

**Univerzitet u Beogradu**  
**Šumarski fakultet**

Diplomski rad

**Efekat materijala od drveta kao elemenata enterijera na  
zdravlje ljudi**

Student:

Dušan Radojević 53/2016

Komisija:

Dr. Mlađan Popović, vanr. prof.

Dr. Jasmina Popović, vanr. prof.

Dr. Milanka Điporović-Momčilović, red. prof.

Beograd, 2021. godine

# SADRŽAJ

<b>1 Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Cilj</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Efekti drvenih materijala u enterijeru na zdravlje ljudi</b> .....	<b>6</b>
3.1 Efekat emisije isparljivih organskih jedinjenja na zdravlje ljudi .....	7
3.2 Efekat ublažavanja fluktuacije i puferizacije vlage na komfor i zdravlje ljudi .....	1010
3.3 Efekat antibakterijskog dejstva drveta na zdravlje ljudi.....	11
3.3.1 Faktori koji utiču na antibakterijsko dejstvo drveta .....	12
3.4 Efekat akustičnih svojstava drveta.....	13
3.4.1 Zvučna izolacija drveta .....	14
3.5 Efekti drveta na psihološko zdravlje ljudi .....	15
3.6 Efekti drveta na fiziološko zdravlje ljudi .....	25
3.6.1 Olfaktorna stimulacija .....	26
3.6.2 Vizuelna stimulacija .....	27
3.6.3 Taktilna stimulacija .....	28
3.6.4 Akustična stimulacija .....	29
<b>4 Zaključak</b> .....	<b>30</b>
<b>5 Literatura</b> .....	<b>31</b>

Spisak slika 11

Spisak tabela 2

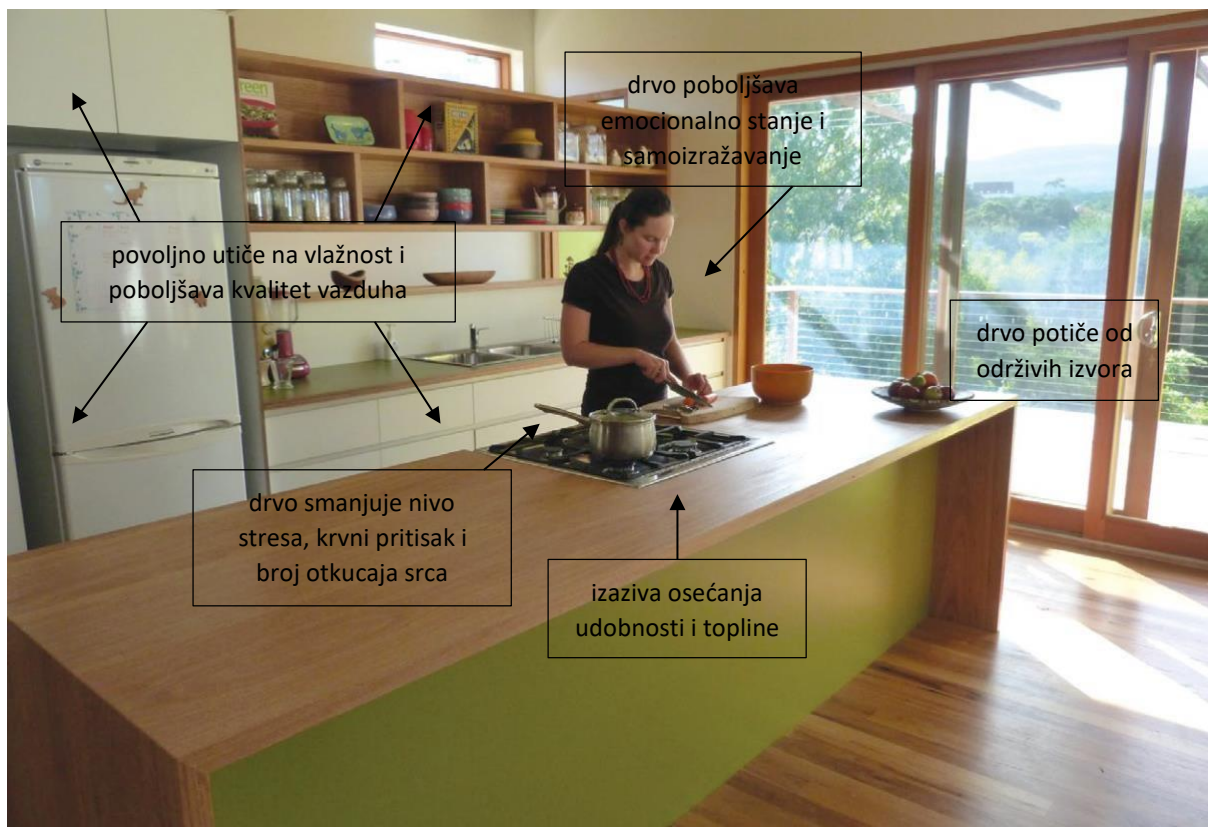
# 1 Uvod

Interesovanje za prirodne i obnovljive građevinske materijale je pokrenulo različita pitanja vezano za životnu sredinu i strategije projektovanja. Tako je značajno porastao i fokus na upotrebu drveta u okruženju.

Naučno je dokazano da drvo ima pozitivan uticaj na čoveka, a upotreba drveta kao građevinskog materijala je nemerljiv benefit kako za životnu sredinu, tako i za zdravlje ljudi. Obzirom da čovek u proseku 90% života provede u zatvorenom prostoru, sve veći broj istraživanja se bavi efektima upotrebe drveta u zatvorenom prostoru, a sa ciljem stimulacije povećane upotrebe materijala od drveta kao elemenata enterijera.

Drvo kao materijal ima niz prednosti koje ga izdvajaju od ostalih materijala: široko je dostupno, lako je raditi sa njim i obnovljivo. Sve navedene karakteristike omogućavaju olakšane i brže uslove za rad, a dizajnerima pruža fleksibilnost i veću slobodu. Prednosti materijala od drveta se ogledaju i u sposobnosti drveta da izjednači vlažnost unutar zatvorenog prostora i u mogućnosti reciklaže (Alapieti et al., 2020). Loš kvalitet enterijera može uticati na zdravlje, produktivnost i učinak u radu, kognitivne sposobnosti i na udobnost ljudi, naročito kada se ima u vidu činjenica koliko ljudi provode vremena u zatvorenom prostoru i koliko su, s tim u vezi, blagostanje, fizičko i mentalno stanje čoveka relevantan cilj (Salonen et al., 2018). Integracija drveta kao prirodnog elementa u enterijer je direktan način da se u savremenom načinu života poveća direktan kontakt ljudi sa prirodom (Joye, 2007).

Primena drveta u enterijeru ima, osim tehničkih prednosti, i niz drugih, fizioloških i psihičkih efekata na ljude koji provode vreme u takvom okruženju. Uticaj materijala od drveta kao elemenata enterijera na zdravlje ljudi je privukao značajnu pažnju tokom poslednjih decenija, te su stoga nastale mnoge studije koje istražuju pitanje ovakvog uticaja na kvalitet i mere unutrašnjeg okruženja. Ova istraživanja stavljaju akcenat na sledeće teme: efekat unutrašnjih materijala od drveta na puferisanje vlage i ublažavanje variranja iste u zatvorenom prostoru, antibakterijski efekat i emisija hemijskih jedinjenja elemenata enterijera od drveta, kao i na akustične, psihološke i fiziološke efekte istih na ljude koji žive i rade u takvom okruženju (slika 1) (Planet Ark, 2012)



Slika 1. Različiti pozitivni efekti drvenih elemenata (Planet Ark, 2012)

Obzirom da su sve studije i istraživanja pokazale pozitivne efekte drvenih unutrašnjih materijala na zdravlje ljudi, ova društvena tema postaje sve naglašenija. Zanimljivo je da su reakcije na drvo, uglavnom, izuzetno pozitivne i iste, bez obzira na zemlju i kulturu, i da fokusne grupe unutar različitih istraživanja efekta drveta na zdravlje ljudi opisuju drvo kao prijatno, toplo, umirujuće, prirodno, dobrih akustičnih svojstava (tabela 1) (Planet Ark, 2012).

Tabela 1. Percepcija ispitanika na različite materijale uključujući drvo

Materijal	Percepcija					
	Doživljaj prirodnog izgleda	Kreiranje toplog i prijatnog okruženja	Vizuelna privlačnost	Prijatan na dodir	Ekološki prihvatljiv	Relativno povoljan
Drvo	93	92	88	87	68	31
Cigla	61	62	58	30	47	30
Beton	25	23	24	20	27	35
Čelik	20	16	36	36	28	20
Plastika	14	18	24	36	14	71
Aluminijum	17	15	33	34	30	36

Uobičajene navedene deskripcije vezane za efekte drvenih materijala i upotreba istog u enterijeru počivaju na čvrstom uverenju i složenim razlozima ukorenjenim u psihologiji čoveka da primena drvenih materijala može pomoći u kreiranju zdravog i privlačnog okruženja za ljude. Stoga, sve studije koje se bave ovom tematikom uključuju sve potencijalne koristi drveta u koncept ukupnog proizvoda i na neki način imaju potencijalno dalekosežne implikacije na proizvođače u smislu prilike da se drvo plasira na potpuno inovativan način.

