rešitev, ki jo predstavlja prenosnik toplote, ki poleg rekuperacije toplote vrača tudi vlago. S tem se izboljša energetska učinkovitost in obenem doseže primerna φ_1 . Dejavniki tveganja, ki lahko pomembno prispevajo k pojavu prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah in posledično vodijo do pojavnosti plesni, so povezani tudi z uporabniki stavbe. Tomšič (Tomšič, 2007) navaja, da pomembni vzroki za nastanek plesni izhajajo iz načina uporabe stanovanja (ogrevanje, prezračevanje), bivalnih navad (dejavnosti, kot so intenzivno kuhanje, sušenje perila), števila uporabnikov/rastlin/domačih živali, namestitve notranje opreme (npr. garderobna

omara tesno ob zunanji steni, brez možnosti kroženja zraka za njo).

3.2 Medsebojni vpliv dejavnikov tveganja, ki vplivajo na prekomerno vlažnost v notranjem okolju

Rezultati sistematičnega pregleda literature so pokazali, da se pozitivna in statistično značilna povezanost kaže med različnimi parametri prekomerne vlažnosti in vplivom na zdravje. V številnih raziskavah je kot parameter prekomerne vlažnosti opredeljena rast plesni v notranjem okolju stavb ((Koskinen, 1999), (Venn, 2003), (Fisk, 2010), (Pekkanen, 2007), (Jaakkola, 2010), (Kim, 2011), (Mendell, 2011), (Zhang, 2012),) ali vonj po plesni (Jaakkola, 2013) in učinek na boleznih dihal. V presečnih raziskavah ((Koskinen, 1999), (Gunnbjornsdottir, 2003), (Sun, 2007), (Naydenov, 2008), (Jaakkola, 2010), (Kim, 2011), (Hoppe, 2012), (Zhang, 2012), (Wang, 2012), (Casas, 2013), (Choi, 2014), (Hernberg, 2014)) so dokazali, da ima opazovana populacija, ki je izpostavljena prekomerni vlažnosti v notranjem okolju stavb, večje obete (RO – razmerje obetov), da bodo zboleli ali se bodo pojavili simptomi boleznih dihal v primerjavi s populacijo, ki je izpostavljena nizki vlažnosti. Hoppe s sodelavci (Hoppe, 2012) je dokazal, da so prebivalci, ki so bili izpostavljeni posledicam poplave reke Cedar (USA), imeli diagnosticirano večjo razširjenost alergijskih boleznih (RO = 3,08), poročali so o težavah z dihanjem (RO = 3,77), kot pred izpostavljenostjo. Jakkola s sodelavci (Jakkola, 2013) je pri sistematičnem pregledu literature dokazal, da se v primeru izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v notranjem okolju stavb povečajo relativno tveganje (RT) (kohortne raziskave) in obeti (presečne raziskave) za negativne zdravstvene posledice ob upoštevanju čim večjega števila motečih dejavnikov tveganja (npr. lastnost stavbe: starost, način prezračevanja, oprema; individualne značilnosti posameznika: kajenje v prostoru, osebna higiena, ipd.). Vzročna povezanost med kazalniki in učinki na zdravja pa še vedno ni v celoti pojasnjena (Mendell, 2011). Zato se bo treba v nadaljnjih raziskavah osredotočiti na dokazovanje povezanosti med kazalniki prekomerne vlažnosti in učinki na zdravje.

3.3 Zakonske zahteve

Področje zaščite stavb in njenih sistemov pred vlago je posredno in neposredno urejeno v mednarodnih in nacionalnih pravih aktih, ki se nanašajo na zaščito uporabnikov, stavb in sistemov.

Področje varovanja zdravja in higijene skozi celoten življenjski cikel stavbe je neposredno urejeno v Uredbi (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov. Osnovna zahteva št. 3. Higijena, zdravje in okolje v Uredbi (EU) št. 305/2011 navaja, da morata biti odvajanje odpadne vode, odstranjevanje tekočih odpadkov pravilno načrtovana in grajena, vlage v delih objekta ali na površinah znotraj objekta ne sme biti. Zahteve glede udobne relativne vlažnosti zraka so navedene v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (RS, 2002), ki navaja, da mora biti v prostorih zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oziroma posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah ($\theta_1 = 20\text{--}26\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 30\text{--}70\%$). Priporočljiva relativna vlažnost zraka v stanovanjskih prostorih je pod 60 %, kar zmanjšuje rast alergenih in patogenih organizmov. Prezračevalni sistemi morajo biti narejeni, vgrajeni in vzdrževani tako, da rast in razmnoževanje mikroorganizmov na vseh komponentah sistemov nista mogoča (RS, 2002).