Obzirom da je direktna interakcija između ljudi i izgrađenog okruženja vrlo složena, istraživanju ovih odnosa se pristupa na različit način, multidisciplinarnom i interdisciplinarnom metodologijom. Svi ispitani uticaji drvenih materijala kao elemenata enterijera na zdravlje i dobrobit ljudi ukazuju na izrazito pozitivne efekte drveta i predodređenost upotrebe drveta u dnevnim, društvenim, zdravstvenim, prostorijama za rad, za oporavak, unutar velnes i prostorija za relaksaciju.

Istraživanja karakteristika drvenih materijala kao elemenata enterijera zdravstvene zaštite i objekata socijalne i dnevne nege je nastalo kao snažna potreba za napretkom i poboljšanjem zdravstvene zaštite i usluge, naročito u zemljama gde je stopa mortaliteta u porastu. Studije i istraživanja su pokazale da primena drveta u ovakvom izgrađenom okruženju objekata zdravstvene zaštite i nege može doprineti bržem oporavku pacijenata (Alapieti et al., 2020).

Istraživanja primene drveta u okviru enterijera školskih ustanova su pokazala da učenici u ovakvom izgrađenom okruženju imaju manji nivo stresa u interakciji sa nastavnicima, smireniji su i smanjen im je broj srčanih otkucaja (Kelz et al., 2011).

Dakle, studije su potvrdile da prihvatanje drvenih materijala kao elemenata enterijera u bilo kojem obliku doprinosi blagostanju i boljem zdravstvenom stanju čoveka. Restaurativni efekti prirode i materijala poput drveta su, pretpostavlja se, rezultat urođenog afiniteta ljudi prema sistemima iz prirode. Iz ovakve povezanosti je nastala hipoteza o biofiliji (Kellert et al., 2008).

Biofilija predstavlja dizajnerski pokret zasnovan na činjeničnoj prednosti povezivanja ljudi sa prirodom. Biofilni dizajn podrazumeva rad sa prirodnim elementima poput prirodnih materijala za koje se pokazalo da su korisni za zdravlje i blagostanje ljudi, ali i rad sa elementima poput prirodnog svetla, biljaka i pogleda na prirodu (Kellert et al., 2008). Koncept zasnovan na prirodnim osnovama i pozitivan uticaj prirodnih materijala poput drveta na zdravlje ljudi se temelji na psihološkom,

kulturološkom i društvenom miljeu čoveka. Naš nervni sistem je dobro povezan i kompatibilan sa materijalima, konceptima i principima koji potiču iz prirode, a tokom interakcije sa enterijerom izgrađenim od prirodnih elemenata, ljudski organizam je u stanju relaksacije, a nervni sistem bez iritacije i potrebe da sve vreme skenira postojeće okruženje. U tradicionalnoj narodnoj umetnosti i kulturi je primena prirodnih čvrstih, lokalnih, dostupnih materijala neizostavni pandan. Prirodni lokalni materijali su vanvremenski, i kao takvi, uvek poželjni u inovacijama savremenog dizajna i arhitekture. Sve češća su kombinovanja biofilnog sa restaurativnim ekološkim dizajnom u cilju stvaranja što kvalitetnijeg i održivijeg enterijera (Niryd et al.,2010)

## 2 Cilj

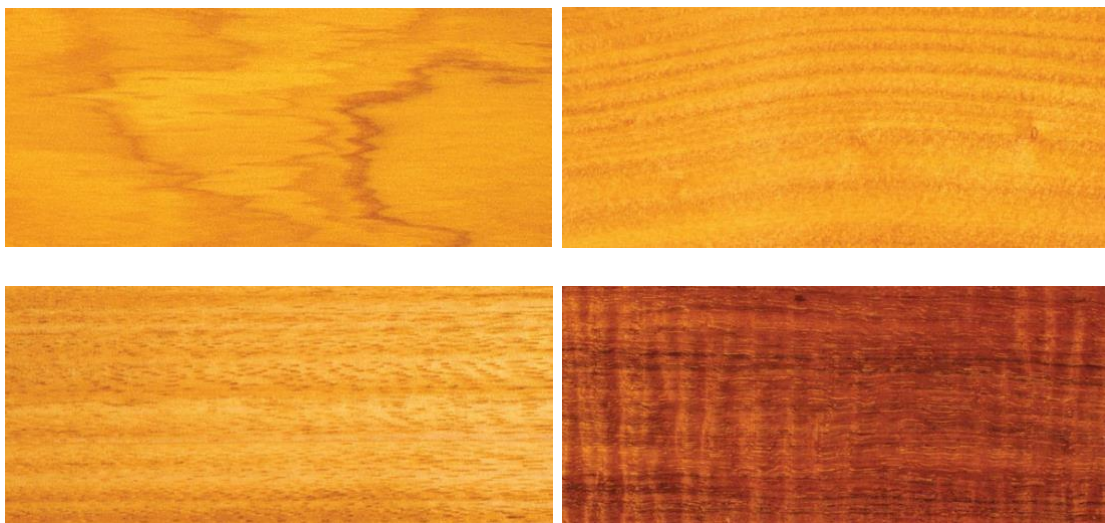
Rad ima za cilj da prikaže da li i kako materijali od drveta kao elementi enterijera mogu uticati na zdravlje ljudi, kao i da opiše i analizira različite načine delovanja materijala od drveta. U cilj rada je uključena i analiza uticaja istih na zdravlje čoveka, identifikacija potencijala i prednosti primene, ali i ograničenja upotrebe drvenih elemenata u enterijeru, naglašavanje značaja i doprinosa stvaranja održivih proizvoda zasnovanih na materijalima od drveta, kao i analiza razvoja inovativnih poslovnih modela koji se temelje na stečenim činjenicama o pozitivnim efektima drveta na zdravlje ljudi.

Sagledavanje problematike uticaja primene drveta i materijala od drveta kao elemenata enterijera na dobrobit i zdravlje ljudi kao osnovni cilj rada, podrazumeva pregled i analizu literature koja se bavi istraživanjima uticaja materijala od drveta kao elemenata enterijera na zdravlje i psihu ljudi koji borave ili rade u datom enterijeru. Stoga će u radu biti navedena sva korišćena istraživanja i studije i obrađena literatura na zadatu temu. Tokom pretraživanja akcenat je bio na pregledima literature objavljenim u recenziranim časopisima i naučnim člancima, relevantnim istraživanjima i kvalitetnim studijama.

### 3 Efekti drvenih materijala u enterijeru na zdravlje ljudi

Prednosti primene drvenih materijala kao elemenata enterijera se baziraju na pozitivnim efektima drveta na zdravlje ljudi. Ovom temom su se u proteklih nekoliko decenija bavile različite studije i istraživanja. Pokazano je da upotreba drvenih materijala kao unutrašnjih elemenata ostvaruje pozitivan uticaj na ljude na nekoliko načina: emitovanjem hemijskih jedinjenja, puferizacijom i ublažavanjem fluktuacije vlage unutar zatvorenog prostora, antibakterijskim efektom, efektom na akustiku enterijera, kao i efektom na fizičko i psihičko zdravlje ljudi (Risholm-Sundman et al., 2008). Drvo je prirodni i obnovljivi resurs, a njegova jedinstvenost počiva na činjenici da ne postoje dva ista komada. Konačan izgled drveta zavisi od mnogih varijabli: vrste i veličine drveta, geografskog područja na kojem je drvo raslo, uslova rasta i procesa proizvodnje (slika 2). Drvo ima korene u drevnoj kulturi, korišćeno je u periodu pre kamenog doba, a u današnjici doživljava preporod u primeni zbog novootkrivenih koristi po zdravlje i blagostanje ljudi, odnosno, sličnih efekata onim koje na ljude proizvodi boravak u prirodi.

Upotreba drveta u izgradnji i dizajnu enterijera ima dugu tradiciju u pojedinim zemljama poput Kanade, Norveške, Švedske, Finske, Japana, SAD-a, Austrije i Estonije (Jimanez et al., 2016).



Slika 2. Primer različitog izgleda drvenih komada (Planet Ark, 2012)

Aspekti delovanja drvenih elemenata korišćenih u enterijeru na zdravlje i blagostanje ljudi su različiti i odnose se na: efekat emisije isparljivih jedinjenja, efekat ublažavanja fluktuacije i puferizacije vlage, antibakterijski efekat, efekat akustičnih svojstava i efekat drveta na psihološko i fiziološko zdravlje ljudi.

### **3.1 Efekat emisije isparljivih organskih jedinjenja na zdravlje ljudi**

Efekat isparljivih organskih jedinjenja koja se emituju iz drveta je važan faktor u proceni kvaliteta uticaja drvenih materijala kao elemenata enterijera na zdravlje ljudi.

Drvo se sastoji pre svega od celuloze, međutim, struktura drveta podrazumeva i veliki broj drugih organskih i neorganskih jedinjenja čiji sadržaj, ali i hemijski sastav, pokazuje varijabilnost u zavisnosti od vrste drveta, lokacije na kojoj raste, kao i dela drveta koji se koristi kao materijal za proizvodnju (Kirkeskov et al., 2009).

Emisija hemijskih jedinjenja ima varijabilan efekat na ljude. Odražava se kroz razne prijatne i neprijatne mirise, kao i kroz različite zdravstvene efekte na ljude koji stanuju u enterijerima unutar kojih su elementi od drvenih materijala.

Kada su u pitanju različiti mirisi emitovanih hemijskih jedinjenja, istraživanja su pokazala da je najčešće prag ovakvih mirisa niži od onog potrebnog za senzornu iritaciju, ali i da kao takvi, ovi mirisi mogu izazvati stres, negativno raspoloženje i fiziološke promene (Wolkoff, 2013).

Četinari emituju isparljiva organska jedinjenja među kojima su terpeni glavna grupa. Oni imaju protektivnu ulogu i upravo je ova grupa jedinjenja odgovorna za tipičan miris drveta (Nore et al., 2017). Sve studije koje su se bavile temom efekta terpena na zdravlje ljudi se uglavnom odnose na monoterpene, koji pored seskvi- i diterpena, čine grupu terpena. Monoterpeni se nalaze u smoli četinarskog drveća, isparljive su prirode i vrlo učestali u vazduhu zatvorenog prostora (Granström, 2005). U komercijalne svrhe terpeni se koriste za različite proizvode: rastvarači, aditivi za hranu, kozmetički mirisi, lekovi, proizvodi za domaćinstvo i dr. Studije su pokazale da su štetni efekti udisanja terpena svedeni na iritaciju očiju i sluzokože (Kasanen et al., 1999), a da čak ni visoke koncentracije određenih vrsta terpena, poput  $\alpha$ -pinen-a i 3-carene-a, nemaju toksične efekte na ćelije pluća ljudi (Gminski et al., 2010). Neke studije su pokazale povezanost terpena sa određenim pozitivnim psihološkim i fiziološkim reakcijama. Tako npr. izlaganje isparljivim hemijskim jedinjenjima koja u

svom sastavu imaju terpene doprinosi pojačanom imunitetu koji se ogleda u porastu aktivnosti T (natural killers) ćelija, odnosno, ćelija prirodnih ubica (Li, 2006). Iz ulja kedrovog drveta se ekstrahuje seskviterpenski cedrol, čije udisanje smanjuje simpatičku, odnosno, povećava parasimpatičku aktivnost i ima umirujući efekat na ljude (Dayawansa 2003). Japanski kedar emituje isparljiva jedinjenja koja se uglavnom sastoje iz, upravo, seskviterpena. Monoterpen  $\alpha$ -pinen olfaktornom stimulacijom stvara fiziološku relaksaciju, smanjenje srčanih otkucaja i prijatan osećaj među ispitanicima (Ikei, 2016).

Monoterpeni su najčešće produkti emisije mekog drveta. Sa ozonom ili drugim oksidantima koji se kao posledica ljudskih aktivnosti stvaraju u zatvorenim prostorijama ili, pak, unose iz spoljašnjeg vazduha, stupaju u unutrašnje gasnofazne ili površinske reakcije koje finalno produkuju složenu smešu hemijskih jedinjenja poput formaldehida ili karboksilnih kiselina (Wolkoff, 2013). Eksperimentalni biološki testovi su pokazali da produkti reakcije oksidacije monoterpena mog izazvati iritacije gornjih disajnih puteva (Wilkins, 2003). Ipak, istraživanja iz literature su zaključila da su produkti reakcije monoterpena, iako visoko iritativne moći, nejasnog efekta na zdravlje ljudi, odnosno, bez značajnih rezultata koji bi potvrdili njihov negativan efekat.

Dakle, studije i testovi rađeni na temu efekta emisije hemijskih jedinjenja drveta koje se koristi u enterijeru na zdravlje ljudi koji tu borave ili rade daju delimično kontradiktorne rezultate. Ipak, moglo bi se zaključiti da rezultati idu više u korist primene drveta i drvenih elemenata u enterijeru.

Tokom sušenja drveta nastaje većina emisija hemijskih jedinjenja, a značajne su emisije iz sveže sušenog drveta (Steckel, 2011). Zbog bogatstva ekstraktivnim jedinjenjima, meko drvo može osloboditi značajne količine hemijskih jedinjenja, uglavnom terpena i aldehida. Aldehidi su prisutni u većini emisija listopadnog drveća. Heksanal je najrasprostranjenije jedinjenje iz klase aldehida u emisijama. Takođe, pruža emisije većeg raspona karbonilnih jedinjenja i alkohola. Neke vrste drveta kao što su evropski hrast i crna trešnja emituju velike količine sirćetne kiseline (Gibson, 2010).

Aldehidi mogu da budu štetni u visokim koncentracijama što se ogleda u iritaciji sluzokože i očiju, a čak i u manjim koncentracijama izazivaju olfaktorne reakcije (Risholm-Sundman et al., 2008). Fomaldehid je jedinjenje iz grupe aldehida koga je Međunarodna agencija za istraživanje raka klasifikovala kao kancerogenu supstancu za ljude. U pitanju je snažan senzorni iritans koji se oslobađa iz različitih vrsta drveća

(Roffael, 2006). Akrolein je  $\beta$ -nezasićeni aldehid, poznat plućni toksikant koga povezuju sa pogoršanjima astme kod dece, a njegov sinergizam sa drugim kancerogenim supstancama pogoduje i ubrzava razvoj raka pluća (Seaman et al., 2007). Akrolein se emituje iz različitog drveća: bor, žuta topola i crveni hrast. Istraživanja su potvrdila da je mala verovatnoća da aldehidi, sa izuzetkom formaldehida i akroleina, izazovu senzornu iritaciju.

Najzastupljenija emisiona jedinjenja masivnog drveta od različitih vrsta drveća je prikazana u tabeli 2 (Alapieti et al., 2020).

Tabela 2. Ispraljiva hemijska jedinjenja bukve, breze, evropske jasike, norveške smrče, hrasta i običnog bora

Vrsta	Najobilniji emisijski proizvodi
Bukva	Hexanal, acetic acid, 2-pentylfuran, methanol
Breza	Hexanal, acetaldehyde, propanal Hexanal, pentanal, acetone, acetic acid
Evropska jasika	Hexanal, pentanal, acetic acid
Norveška smreka	$\alpha$ -Pinene, $\beta$ -pinene, hexanal, 3-carene Acetaldehyde, hexanal $\alpha$ -Pinene, limonene, $\beta$ -pinene, acetic acid
Hrast	Camphen, 3-carene, $\beta$ -pinene
Beli bor	Methanol, hexanal, acetic acid, 2-pentylfuran Acetaldehyde, hexanal, propanal $\alpha$ -Pinene, $\beta$ -pinene, 3-carene, hexanal $\alpha$ -Pinene, 3-carene, hexanal $\alpha$ -Pinene, 3-carene, hexanal $\alpha$ -Pinene, 3-carene, hexanal $\alpha$ -Pinene, 3-carene, pimaral $\alpha$ -Pinene, 3-carene, $\beta$ -pinene

Iz navedenih istraživanja se može zaključiti da je negativan efekat emisije ispraljivih organskih jedinjenja iz drveta ograničen na blaže olfaktorne reakcije, moguće iritacije očiju i sluzokože. Koncentracije formaldehida i akroleina mogu pod određenim uslovima uzrokovati štetne efekte po zdravlje ljudi, ali su potrebne dodatne studije kako bi se bolje razumeli ovi fenomeni i uklonili negativni, a iskoristili blagotvorni efekti. Pozitivni efekti emisije hemijskih jedinjenja iz drveta se odnose na povezanost terpena sa nekim pozitivnim psihološkim i fiziološkim reakcijama, što se odražava kroz pojačan imuniteta i umirujući efekat na ljude.

### **3.2 Efekat ublažavanja fluktuacije i puferizacije vlage na komfor i zdravlje ljudi**

Vlažnost vazduha unutar zatvorenog prostora utiče na kvalitet vazduha, a time i na respiratorni komfor pojedinca, utiče na toplotnu udobnost, na potrošnju energije i izdržljivost materijala. Optimalna vlažnost vazduha u zatvorenom prostoru spram zdravlja ljudi i higijenskih zahteva je u opsegu od 30-55% (Simonson et al., 2002). Na relativnu vlažnost utiču brzina ventilacije, ljudi i njihove aktivnosti kao unutrašnji izvori vlage i sadržaj vlage spoljašnjeg vazduha.

Ventilacija je osnovni način kontrole vlažnosti u zatvorenim prostorima, ali se sve češće uključuju i elementi enterijera, poput unutrašnjih površina ili nameštaja, napravljeni od higroskopskih materijala kao način ublažavanja vlažnosti vazduha. Efekat puferizacije vlage se temelji na procesima apsorpcije i desorpcije vodene pare usled promena vlažnosti (Hameury and Lundström, 2004) odnosno, higroskopski materijal poput drveta u situacijama izloženosti visokoj vlažnosti unutar zatvorene prostorije apsorbira vlagu, a kada se relativna vlažnost smanjuje, drvo ima sposobnost odesorpcije vlage nazad u vazduh unutar zatvorene prostorije.

Efikasnost efekta puferizacije vlage je povezana sa mnogim svojstvima: higroskopskih materijala: paropropustljivost, debljina, koeficijent difuzije i kapacitet apodnosno re-sorpcije, postojanje premaza i veličine površine izložene vazduhu enterijera. Takođe, dokazano je da povećana brzina ventilacije vazduha umanjuje efekte puferizacije vlage higroskopskih materijala, ali sa povećanjem vlažnosti vazduha, povećavaju se i njihova efikasnost. Tako je u jednoj velikoj eksperimentalnoj studiji iz 2012. godine zaključeno da povećana brzina ventilacije smanjuje vlažnost vazduha zatvorene prostorije za 4%, od čega 1% pripada drvenim oblogama enterijera. Rezultati ove studije su pokazali da brzina ventilacije i brzina stvaranja vlage utiču na svega 8% varijacija u nivoima vlažnosti, dok drvene obloge ublažavaju pomenute varijacije čak 30% (Li et al., 2012).