Področje zaščite stavb in njenih sistemov pred vlago je urejeno v Uredbi (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov, Pravilniku o zaščiti stavb pred vlago (RS, 2004), Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (RS, 2010), Tehnični smernici o učinkoviti rabi energije (MOP, 2010a), Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (RS, 2002). Tehnična smernica (MOP, 2010a) navaja zahteve glede difuzije vodne pare, povzemamo: 1) Stavbe morajo biti projektirane in zgrajene tako, da se pri namenski uporabi vodna para, ki zaradi difuzije prodira v gradbeno konstrukcijo, ne kondenzira. V primeru, da pride do kondenzacije vodne pare v konstrukciji, se mora ta po koncu računskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja povsem izsušiti; 2) Vse gradbene konstrukcije stavb morajo biti projektirane in zgrajene tako, da vodna para pri projektnih pogojih na njihovih površinah ne kondenzira; 3) Vлага, ki se kondenzira v konstrukciji, ne sme povzročati škode na gradbenih materialih (korozija, plesen); 4) Difuzija vodne pare se računa za zunanje gradbene konstrukcije in konstrukcije, ki mejijo na neogrevane prostore, razen za konstrukcije, ki mejijo neposredno na teren. Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago (RS, 2004) navaja, da mora biti ovoj stavbe projektiran, izveden in vzdrževan tako, da stavbo ščiti pred prodorom vlage v notranjost stavbe in

da ščiti pred navlaževanjem materialov ali gradbenih konstrukcij, ki bi jih vlaga lahko poškodovala, povzročila razvoj plesni in gliv ali poslabšala njihove lastnosti do te mere, da bi bila ogrožena zanesljivost stavbe. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (RS, 2002) navaja zahteve, ki se nanašajo na minimalno izmenjavo zraka za preprečitev pojavnosti kondenzacije.

3.4 Priprava priporočil

Priporočila smo pripravili na podlagi rezultatov sistematičnega pregleda literature in zakonskih zahtev. Poudarek je bil na vseh področjih, ki so v realnosti zapostavljena in privedejo do težav. V okviru priporočila smo opredelili konkretne aktivnosti po področjih, ki si sledijo v hierarhičnem zaporedju. Osredotočili smo se na dejavnike tveganja za prekomerno vlažnost v notranjem okolju stavb – kako jih opredeliti in zmanjšati izpostavljenost, s ciljem, da se zagotovi in ohranja zdravje uporabnikov.

Zakonodaja in nadzor:

- Prenova nacionalnih pravnih aktov, ki bi omogočila popolno implementacijo Uredbe (EU) št. 305/2011 in njenih osnovnih zahtev št. 3 (Higiena, zdravje in okolje) in št. 6 (Varčna raba energije). Vse osnovne zahteve Uredbe (EU) št. 305/2011 je treba enakovredno obravnavati. Področja mehanska odpornost in stabilnost (osnovna zahteva št. 1), varnost v primeru požara (osnovna zahteva št. 2), zaščita pred hrupom (osnovna zahteva št. 5), varčevanje z energijo in toplotna izolacija (osnovna zahteva št. 6) so zakonodajno dobro urejena. Z namenom doseganja zahtev je ministrstvo za okolje in prostor (MOP) pripravilo tudi tehnične smernice ((MOP, 2010a), (MOP, 2010b), (MOP, 2012)). Področja higiena, zdravje in okolje (osnovna zahteva št. 3), varnost in dostopnost pri uporabi (osnovna zahteva št. 4) in trajnostna raba naravnih virov (osnovna zahteva št. 7) so zakonodajno slabše urejena oziroma v celoti neupoštevana v praksi.
- Vzpostaviti je treba celovit nadzor nad izvajanjem zakonskih zahtev v celotnem življenjskem ciklu stavbe (od faze načrtovanja, gradnje, uporabe, vzdrževanja do odpadka). Opredeliti bi bilo treba zahtevane pogoje za mikroklimatske parametre za individualne uporabnike (individualna regulacija mikroklimatskih razmer glede na zahteve in potrebe individualnega uporabnika (Dovjak, 2013a), (Dovjak, 2013b)). V okviru stroke bi bilo treba razviti zakon-

ske zahteve, standarde in priporočila, ki bi določili optimalne razmere za posamezne aktivne prostore (volumni v stavbah so obdani s konstrukcijskimi sklopi).

Področje stavbe:

- Za doseganje zdravih in udobnih stavb, ki so hkrati tudi energetske varčne, je potreben celovit pristop. Načrtovanje stavbe naj poteka po korakih inženirskega načrtovanja, ki ga je zasnoval Asimov (Asimov, 1962), od abstraktnega proti konkretnemu. Stavba mora biti zasnovana na osnovnih principih bioklimatskega načrtovanja, ki vključuje tudi analizo lokacije s klimatskimi, hidrološkimi in geomorfološki značilnostmi. Pravilna izbira orientacije stavbe omogoča učinkovito upravljanje energijskih tokov (toplota: ogrevanje in hlajenje, svetloba) kot tudi prezračevanje.
- Zasnova stavbenega ovoja z nosilnimi in zaščitnimi konstrukcijami mora temeljiti na značilnostih lokacije ter specifičnih razmerah in potrebah stavbe in njenih uporabnikov. Stavbni ovoj je treba projektirati in graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov minimalen, ker so toplotni mostovi eden od možnih virov nastajanja plesni in povzročajo poškodbe na finalnih obdelavah. Toplotni mostovi povzročajo škodo tkivu stavbe in njenim uporabnikom. Posebna pozornost se posveti izvedbi hidroizolacije. Zasnova konstrukcijskih sklopov (nosilna in zaščitne konstrukcije) je odvisna od zahtev in potreb v aktivnih prostorih (npr. mikroklimatske zahteve, sanitarno-tehnične in higienske zahteve, definirane za posamezne prostore z različno namernostjo, aktivnostmi). Na primer: dele stavbe z različnimi zahtevami in temperaturnimi režimi je treba pravilno toplotno izolirati, s tem sta zmanjšana prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe in podhlajevanje ali pregrevanje stavbe.
- Zasnova konstrukcijskih sklopov: zagotoviti je treba tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare in zmrzali, ter nadzorovati (uravnati) zrakotesnost stavbenega ovoja. Na področju konstrukcijskih sklopov pa je treba zagotoviti ustrezno toplotno izolacijo v skladu z zakonskimi zahtevami, ki ne vpliva le na toplotno prehodnost sklopa, temveč tudi na površinsko temperaturo na notranji strani. Površinska temperatura na notranji strani sklopa naj se regulira z nizkotemperaturnimi sistemi za ogrevanje

in visokotemperaturnimi sistemi za hlajenje ((Dovjak, 2013a)). To ima pozitiven vpliv na toplotno udobje. Višja površinska temperatura na notranji strani konstrukcijskih sklopov zmanjšuje tveganje za razvoj in rast plesni.

- Delež in orientacijo transparentnih in ne-transparentnih površin mora omogočati vizualne in nevizualne učinke (vpliv na fiziološke funkcije organizma, cirkadijalni ritem) dnevnega osvetljevanja prostorov. Transparentni deli ovoja stavbe (okna) morajo prepuščati čim večji delež vidnega dela sončnega sevanja; biti morajo tako toplotno izolirani, da ni prizadeta prepustnost za dnevno svetlobo.

Področje posameznih prostorov glede na namembnost:

- Prostori (prostori različne namembnosti; specifične potrebe in zahteve v odvisnosti od aktivnosti, ki tam potekajo) morajo biti optimalno orientirani z vidika osvetljenosti, prezračevanja in kakovosti zraka, toplotnega udobja in hrupa, zvočne zaščite stavb in načel ergonomije (npr. načrtovanje delovnih pripomočkov, delovnega mesta in postopka dela z namenom dviga storilnosti zaposlenega).