Drvo ima superiorniji kapacitet pufera za zadržavanje vlage u poređenju sa drugim građevinskim materijalima. Međutim, higroskopska svojstva drveta su u poprečnom smeru manje impresivna. Kako vlaga ima nisku difuziju u poprečnom smeru u kojem se unutrašnje drvo najčešće koristi, ono inhibira dublje prodiranje vlage. Dubina prodiranja vlage u poprečnom smeru za dnevne cikluse vlažnosti iznosi otprilike 1 mm. Utvrđeno je da ploče od neobrađene smrče imaju znatno veće performance pufera vlage u odnosu na druge najčešće korišćene građevinske

materijale poput gipsanih ploča, betona ili cigle. Higroskopska građa materijala na bazi drveta ima potencijal da smanji maksimalnu vlažnost vazduha enterijera do 35%, što implicira na korist od higroskopskih pregrada, nameštaja i unutrašnjih zidova u zatvorenim prostorima sa većom stopom ventilacije (Simonson et al., 2002).

Tokom razmene vlage između drveta i vazduha u zatvorenom prostoru, temperature drveta raste u situaciji kada apsorbuje vlagu, odnosno, tokom sušenja, temperature se smanjuje. Ovo svojstvo drveta da latentno razmenjuje toplotu dovodi do mogućnosti smanjenja energije potrebne za zagrevanje, hlađenje ili provetravanje zgrada. Jedan od primera je određeni numerički model za spavaću sobu sa drvenim konstrukcijskim elementima koji je pokazao da je smanjenje potrošnje energije zajedno sa drvetom ili drvenim elementima enterijera moguće (Osanyintola i Simonson, 2006). Eksperimentalna studija iz 2017. godine se bavila poređenjem upotrebe drvenih i nehigroskopskih površinskih materijala u kupatilima. Merenja su pokazala da se potreba za zagrevanjem smanjila u onim kupatilima gde su korišćeni drveni materijali, a izračunata potencijalna ušteda na godišnjem nivou je 36,5-45% (Nore et al., 2017).

Sposobnost drvenih materijala da puferizuju vlagu i ublaže njeno variranje se pozitivno odražava na psiho-fiziološko zdravlje ljudi iz razloga stvaranja boljeg komfora, u prvom redu respiratornog i ekonomisanja toplotne energije, što se odražava na bolje raspoloženje i smanjenje stresa kod ljudi koji žive ili rade u tako izgrađenom okruženju.

### **3.3 Efekat antibakterijskog dejstva drveta na zdravlje ljudi**

Razumevanje mikrobioloških i higijenskih svojstava materijala, naročito unutrašnjih površina, je od izuzetne važnosti u sprečavanju širenja infekcija, naročito u određenim okruženjima, poput zdravstvenih ustanova ili škola.

Novije studije su ukazale na antibakterijska svojstva drveta. Ovo svojstvo je značajne varijabilnosti među različitim vrstama drveća. Tako je u običnom boru (*Pinus silvestris*) i evropskom hrastu (*Kuercus robur*) otkrivena jaka antibakterijska aktivnost. Iako različite studije beleže varijacije u rezultatima, zaključak svih je da i evropski ariš (*Laric decidua*) ima antibakterijska svojstva. Iako slabija, antibakterijsko dejstvo pokazuju i smreka (*Picea abies*) i omorika. Borovo jezgro pokazuje antibakterijsko dejstvo na tri gram-pozitivna bakterijska soja: *S.aureus*, *B. subtilis* i *E. faecium*.

Kora ariša dokazano inhibira rast *S.aureus*. Rezime antibakterijskog dejstva različitih vrsta je prikazano u tabeli 3 (Schönwalder et al.,2015).

Tabela 3. Antibakterijsko dejstvo različitih vrsta drveta

Vrsta drveta	Bakterija (Gram +/-)	Reference
bukva, breza	<i>Escherichia coli</i> (-) <i>Listeria monocytogenes</i> (+)	Ak et al. (1994a)
breza	<i>Salmonella typhimurium</i> (-) <i>Escherichia coli</i> (-) <i>Enterococcus faecium</i> (+)	Schönwalder et al. (2002)
hrast	<i>Escherichia coli</i> (-)	Milling et al. (2005a)
ariš	<i>Enterococcus faecium</i> (+) <i>Escherichia coli</i> (-), <i>Listeria monocytogenes</i> (+)	Laireiter et al. (2013)
beli bor	<i>Staphylococcus aureus</i> (+) <i>Klebsiella pneumoniae</i> (-) <i>Staphylococcus aureus</i> (+) <i>Enterococcus faecalis</i> (+) <i>Escherichia coli</i> (-) <i>Streptococcus pneumonia</i> (+) <i>Staphylococcus aureus</i> (+)  <i>Escherichia coli</i> (-) <i>Streptococcus pneumoniae</i> (+) <i>Escherichia coli</i> (-)	Vainio-Kaila et al. (2013) Kavian-Jahromi et al. (2015) Vainio-Kaila et al. (2015) Vainio-Kaila et al. (2017a) Vainio-Kaila et al. (2017b)

### 3.3.1 Faktori koji utiču na antibakterijsko dejstvo drveta

Antibakterijski efekat drveta nema potpuno razjašnjen mehanizam delovanja. Smatra se da zavisi od kombinacije različitih faktora poput ekstrativa drveta i higroskopskih svojstava površine drveta. Dehidratacija bakterija je povezana sa njihovom higroskopnošću, a direktna inhibicija njihovog rasta se dovodi u vezu sa nekim hemijskim komponentama drveta (Schönwalder et al., 2015).

Različite studije su se bavile istraživanjem antibakterijskog delovanja ekstrakata i drugih komponenata drveta. Tako je otkriveno da ekstrakti bora inhibiraju rast gram-negativnog soja *E.colli*, a ekstrakti borovog drveta i smrče inhibiraju rast nekoliko gram-

pozitivnih bakterijskih sojeva. Ekstrakti čvorova različitih vrsta borova su pokazali antibakterijski efekat na nekoliko gram-pozitivnih sojeva bakterija, a što je u korelaciji sa sadržajem stilbena u ekstraktu (Välilmaa et al., 2007).

Antibakterijski efekat drveta zavisi od mnogih faktora. Na intezitet ovog svojstva utiče obrada drveta, temperatura i vlažnost okoline, sadržaj vlage u drvetu, starost drveta. Tako sadržaj vlage u drvetu i povećana vlažnost okoline smanjuju antibakterijski efekat. Više temperature sa druge strane, pomažu ubrzavanju odumiranja bakterija (Milling et al., 2005a).

### **3.4 Efekat akustičnih svojstava drveta**

Kada se uzmu u obzir drvo i materijali od drveta kao elementi enterijera i svojstvo akustike, onda akustika prostorija dobija centralnu pažnju. Na akustiku utiču zvučni talasi prilikom različitih udara u zidove, pod, plafon, i isto tako prilikom udara u nameštaj i ostale predmete enterijera. Prilikom ovih interakcija, refleksija, širenje i prigušivanje zvuka unutar zatvorenog prostora bivaju kontrolisani površinskim materijalima od kojih su napravljeni elementi enterijera.

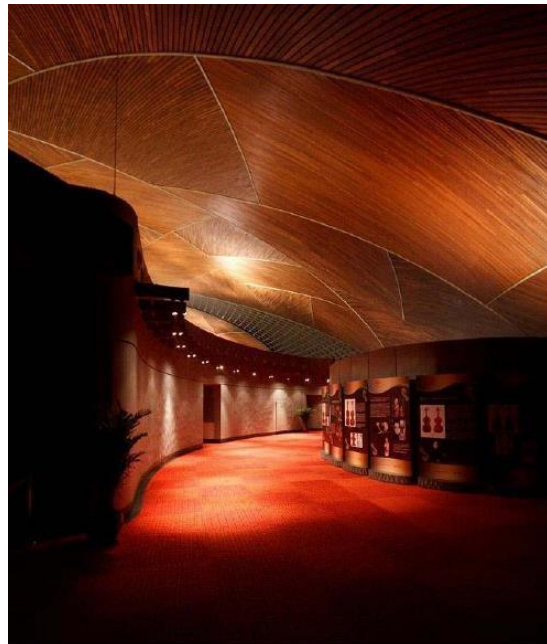
Površinske materijale bi trebalo birati u zavisnosti od planirane svrhe upotrebe prostorije, obzirom da su veoma značajni faktori akustike enterijera. Efikasnost refleksije zvuka i njegova apsorpcija u čitavom zvučnom spektru u velikoj meri zavise od unutrašnje strukture materijala od koga se prave elementi enterijera, kao i od geometrije istog, načina površinske obrade i vrste ugradnje.

Drvo se smatra materijalom koji reflektuje zvuk iz razloga što ima nizak koeficijent apsorpcije zvuka (Kang et al., 2010). Zbog svoje strukture, drvo ima brojne pore cilindričnog oblika i u pravcu vlakana. Upravo su karakteristike pora drveta uz otpor vazdušnog toka koji varira spram osobina zvuka glavne osobine drveta od krucijalne važnosti za apsorpciju zvuka drveta. Tako se i apsorpcija zvuka drveta može klasifikovati kao porozna apsorpcija. Međutim, drvo ima mali broj kontinuiranih pora i takva struktura utiče na smanjenu propusnost i nizak koeficijent apsorpcije zvuka (Kang et al., 2010).