Področje sistemov z vidika značilnosti okolja, uporabnika in rabe energije:

- Pri načrtovanju sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja je treba doseči celostno učinkovitost. Celostna učinkovitost stavbe in njenih sistemov se doseže tako, da se upoštevajo značilnosti uporabnika, značilnosti notranjega okolja in aktivnosti, ki tam potekajo, ter raba energije. Projektirani in izvedeni sistem ogrevanja ali hlajenja stavbe mora ob najmanjših toplotnih izgubah zagotoviti ustrezno raven notranjega toplotnega udobja. Energijska učinkovitost ogrevalnega ali hladilnega sistema se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih generatorjev toplote, hladu, načrtovanjem in izvedbo energijsko učinkovitega cevnega razvoda, izborom nizke projektna temperature ogrevalnega ali visoke projektna temperature hladilnega sistema in njegovega uravnoteženja ter regulacijo temperature zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru. Sistemi morajo biti lahko dostopni, kar omogoča lažje vzdrževanje, kontrolo in zamenjavo. V okviru možnosti bi bilo treba tudi zamenjati konvencionalne sisteme ogrevanja in hlajenja s površinskimi sistemi, ki izboljšajo toplotno udobje in kvaliteto zraka ter prispevajo k nižji porabi energije in

optimalni mikroklimi. Tako v novogradnjah kot prenovah bi bilo treba izvesti avtomatiziran način regulacije mikroklimatskih parametrov v notranjem okolju z uvedbo večfunkcionalnih centralnih nadzornih sistemov (monitoring, javljanje napak, optimizacija delovanja). Prezračevalni sistemi morajo biti narejeni, vgrajeni in vzdrževani tako, da rast in razmnoževanje mikroorganizmov na vseh

komponentah sistemov nista mogoča. Reševanje problema nizke relativne vlage notranjega zraka se najbolj učinkovito doseže z lokalnim vlaženjem.

Področje uporabnikov:

• Poleg omenjenih ukrepov je treba zagotoviti sprotno izobraževanje in usposabljanje vseh zaposlenih. V bivalnem okolju pa zagoto-

viti ozaveščanje ljudi o vseh vzrokih za nastanek plesni in možnosti odstranitve le-teh. Poudarek naj bo na pravilnem načinu uporabe stanovanja (npr. sprememba načina ogrevanja in prezračevanja v primeru vremenskih sprememb), sprememba nekdanjih bivalnih navad (kuhanje, sušenje perila), namestitvev notranje opreme (npr. možnosti kroženja zraka za opremo).

4 • SKLEPI

Priporočila za zmanjšanje izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v notranjem okolju stavb morajo biti opredeljena na podlagi celostnega pristopa, ki vključuje multidisciplinarno sodelovanje strok. Vključevati morajo vsa področja in vplivne parametre na ravni uporabnika, stavbe, konstrukcijskih sklopov, sistemov in naprav.

Na ravni uporabnika so pomembni njihovo število, čas izpostavljenosti, metabolna aktivnost, vedenje (zračenje, dejavnosti ipd.),

prisotnost rastlin, domačih živali in namestitvev notranje opreme. Na ravni stavbe ima velik pomen izbor lokacije s klimatskimi, hidrološkimi, geomorfološkimi značilnostmi, zasnova ovoja in konstrukcijskih sklopov, izbor materialov, mikroklimatske razmere v stavbi, vrsta in učinkovitost prezračevanja.

Proučiti je treba tudi vzročno povezanost med različnimi dejavniki tveganja na področju stavbe in značilnosti posameznika ali populacije, ki jo proučujemo. Pri opredelitvi povezanosti je

treba upoštevati čim večje število potencialnih motečih dejavnikov (npr. vlažnost prostorov, klimatske značilnosti) z namenom, da natančno ocenimo vzročno povezanost med dejavniki tveganja in učinki na zdravje. V sodobnih stavbah glavni vir obravnavanega problema predstavljajo mikroorganizmi in plesni, katerih razvoj je odvisen od temperature, vlage, hranil in tudi vrste materiala, na katerih se razvijajo. Razumevanje te problematike in izdelana priporočila imajo veliko uporabno vrednost, veljajo tako za novogradnje kot tudi za prenove stavb. Poleg omenjenega bi bilo treba preučiti tudi vpliv načina uporabe stavbe, vpliv bivalnih navad in razporeditev opreme.

5 • LITERATURA

- ANSI/ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, GA: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2010.
- Asimow, M., Fundamentals of engineering design: introduction to design. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York, str. 135, 1962.
- Barbosa, R. M., Mendes, N., Combined simulation of central HVAC systems with a whole-building hydrothermal model, *Energy and Buildings*, I. 40, št. 3, str. 276–288, 2008.
- Bornehag, C. G., Sundell, J., Hagerhed-Engman, L., Sigsggard, T., Janson, S., Aberg, N., Dampness in buildings and health, Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP), *Indoor Air*, I. 11, št. 2, str. 72–86, 2001.
- Brown, S. K., Cole, I., Daniel, V., King, S., Pearson, C., Guidelines for environmental control in cultural institutions, Heritage Collections Council, Canberra, 2002.
- Casas, L., Torrent, M., Zock, J.P., Doekes, G., Forn, J., Guxens, in sod., Early life exposures to home dampness, pet ownership and farm animal contact and neuropsychological development in 4 year old children: Prospective birth cohort study, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, I. 216, št. 6, str. 690–697, 2013.
- Chen, X., Lin, Y., Zhang, S., Chen, Z., Hardi, C. F., Xiang, T., Sun, B., Correlation between pathogenesis of dampness syndrome and interleukin-2, interleukin-8 in rats, *Journal of Traditional Chinese Medicine*, I. 33, št. 1, str. 114–118, 2013.
- Choi, J., Chun, C., Sun, Y., Choi, Y., Kwon, S., Bornehag, C. G., Sundell, J., Associations between building characteristics and children's allergic symptoms: A cross-sectional study on child's health and home in Seoul, South Korea, *Building and Environment*, I. 75, št. 1, str. 176–181, 2014.
- Costa, M. F., Brickus, L. S., Effects of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with sick buildings in Brazilian commercial establishments, *Arch Environ Health*, I. 55, str. 279–83, 2000.
- Dovjak, M., Kukec, A., Kristl, Ž., Košir, M., Bilban, M., Shukuya, M., Krainer, A., Integral control of health hazards in hospital environment. *Indoor and built environment*, I. 22, št. 5, str. 776–795, 2013a.
- Dovjak, M., Kukec, A., Krainer, A., Prepoznavanje in obvladovanje dejavnikov tveganja za zdravje v bolnišničnem okolju z vidika uporabnika, stavbe in sistemov, *Zdravstveno varstvo*, I. 52, št. 4, str. 304–315, 2013b.