Zvučna svojstva drveta su razlog zbog čega se drvene konstrukcije najčešće upotrebljavaju za izradu površina sa ciljem usmeravanja refleksije zvuka. Primer su muzički instrument i koncertne dvorane (slika 3 i 4)(Asdrubali et al., 2017).



Slika 3. Opera Oslo, Norvška (Planet Ark, 2012)



Slika 4. Pekinška opera, Kina (Planet Ark, 2012)

Različiti tretmani drveta mogu da poboljšaju propusnost što utiče na veću sposobnost drveta da apsorbuje zvuk.

### 3.4.1 Zvučna izolacija drveta

Performanse zvučne izolacije drveta je važno uzeti u obzir iz razloga što je drvo istovremeno materijal i unutrašnjih površina i građevinskog dela. Težina materijala je

važan faktor zvučne izolacije naročito na nižim frekvencijama. Zato performanse zvučne izolacije lakih materijala, u koje spada i drvo, nisu naročito dobre. Elementi od punog drveta imaju u vazduhu pri nižim frekvencijama zvučnu izolaciju bolju od lakih drvenih elemenata. Sa druge strane, za elemente od punog drveta, veće frekvencije mogu biti problematične. Pravilno dizajnirane dvostruke konstrukcije zidova od punog drveta mogu poboljšati performanse zvučne izolacije.

Kada su u pitanju masivni drveni podovi, postavlja se često pitanje zvučne izolacije od udaraca ljudi koji hodaju po njemu i zvučne izolacije u vazduhu, naročito na niskim frekvencijama. Poboljšanje zvučne izolacije u ovim slučajevima se može povećati samonosećim spuštenim plafonima koji nemaju strukturni kontakt sa podom, kao i upotrebom različitih kompozitnih rešenja u kombinaciji drveta sa betonom. Potencijalno rešenje koje potpuno ispunjava akustičke kriterijume je i spuštenu plafon sa kompozitnim solucijama (Martins et al., 2015).

Dakle, zvučna izolacija drvetom i drvenim materijalima direktno utiče na subjektivne i akustične senzacije čoveka i time kreira raspoloženje, komfor i psihofiziološko stanje ljudi.

### **3.5 Efekti drveta na psihičko zdravlje ljudi**

Faktori koji diktiraju izbor drveta kao materijala za dizajn enterijera su estetika, dobra atmosfera, higijenski faktori, zdrava klima i smanjenje rizika od alergija. Prednosti primene drveta se ogledaju i u povoljnijem ekološkom profilu, manjem doprinosu efekta staklene bašte, kao i zbog manje čvrstog otpada u poređenju sa ostalim materijalima. Međutim, upotreba drveta kao elementa enterijera se sve više akcentuje i zbog osobina ovog materijala koje pozitivno utiču na psihičko zdravlje ljudi, jer se drvo doživljava kao privlačnije, toplije, opuštenije i domaće.

Postoje obimna istraživanja koja se bave psihološkim odgovorima ljudi na drvo i drvene materijale enterijera. Uočeno je da se postojeća istraživanja na ovu temu generalno odnose na tri različita rezultata: percepcija drveta, uključujući vizuelnu percepciju i taktilnu senzaciju, estetsko vrednovanje drveta i različitih drvenih proizvoda kroz stavove i tendencije i emocionalne i psihofiziološke reakcije na drvo i drvene elemente. Sve odgovore, iako u međusobno bliskoj vezi, psihološka literatura, ipak, često odvaja kako bi se mogli razmotriti svi benefiti primene drveta i drvenih elemenata kao elementa enterijera ponaosob na psihičko zdravlje ljudi.

Potrebno je naglasiti da su efekti drveta na psihičko zdravlje ljudi usko povezani sa efektima istog na fiziološko zdravlje ljudi, odnosno, najsnažnije fiziološke reakcije su ishod ljudskog stresa kao važnog pokazatelja psihičkog stanja čoveka.

U tom smislu su fiziološke i psihološke reakcije ljudi na drvo neodvojive i može se reći da je odgovor čoveka na drvo i drvene elemente enterijera psiho-fiziološki. Stoga su mnoge studije ispitale i psihološku i fiziološku reakciju čoveka na drvo putem raznih senzacija. Upravo je merenjem ovih odgovora moguće proceniti ishod fizičkog i psihološkog stanja prilikom susreta čoveka sa drvetom.

Ljudi imaju različite fokuse kada gledaju drvo. Na vizuelni utisak drveta utiče nekoliko faktora: struktura i boja drveta, površinska obrada istog i broj i vrsta čvorova drveta (Nyrud and Bringslimark, 2010). Doživljaj željenog estetskog svojstva generalno leži u površinskoj harmoniji i homogenim vizuelnim svojstvima (slika 5)(Planet Ark,2012), kao npr. nekoliko ravnomerno raspoređenih čvorova na površini drveta.



Slika 5. Primer primene elementa od drveta za uokviravanje pogleda u prirodu (Planet Ark, 2012)

Rezultati pojedinih studija ukazuju na činjenicu da je nivo upotrebe drveta ili materijala od drveta kao elemenata enterijera važan faktor i da se zatvoreni prostori ,koji procentualno gledano, imaju srednji nivo prisutnosti elemenata od drveta, daleko više preferiraju u komparaciji sa onim enterijerima unutar kojih nema ili su isti široko primenjeni (Tsunetsugu et al., 2007). Uzorci punog drveta se dosledno smatraju prirodnijim u odnosu na proizvode na bazi drveta ili neke druge građevinske materijale poput plastike, tkanine ili metala koji poseduju veći stepen transformacije (Burnard et

al.,2017). Čvorovi poboljšavaju vizuelni efekat dajući drvetu prirodan i rustičan izgled, a žuto-crvena boja drveta stvara precepciju topline (Rice et al.,2006).

Jedno istraživanje sprovedeno među ispitanicima iz Australije za koje se čini da su urođeno privučeni drvetom, je prikazalo efekte dve sobe od kojih je jedna opremljena elementima i predmetima od drveta, dok druga soba ima identične elemente od plastike (slika 6). Istraživanje je pokazalo da oko 67% ispitanika više voli i preferira sobu sa drvenim elementima uprkos činjenici da oko 50% njih nije potpuno svesno zdravstvenih benefita koje drvo nudi. Slike su preuzete iz jedne kanadske studije (Fell, 2010) koja sličnim rezultatima u korist primene drveta kao elemenata enterijera potvrđuje da su slično Australijancima, i Kanađani urođeno skloni i privučeni drvetom (Planet Ark,2012).



Slika 6. Pregled istraživanja drvetom (levo) i plastikom (desno) nameštenih prostorija potvrđuje da je ispitanicima prostorija sa drvetom vizuelno privlačnija i prirodnijeg izgleda (Planet Ark, 2012)

Pored vizuelnih senzacija, koje su od krucijalne važnosti za prikupljanje informacija o fizičkom okruženju, taktilne senzacije su neizostavan deo percepcije. Tako je dodirivanje drvenih površina u zatvorenom prostoru kao jedna od spoznaja i psihološkog efekta drveta na zdravlje čoveka opisana u nekoliko studija. Jedno od proučavanja se odnosi na ispitivanje i povezanost senzornih i emocionalnih aspekata čula dodira sa osam različitih površina drvenih ploča dobijenih od običnog bora i hrasta putem četiri vrste obrade svake vrste: brušenje brusnim papirom, četkanje metalnom četkom. Deskripcija ovih aspekata je podeljena na pozitivne i negativne aspekte emocionalnih komponenti, a prirodne površine su ocenjene sa značajno boljim

pozitivnim aspektima, a najmanje iritirajućim i neugodnim komponentama kao opisa negativnih aspekata čula dodira.

Studija iz 2013. je pokazala slične rezultate, pa su taktilne senzacije punog uzoraka drveta različitih vrsta opisivane kao prirodne i percipirane kao ekološke (Lindberg et al., 2013). Jedno od istraživanja se bavilo ocenom različitih podloga gde su ih učesnici percipirali rukama i inogama. Parketni podovi su najbolje ocenjeni i generalno više preferirani od strane učesnika ovog istraživanja, a u poređenju sa laminatnim podovima. Percepcija parketnih podova sa "prirodnom" nauljenom površinom je pozitivna i isti su ocenjeni kao topli, prilično mekani i hrapavi (Bderger et al., 2006).

Postavlja se i pitanje procene efekata drveta na psihičko zdravlje ljudi u poređenju sa materijalom koji vizuelno izgleda slično drvetu, poput laminata. Laminat kao reciklirano drvo oblika šperploče ima sličan izgled drvetu i često se koristi kao zamena. Takođe, savremene tehnike proizvodnje laminate su napredovale u toj meri da je jako teško vizuelno razlikovati drvo i laminat. Stoga, studije koje su bazirane na taktilnoj percepciji ova dva materijala, pokazuju različito vrednovanje od strane ispitanika. Studija koja se bavila komparacijom drvenih i laminatnih materijala kroz vizuelnu i taktilnu percepciju je imala za cilj da ispita psihološke kriterijume koji prave razlike između ova dva materijala. Rezultati su pokazali da bi učesnici studije radije preporučili drveni pod i, čak, bi prihvatili više nedostataka u drvenim nego u laminatnim podovima. Psihičke reakcije na drveni pod u odnosu na laminatni su znatno bolje ocenjene, a drveni pod je viđen kao stabilniji, prirodniji, moderniji, otporniji, ekskluzivniji i savremeniji u poređenju sa podom izrađenim od laminata. Drveni pod je pozitivnije delovao na ispitanike kao znatno ugodniji i topliji, sa tendencijom smanjenja stresa ili povećanja blagostanja (Jimanez et al, 2016).