- ECA, European concerted action indoor air quality & its impact on man, COST Project 61 3., Environment and Quality of Life Report No. 4. Sick Building Syndrome, A Practical Guide, Commission of the European Communities. Directorate General for Science, Research and Development, Joint Research Centre – Institute for the Environment. Commission of the European Communities, Luxembourg, ECA, 1989.
- EPA, Environmental Protection Agency, Indoor Air Facts No. 4 (revised), Sick Building Syndrome. Air and Radiation (6609J), February 1991, 1–4, povzeto 25. 4. 2014 po: http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf, 1991.
- Eržen, I., Gajšek, P., Hlastan-Ribič C., Kukec, A., Poljšak B., Zaletel-Kragelj L., Zdravje in okolje: izbrana poglavja, Maribor, Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta, 2010.
- Feng, M., Yang, B., Zhuang, Y. J., Yanagi, U., Cheng, X.J., A study on indoor environment contaminants related to dust mite in dwellings of allergic asthma patients and of healthy subjects, *Bio Science Trends*, l. 6, št. 1, str. 7–9, 2012.
- Fisk, W.J., Eliseeva, E.A., Mendell, M.J., Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis, *Environmental Health*, l. 15, št. 9, str. 72–84, 2010.
- Fisk, W. J., Lei-Gomez, Q., Mendell, M. J., Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes, *Indoor Air*, l. 17, št. 4, str. 284–296, 2007.
- Gunnbjörnsdóttir, M. I., Franklin, K. A., Norback, D., Björnsson, E., Gislason, D., Lindberg, E., Svanes, C., Omenaas, E., Norrman, E., Jogi, R., Jensen, E. J., Dahlman-Hoglund, A., Janson, C., Prevalence and incidence of respiratory symptoms in relationship to indoor dampness: The RHINE study, *Thorax*, l. 61, št. 13, str. 221–225, 2006.
- Gunnbjörnsdóttir, M. I., Norback, D., Plaschke, P., Norrman, E., Björnsson, E., Janson, C., The relationship between indicators of building dampness and respiratory health in young Swedish adults, *Respiratory medicine*, l. 97, št. 4, str. 302–307, 2003.
- Hernberg, S., Sripaiboonkij, P., Quansah, R., Jaakkola, J.J., Jaakkola, M.S., Indoor molds and lung function in healthy adults, *Respiratory Medicine*, l. 108, št. 5, str. 677–684, 2014.
- Hoppe, K. A., Metwali, N., Perry, S. S., Hart, T., Kostle, P. A., Thorne, P. S., Assessment of airborne exposures and health in flooded homes undergoing renovation, *Indoor Air*, l. 22, št. 6, str. 446–456, 2012.
- IM, Institute of Medicine, Damp indoor spaces and health, Washington, National Academies Press, 2004.
- Jaakkola, J. J., Hwang, B. F., Jaakkola, M. S., Home dampness and molds as determinants of allergic rhinitis in childhood: a 6-year, population-based cohort study, *American journal of epidemiology*, l. 172, št. 4, str. 451–459, 2010.
- Jaakkola, M. S., Quansah, R., Hugg, T. T., Heikkinen, S. A., Jaakkola, J. J., Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: a systematic review and meta-analysis, *Journal of allergy and clinical immunology*, l. 132, št. 5, str. 1099–1110, 2013.
- Kalamees, T., Korpi, M., Vinha, J., Kurniski, J., The effect of ventilation systems and building fabric on the stability of indoor temperature and humidity in Finnish detached houses, *Building and Environment*, l. 44, št. 8, str. 1643–1650, 2009.
- Kim, J. L., Elfman, L., Wieslander, G., Ferm, M., Torén, K., Norbäck, D., Respiratory health among Korean pupils in relation to home, school and outdoor environment, *Journal of Korean medical science*, l. 26, št. 2, str. 166–173, 2011.
- Kishi, R., Saijo, Y., Kanazawa, A., Tanaka, M., Yoshimura, T., Chikara, H., Takigawa, T., Morimoto, K., Nakayama, K., Shibata, E., Regional differences in residential environments and the association of dwellings and residential factors with the sick house syndrome: a nationwide cross-sectional questionnaire study in Japan, *Indoor Air*, l. 19, št. 3, str. 243–254, 2009.
- Koskinen, O. M., Husman, T. M., Meklin, T. M., Nevalainen, A. I., The relationship between moisture or mould observations in houses and the state of health of their occupants, *European respiratory journal*, l. 14, št. 6, str. 1363–1367, 1999.
- Li C. S., Hsu C. W., Lu C. H., Dampness and respiratory symptoms among workers in day-care centers in a subtropical climate, *Archives of environmental health*, l. 52, št. 1, str. 68–71, 1997.
- Li, A., Liu, Z., Liu, Y., Xu, X., Pu, Y., Experimental study on microorganism ecological distribution and contamination mechanism in supply air ducts, *Energy and Buildings*, l. 47, str. 497–505, 2012.
- Martínez, F. J. R., Plasencia, M. A. Á-G., Gómez, E. V., Díez, F. V., Martín, R. H., Design and experimental study of a mixed energy recovery system, heat pipes and indirect evaporative equipment for air conditioning, *Energy and Buildings*, l. 35, št. 10, str. 1021–1030, 2003.
- Mendell, M. J., Mirer, A. G., Cheung, K., Tong, M., Douwes, J., Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence, *Environmental health perspectives*, l. 119, št. 6, str. 748–756, 2011.
- MOP, Tehnična smernica o učinkovitih rabi energije, MOP, TSG-1-004:2010.
- MOP, Tehnična smernica požarna varnost v stavbah MOP, TSG-1-001:2010.
- MOP, Tehnična smernica zaščita pred hrupom v stavbah MOP, TSG-1-005:2010.
- Mudarri, D., Fisk, W.J., Public health and economic impact of dampness and mold, *Indoor Air*, l. 17, št. 3, str. 226–235, 2007.
- Naydenov, K., Melikov, A., Markov, D., Stankov, P., Bornehag, C.G., Sundell, J. A comparison between occupants' and inspectors' reports on home dampness and their association with the health of children: The ALLHOME study, *Building and Environment*, l. 43, št. 11, str. 1840–1849, 2008.
- Osanyintola, O. F., Simonson, C. J., Moisture buffering capacity of hygroscopic building materials: experimental facilities and energy impact, *Energy and Buildings*, l. 38, št. 10, str. 1270–1282, 2006.