Različite studije su se bavile i ispitivanjem efekta drvenih elemenata unutar učionica na učenike. Većina dosadašnjih studija ovog tipa je stavila fokus na svetlost, ergonomiju, akustiku, boje ili kvalitet vazduha školskog okruženja (Higgins et al, 2005). Članak iz 2010. godine pokazuje brojne pozitivne efekte primene drveta u enterijeru na psihičko zdravlje učenika. Naime, studija objavljena u okviru članka obavljena je u srednjoj školi u Štajerskoj u Austriji. Studijskim eksperimentom je urađeno potpuno renoviranje 4 učionice: u dve su podovi, plafoni, zidne ploče i ormari napravljeni od punog drveta, a u preostale dve, registrovane kao kontrolne sobe, isti elementi su napravljeni od standardnih materijala poput linoleum za podove, gips karton za zidove

i iverica za ormare. Jedino su stolovi i stolice urađeni od istog materijala u sve 4 učionice. Rezultati ove studije su pokazali da su nivo stresa koji se najčešće stvara u situacijama interakcije sa nastavnicima i negativna osećanja učenika poput usamljenosti ili izopštenosti značajno manji tokom cele školske godine u učionicama od punog drveta. U kontrolnim učionicama je ova vrsta psihološke reakcije nepromenjena. Zanimljivo je da je koncentracija učenika ista u sve 4 učionice, odnosno, drvo kao element enterijera nije delovalo na koncentrisanost učenika u smislu poboljšanja (Kelz et al., 2005).

Lep primer pozitivnog radnog okruženja na učenike su i biblioteke izgrađene od drvenih elemenata. Školska biblioteka Candlebark u Viktoriji, Australija (slika 7), je dizajnirana kao objekat koji promoviše primenu novog i recikliranog drveta.



Slika 7. Primer školske biblioteke Candlebark u Viktoriji, Australija (Planet Ark, 2012)

Sugestija svih studijskih ispitivanja koja se bave temom izloženosti stresu i hormonima stresa tokom detinjstva i adolescencije je da je povećana verovatnoća za razvitkom mentalnih poremećaja kasnije u životu, upravo, povezana sa intezitetom stresa u ranijem periodu. Stres koji đaci doživljavaju u školi i tokom školovanja je definisan kao najstresnija aktivnost u detinjstvu (Planet Ark, 2012). Uključivanjem

drvenih elemenata u enterijer učionica mogu se postići značajni i dugoročno pozitivni efekti.

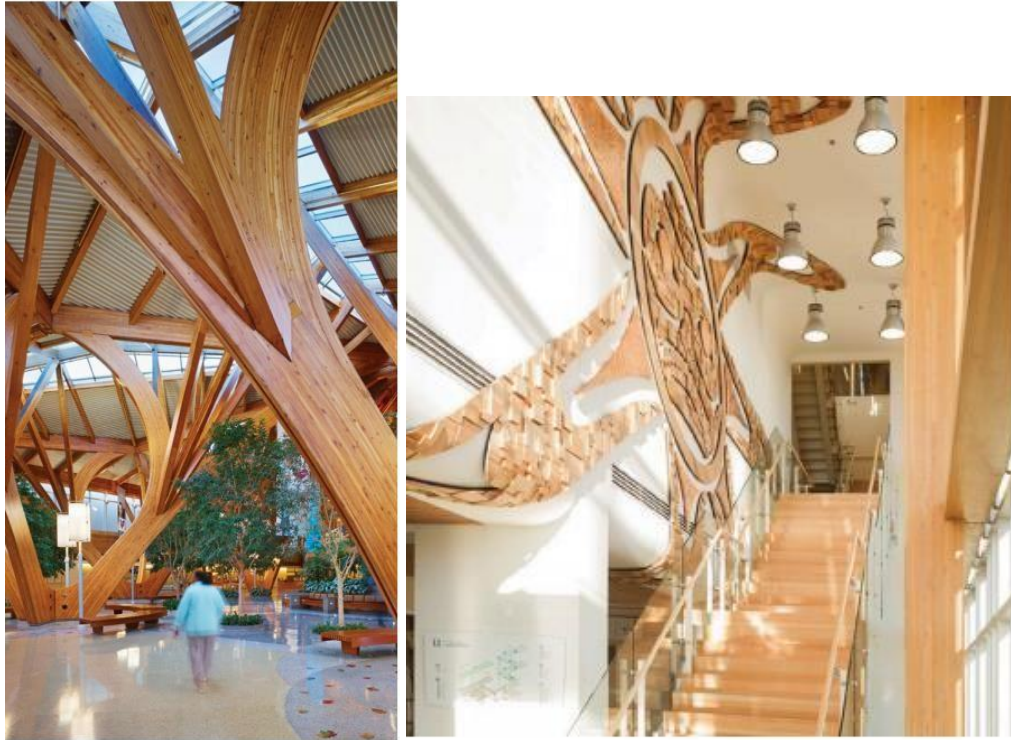
Ispitivanje iz 2008. godine (Sakuragawa et al, 2008) se bavilo praćenjem efekta kontakta ispitanika sa drvetom, plastikom i alumijumom, pri čemu je subjektivna procena korišćena kao parametar za ocenjivanje. U studiji su korišćene dve vrste drveta: japanski kedar i japanski čempres. Otkriveno je da u kontaktu sa drvetom ispitanici osećaju udobnost i sigurnost, a svoje senzacije opisuju kao prijatne i prirodne.

Studija (Tsunetsugu et al, 2007) se bavila subjektivnim reakcijama i procenama 15 muških ispitanika smeštenih u tri dnevne sobe prirodne veličine sa različitim procentom prisustva drvenih površina enterijera. Jedna soba je bila potpuno bez drvenih površina, druga sa 45%, a treća je imala 90% drvenih površina. Zanimljivo je da su svi ispitanici sobu sa 45% drvenih površina ocenili kao najudobniju i kao prostoriju u kojoj se osećaju najsmirenije. Dakle, sobe sa 45% i 90% drvenih površina su ocenjene kao prirodne.

Proučavan je i uticaj vizuelne stimulacije drvenih zidnih panela čempresa u punoj veličini u odnosu na bele čelične zidne ploče na 14 muških ispitanika. To je studija iz 2005. godine (Sakuragawa et al., 2008) u kojoj su vršeni test raspoloženja i subjektivna procena ispitanika. Zidni paneli čempresa proizvode pozitivne vizuelne stimulacije i time postižu značajno niže rezultate za depresiju i potištenost kod ljudi kao parametre raspoloženja.

Značaj i razumevanje antibakterijskih svojstava drvenih materijala, naročito u enterijerima, je od izuzetne važnosti u sprečavanju širenja infekcija, posebno u određenim okruženjima poput zdravstvenih ustanova ili škola.

Kada je u pitanju dizajn zdravstvenih ustanova i bolnica, glavni fokus je na kvalitetu izgrađenog okruženja sa ciljem kreiranja prostora koji pomaže smanjenju stresnih iskustava pacijenata, porodice i osoblja i ubrzava proces ozdravljenja pacijenata (slika8)(Planet Ark, 2012).



Slika 8. Primer primene drvenih elemenata u unutrašnjosti bolnice u Australiji (Credit Valley Hospital, Australia)(levo) i Kanadi (Saint Mary's Hospital, Canada)(desno)(Planet Ark, 2012)

Postoji preko 50 vrlo temeljnih i visokokvalitetnih studija koje se odnose na ispitivanje uticaja elemenata prirode u zdravstvenim ustanovama na pacijente, posetioce i osoblje. Većina ovih studija je povezana sa pasivnom interakcijom ispitanika sa prirodnim elementima enterijera bolnice ili sa elementima prirode u bolničkom okruženju. Pozitivni rezultati pronađeni u ovim interakcijama su smanjenje stresnih reakcija, ublažavanje bolova i poboljšano emocionalno blagostanje (Ulrich, 1985).

Jedna od studija se bavila efektom bolničke sobe unutar koje je različita zastupljenost elemenata od drveta na pacijente i zaposlene. Studija je urađena kroz anonimni upitnik na jednom odeljenju norveške bolnice, u njoj su učestvovali 102 zaposlena i 6 pacijenata. Slike bolničkih soba su prikazivane u različitim nizovima. Soba bez drveta je predstavljala običnu bolničku sobu, druga soba je bila potpuno, u celosti opremljena drvetom i treća soba je imala srdnji nivo opremljenosti drvenim elementima (slika 9). Slike soba su opisivane sa 12 atributa: dosadna, lepa, ugodna, prozračna, prirodna, muška, stilizovana, skupa, obična, moderna, umirujuća i sigurna, a ispitanici su svaki pridev ponaosob morali oceniti na skali od 1-7. Stavke u upitniku

su preuzete iz standardizovanih mera koje se odnose na spoljašnje i unutrašnje postavke dizajna (Küller,1972).



Slika 9. Slike soba korišćenih u eksperimentu: bez drveta (gore,levo), sa drvenim elementima (dole) i soba potpuno opremljena drvenim elementima (gore,desno) (Küller,1972)

Glavni rezultati ove studije pokazuju da ispitanici najviše preferiraju sobu sa srednjim nivoom drvenih elemenata i da, ipak, postoji ograničenje u stepenu upotrebe drvenih elemenata. Najmanje poželjna je bila bolnička soba potpuno u drvenim elementima. Ova studijski rad je predstavio neke preliminarne rezultate što implicira da bi daljim, većim istraživanjem , sigurno došli do potencijalnih zdravstvenih benefita od drvenih elemenata u bolničkom enterijeru po pacijente i osoblje. Iako izuuetno složene zgrade, implementacija drvenih elemenata je samo jedan od načina za poboljšanje fizičkih svojstava bolnica (Nyrud et al., 2010).

Efekat preuređenja bolničke sobe na nivo stresa je praćen kod 7 muških ispitanika 2008. godine, pri čemu je kontrolna soba konvencionalna bolnička sa belim zidovima i plafonskim pločama, dok je druga soba preuređena drvenim oblogama. Praćeni fiziološki parametri posle 26h, koliko su ispitanici zadržani u sobama, su ukazali na stvaranje manje stresnog okruženja u preuređenoj u odnosu na kontrolnu sobu (Ohta et al., 2008). Sličan rezultat je podržan i 2016. godine kroz sistematske i kvantitativne testove koji su imali za cilj da prouče različite psihološke odgovore

ispitanika koji su izloženi boravku u prostoriji sa drvetom i u prostoriji bez drvenih površina. Uočeno je da su ispitanici imali u prostorijama sa drvenim površinama više pozitivnih emocija i dramatično manje umora u poređenju sa drugom, prostorijom bez drvenih površina (Zhang et al., 2016).

Centar za mentalno zdravlje Dandenong, Viktorija, Australija (slika 10) je u direktnoj suprotnosti sa mnogim ustanovama ovog tipa, iz razloga što ne odaje uobičajen institucionalni i neprirodan osećaj. Naprotiv, prirodno drvo koje je široko iskorišćeno u celoj zgradi, za zidove, plafone, stvara stambeni i prigradski osećaj, a pacijentima ubrzava oporavak. Zgrada je dobila nagradu *Australian Timber Awards* 2014. godine za kombinaciju moderne i tradicionalne upotrebe drveta, ali još zanimljivije, i za specifičan dizajn za zdravstvene prednosti drveta (Planet Ark, 2012).



Slika 17 – Bolnički centar za mentalno obolele u Viktoriji, Australija (Planet Ark, 2012)

Skraćeno vreme oporavka skraćuje vreme boravka u bolnici što smanjuje troškove medicinskog sistema, a ovakva organizacija enterijera privlači nova poslovanja i nova tržišta.

Upotreba drvenih elemenata u enterijeru staračkih domova je povećala broj interakcija među pojedincima (slika 11) . Japanska studija je ispitala ponašanje 44 učesnika, praćeno je njihovo ponašanje i zdravstveno stanje u situaciji kada su korišćeni drveni stoovi, stolice i posuđe, u odnosu na plastične. Primećeno je bolje emocionalno stanje, učestalija verbalna komunikacija i bolje međusobno druženje.



Slika 11. Upotreba drvenih elemenata u staračkim domovima ima pozitivne psihološke ishode (Planet Ark, 2012)

Upravo socijalne interakcije koje omogućavaju starijim ljudima samoizražavanje smanjuju mogućnost od demencije. To znači da bi pozitivni psihološki ishodi ljudi u interakciji sa drvenim elementima mogli imati ne samo psihološki, već i značajan ekonomski uticaj.

Kada su u pitanju kancelarije, radna i korporativna okruženja, prisustvo drvenih elemenata drastično utiče na prvi utisak, gde je veća verovatnoća da će subjekti studija želeći da rade za one organizacije koje imaju drveni nameštaj. Takođe, kancelarije sa drvenim enterijerom se doživljavaju kao inovativnije, udobnije i sa više energije u odnosu na iste bez drveta, za koje ispitanici kažu da prenose osećaj neprijatnosti i bezličnosti (Planet Ark, 2012).

Pozitivni efekti emisije isparljivih hemijskih jedinjenja iz drveta se odnose na povezanost terpena sa nekim pozitivnim olfaktornim reakcijama, što se odražava kroz umirujući efekat na ljude. Sa druge strane, neka istraživanja su pokazala da je prag neprijatnih mirisa najčešće niži od onog potrebnog za senzornu iritaciju, ali i da kao takvi, ovi mirisi mogu izazvati stres i negativno raspoloženje.

Pokazano je da proizvodi od drveta poboljšavaju kvalitet vazduha u zatvorenim prostorima ublažavanjem vlažnosti. Ova sposobnost drvenih elemenata enterijera je naročito važan faktor na radnim mestima iz razloga što se pokazalo da je produktivnost smanjena u proseku za 12% u kancelarijama u kojima radi osoblje nezadovoljno kvalitetom vazduha (Planet Ark, 2012).

Svojstvo drveta i drvenih materijala da apsorbiraju zvuk i da zvučno izoliraju enterijer, kao i mogućnosti da se ovi kapaciteti pravilno iskoriste spram namene prostorije, direktno utiču na subjektivne i akustične senzacije čoveka i time kreiraju raspoloženje, komfor i psiho-fiziološko zdravlje ljudi.

Sva navedena iskustva i rezultati studija vezano za drvene elemente enterijera na psihičko zdravlje ljudi ukazuju na to da prednost u odabiru materijala nije samo određena praktičnošću i ekonomskim karakteristikama. Uspostavljanje svesti o emocionalnim, zdravstvenim i pozitivnim psihičkim efektima drvenih proizvoda bi moglo biti od ključnog značaja u marketingu. Stoga je promovisanje proizvoda od drveta kao elemenata enterijera, isticanje njegovih pozitivnih psihičkih asocijacija i uticaja koji poboljšavaju zdravlje od izuzetne važnosti.

### **3.6 Efekti drveta na fiziološko zdravlje ljudi**

Ljudska vrsta od svog postojanja evoluirala u prirodnom okruženju. Čak i sa početkom industrijske revolucije i urbanizacije, manje od 0,01% vremena se provodilo u veštačkom okruženju. Danas je ta statistika značajno drugačija, pa se stoga sve češće pristupa drugačijim potencijalnim načinima izgradnje životnog okruženja. Prateći hipotezu da je ljudsko telo adaptirano prirodnom okruženju, nastavlja se u smeru istraživanja kako prirodni materijali poput drveta mogu uticati na smanjenje stresa, smanjenje simpatičke nervne aktivnosti, krvnog pritiska, broja otkucaja srca i smanjenje hormona stresa.

Istraživanja efekata drvenih elemenata enterijera na fiziološko zdravlje ljudi su relativno nova, ali, ipak, postoji sve veći broj studija vezanih za ovu temu. Zajednički indeksi koji se koriste za procenu fizioloških odgovora čovaka na efekat drvenih elemenata enterijera uključuju moždanu, endokrinu aktivnost, aktivnost imunog sistema i autonomnu nervnu aktivnost (Alapieti et al., 2020).

Najčešći pokazatelj moždane aktivnosti je donedavno bila elektroencefalografija (EEG), ali nedavni tok istraživanja je stavio akcenat na merenje koncentracije oksigenizovanog hemoglobina u prefrontalnom korteksu (oksi-Hb) kao boljeg i preciznijeg pokazatelja moždane aktivnosti, pri čemu se koristi infracrvena spektroskopija (NIRS). Parametri za praćenje autonomne nervne aktivnosti su krvni pritisak, broj otkucaja srca, prečnik i reflex svetlosti zenice, međutim, sada je više zastupljeno merenje varijabilnosti otkucaja srca (HRV) i isto se može podeliti na

jednake vrednosti simpatičke i prarasimpatičke nervne aktivnosti. Parametar za merenje endokrine funkcije je nivo hormona stresa sadržanih u pljuvački, najčešće koncentracija kortizola. Kao pokazatelj imunološke aktivnosti, meri se aktivnost ćelija prirodnih ubica (T ćelija).

Efekti drveta na fiziološko zdravlje čoveka, proučavani putem različitih indeksa, su se fokusirali na mirisne, vizuelne, slušne i taktilne senzacije.

### **3.6.1 Olfaktorna stimulacija**

Uobičajeno iskustvo sugerše da miris drveta ima relaksirajući efekat. Već je u radu izlagano o nekim pozitivnim fiziološkim efektima drveta na zdravlje ljudi. Tako npr. izlaganje ispraljivim hemijskim jedinjenjima koja u svom sastavu imaju terpene doprinosi pojačanom imunitetu koji se ogleda u porastu aktivnosti NK ćelija, odnosno, ćelija prirodnih ubica (Li et al., 2006). Iz ulja kedrovog drveta se ekstrahuje seskviterpenski cedrol, čije udisanje smanjuje simpatičku, odnosno, povećava parasimpatičku aktivnost i ima umirujući efekat na ljude (Dayawansa et al., 2003). Japanski kedar emituje isparljiva jedinjenja koja se uglavnom sastoje iz, upravo, seskviterpena. Monoterpen  $\alpha$ -pinen olfaktornom stimulacijom stvara fiziološku relaksaciju, smanjenje srčanih otkucaja i prijatan osećaj među ispitanicima (Ikei et al., 2017).