- Paasi, J., Nurmi, S., Vuorinen, R., Strengell, S., Majjala, P., Performance of ESD protective materials at low relative humidity, *Journal of Electrostatics*, l. 51–52, št. 1–4, str. 429–434, 2001.
- Pekkanen, J., Hyvärinen, A., Haverinen-Shaughnessy, U., Korppi, M., Putus, T., Nevalainen, A., Moisture damage and childhood asthma: a population-based incident case-control study, *European respiratory journal*, l. 29, št. 3, str. 509–515, 2007.
- Reinikainen, L. M., Jaakkola, J. J., Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms, *Indoor Air*, l. 13, št. 4, str. 344–352, 2003.
- RS, Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, Ur. l. RS, št. 42/2002.
- RS, Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago, Ur. l. RS, št. 29/2004.
- RS, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Ur. l. RS, št. 42/2002, 29/2004, 93/2008, 52/2010.
- Rudd, A., Henderson H. I., Monitored indoor moisture and temperature conditions in humid climate US residences, *ASHRAE Transactions*, 113 (pt. 1), str. 435–449, 2007.
- Sahlberg, B., Gunnbjörnsdottir, M., Soon, A., Jogi, R., Gislason, T., Wieslander, G., Airborne molds and bacteria, microbial volatile organic compounds (MVOC), plasticizers and formaldehyde in dwellings in three North European cities in relation to sick building syndrome (SBS), *Science of the Total Environment*, l. 444, št. 1, str. 433–440, 2013.
- Sato, M., Fukayo, S., Yano, E., Adverse environmental health effects of ultra-low relative humidity indoor air, *Journal of occupational health*, l. 45, št. 2, str. 133–136, 2003.
- Seppänen, O., Fisk, W. J., Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers, *IndoorAir*, l. 12, str. 98–112, 2002.
- Seppänen, O. A., Fisk, W. J., Mendel, I. M. J., Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and industrial buildings, *Indoor Air*, l. 9, št. 4, str. 226–52, 1999.
- Sun, Y., Sundell, J., Zhang, Y., Validity of building characteristics and dampness obtained in a self-administrated questionnaire, *Science of the total environment*, l. 387, št. 1–3, str. 276–282, 2007.
- Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M., Tochiyama, Y., Physiological and subjective responses to low relative humidity in young and elderly men, *Journal of Physiological Anthropology*, l. 52, št. 3, str. 229–238, 2006.
- Toftum, J., Jørgensen, A. S., Fanger, P. O., Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortable humid skin, *Energy and Buildings*, l. 28, št. 1, str. 1–13, 1998b.
- Toftum, J., Jørgensen, A. S., Fanger, P. O., Upper limits of air humidity for preventing warm respiratory discomfort, *Energy and Buildings*, l. 28, št. 1, str. 15–23, 1998a.
- Tomšič, M., Gojite plesen v stanovanju? Penicilin so odkrili že v prejšnjem stoletju!, povzeto 25. 01. 2015 po: <http://www.gi-zrmk.eu/?tag=mag-miha-tomsic>, 2007.
- Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS.
- Venn, A. J., Cooper, M., Antoniak, M., Laughlin, C., Britton, J., Lewis, S. A., Effects of volatile organic compounds, damp, and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children, *Thorax*, l. 58, št. 11, str. 955–960, 2003.
- Wang, I. J., Tsai, C. H., Kuo, N. W., Chiang, B. L., Tung, K. Y., Lee, Y. L., Home dampness, beta-2 adrenergic receptor genetic polymorphisms, and asthma phenotypes in children, *Environmental Research*, l. 118, št. 9, str. 72–78, 2012.
- Chen X., Lin Y., Zhang S., Chen Z., Hardi C. F., Xiang T., Sun B., Correlation between pathogenesis of dampness syndrome and Interleukin-2, Interleukin-8 in rats, *Tradit Chin Med* 2013 February 15; 33 (1): 114–118.
- Yassi, A., Kjellström, T., de Kok T., Guidotti, T.L., *Basic Environmental Health*, Oxford: Oxford University Press, 2001.
- Zhang, H., Yoshino, H., Analysis of indoor humidity environment in Chinese residential buildings, *Building and Environment*, l. 45, št. 10, str. 2132–2140, 2010.
- Zhang, H. B., Yoshino, H., Murakami, S., Bogaki, K., Tanaka, T., Akabayashi, S., Abe, K., Analyses of indoor humidity environment in nationally residential houses of Japan, *Journal of Technology and Design*, l. 15, št. 30, str. 453–457, 2009.
- Zhang, X., Sahlberg, B., Wieslander, G., Janson, C., Gislason, T., Norback, D., Dampness and moulds in work place buildings: associations with incidence and remission of sick building syndrome (SBS) and biomarkers of inflammation in a 10 year follow-up study, *Science of the total environment*, l. 15, št. 430, str. 75–81, 2012.