Nekoliko studija se bavilo fiziološkim reakcijama ljudi na olfaktornu stimulaciju japanskim kedrom, poznatim i uobičajenim četinarskim drvetom u Japanu. Jedna od studija je predstavila efekte mirisne stimulacije ovim drvetom na prefrontalni korteks i krvni pritisak 14 studenata. Ispitanici su sedeli u zatvorenoj prostoriji sa zidnim panelima napravljenim od drveta japanskog kedra i sa veštačkom klimom, a jačina olfaktornih stimulusa je prilagođena na nivo slabiji od prosečnog, trajanje stimulacije je ograničeno na 60-90 sec. Po stimulaciji, praćenja ukupnog hemoglobina se pokazala smanjenje, sistolni krvni pritisak je opao, što zajednički ukazuje na činjenicu da olfaktorna stimulacija japanskim kedrom deluje fiziološki opuštajuće. Kontrolna grupa je izložena na sličan način, ali u prostoriji bez unutrašnjih zidnih panela od japanskog kedra. Kod ove grupe je utvrđena veća koncentracija markera stresa hromogranina A u pljuvački i isti je bio povećan po završetku testiranja (Ikei et al., 2017).

Istraživanje sprovedeno sa ciljem ispitivanja olfaktorne stimulacije  $\alpha$ -pinenom i limunenom na krvni pritisak je pokazalo da je sistolni krvni pritisak manji po stimulaciji

(Tsunetsugu et al., 2007). Ispitivanje mirisne stimulacije d-limunenom na autonomnu nervnu aktivnost je vršeno kod 13 studentkinja prosečne starosti 21,5 godina, a kao indikator je korišćen puls. Ova studija je pokazala da d-limonen izaziva fiziološke efekte opuštanja, odnosno smanjenje broja otkucaja srca (Matsubara and Kawai, 2014). Ispitivanje varijabilnosti otkucaja srca stimulisanog  $\alpha$ -pinenom je istraživanje sprovedeno od strane Ikei i saradnici, 2016. godine.

Udisanje istog je povećalo parasimpatičku nervnu aktivnost za 46,8% i smanjilo broj otkucaja srca za 2,8%, što ukazuje na fiziološko opuštanje.

### **3.6.2 Vizuelna stimulacija**

Studije koje su istraživale efekte vizuelne stimulacije drveta i drvenih elemenata enterijera na fiziološko zdravlje ljudi najčešće su uključivale u eksperimente drvene panele i drvene prostorije.

U jednoj od studija, 15 muških ispitanika starosti između 19 i 28 godina je bilo izloženo vizuelnoj stimulaciji na period od 90 sec unutar svake prostorije. Za ovu studiju izgrađene su 4 prostorije: tipična soba sa 30% drvenih elemenata (drveni stubovi i drvene poprečne grede), soba sa dodatim drvenim elementima na zidovima (45% drveta), prostorija sa drvenim zidovima, podom i plafonom (90% drveta) i prostorija bez drvenih elemenata. Kao indeks fiziološke reakcije ispitanika, kontinuirano su mereni sistolni i dijastolni krvni pritisak i puls. Nalazi su pokazali da varijacije u postotku i dizajnu drveta izazivaju različite fiziološke promene. Vizuelna stimulacija sa 30% drveta smanjuje dijastolni krvni pritisak i puls, odnosno, izaziva fiziološke reakcije opuštanja. Nasuprot ovoj sobi, vizuelna stimulacija prostorijom sa 45% drvenih elemenata utiče na povećanje pulsa, što ukazuje na fiziološku budnost, dok dijastolni krvni pritisak ostaje nepromenjen (Tsunetsugu et al., 2005).

Zanimljiva studija je rađena 2017. godine. U okviru studije je proučavana fiziološka reakcija 20 odraslih ispitanika na vizuelnu stimulaciju unutar 5 različitih soba u trajanju od 60 minuta. Sobe su osmišljene tako da simuliraju spoljašnje okruženje: soba za pripremu sa drvenim elementima, prostorija za testiranje koja nema drvenih elemenata i tri sobe sa drvenim elementima u različitim kontrastima. Parametri koji su praćeni su: temperatura i otpor kože, krvni pritisak, elektrokardiogram i zasićenje oksihemoglobina. Rezultati istraživanja su pokazali da sobe unutar kojih su prisutni drveni elementi kreiraju bolje fiziološke parametre, odnosno, ispitanici unutar istih

osećaju manju napetost i manji stres. Unutar soba sa drvenim elementima je srednja vrednost sistolnog krvnog pritiska ispitanika značajno niža, a vrednosti oksihemoglobina nešto veće. Sličan trend je zapažen kada su u pitanju varijabilnosti srčane frekvencije, one su niže u prostorijama sa prisustvom drvenim elemenata (Zhang et al., 2017).

Jedna novija studija, iz 2019. godine, bavila se proučavanjem fizioloških reakcija 40 odraslih dobrovoljaca na prisustvo drvenih elemenata u bolničkoj čekaonici pre ulaska, tokom i nakon boravka u istoj. Čekaonica je dizajnirana tako da je plafon napravljen od obloga od masivnog borovog drveta, zidni paneli su, takođe, od drveta, stolice su napravljene od ariša i promenjeno je osvetljenje. Praćeni fiziološki parametri su: broj i varijabilnost otkucaja srca, aktivnost disanja, koncentracija kortizola pre i posle boravka u čekaonici, a kod nekih ispitanika je merena i moždana aktivnost. Utvrđeno je da ovako dizajnirana čekaonica, u odnosu na prethodnu bez drvenih elemenata, deluje na navedene fiziološke parametre tako što smanjuje varijabilnost i umereno povećava broj otkucaja srca i frekvencu respiracije; koncentracija kortizola ima skromno smanjenje, ali nisu pronađene značajne razlike; moždana aktivnost je smanjena. Snimci moždane aktivnosti, takođe, su pokazali da se EEG ( $\alpha$ ) i SMR talasi smanjili, a EEG ( $\beta$ ) talasi povećali, što ukazuje na povećanje moždane aktivnosti nakon početnog opuštanja u novoj čekaonici (Kotradiova et al., 2019).

Efekat preuređenja bolničke sobe drvenim elementima na fiziološke parametre 7 muških ispitanika je istraživanje rađeno sa ciljem ispitivanja nivoa stresa. U istraživanju su korišćene dve stvarne bolničke sobe, pri čemu je jedna preuređena drvenim oblogama, a druga je konvencionalna bolnička soba, sa belim zidovima i plafonskim pločama. Ispitanici su ostavljeni u sobama tokom 26h, a fiziološki parametri: krvni pritisak, broj otkucaja srca, usklađenost arterijskih krvnih sudova, koncentracija kortizola, antidiuretskog hormona, oksitocina u plazmi, adrenalina, noradrenalina i dopamina su praćeni tokom i nakon boravka u sobama. Najznačajnije razlike među fiziološkim parametrima su utvrđene u nivou kortizola, čije su vrednosti znatno smanjene nakon boravka kod ispitanika u preuređenoj bolničkoj sobi, što ukazuje na sposobnost drvenih materijala da stvore manje stresno okruženje.

### **3.6.3 Taktilna stimulacija**

Vrlo je malo istraživanja na temu fizioloških efekata ljudi taktilnom stimulacijom drvetom ili drvenim materijalima.

Istraživanje iz 1998. godine se bavilo proučavanjem fizioloških parametara 19 ženskih ispitanika posle dodirivanja različitih površina u trajanju od 60 sec: japanski čempres sa rezanom površinom, japanski kedar, svila, teksas i nerđajuća čelična ploča. Ispitanicima je meren puls i sistolni krvni pritisak, a studija je pokazala da kontakt sa drvenim površinama i sa svilom izaziva male varijacije pulsa i sistolnog krvnog pritiska.

Slično ispitivanje efekta taktilnih senzacije na fiziološke reakcije je urađeno kasnije, 2008. godine. Naime, ispitivana je komparacija efekata po kontaktu sa japanskim čempresom i japanskim kedrom, plastikom i aluminijumom na krvni pritisak kao fiziološke parametre. Otkriveno je da za razliku od ostalih upoređivanih materijala, kontakt sa drvetom ne izaziva povećanje sistolnog krvnog pritiska (Sakuragawa et al., 2008).

#### **3.6.4 Akustična stimulacija**

Istraživanja efekata zvučne stimulacije povezane sa drvenih elementima enterijera je uključilo nekoliko eksperimenata koji su se bavili zvukovima udaraca o drveni pod kao element enterijera.

Jedno od ispitivanja se bavilo efektom zvukova na EEG i na sistolni i dijastolni krvni pritisak ispitanika. U ovaj eksperiment je bilo uključeno 14 muškaraca prosečne starosti oko 26 godina, a merenja su sprovedena u sobi dvospratne drvene kuće u japanskom stilu gde su ispitanici sedeli u centru prostorije u prizemlju i svaki od njih je bio izložen u trajanju od 5 minuta svetlosnim udarima generisanim na spratu pomoću mašine. Pokazano je da povećanje nivoa zvuka uzrokuje smanjenje učestalosti EEG talasa i smanjenje sistolnog krvnog pritiska (Sueyoshi, 2004).

Podaci o merenjima fizioloških parametara vezanih za terapiju drvenim materijalima su pokazali pozitivne efekte, pa se u tom kontekstu u budućnosti, preventivni medicinski efekti stimulacijom iz drvenih materijala, poput smanjenja stresa i poboljšanja imunološke funkcije, mogu potencijalno objasniti, ali i dokazati objektivnim podacima poput niza dobijenih fizioloških pokazatelja.

## 4 Zaključak

Drvo je najstariji i najsvestraniji građevinski materijal, ali je sve veća uloga i primena drveta i drvenih elemenata u enterijeru sa ciljem bolje budućnosti zdravlja i blagostanja ljudi.

Drvo je izuzetno dobar materijal izbora za enterijere zbog jasnih i objektivnih prednosti po zdravlje ljudi. Primena drvenih elemenata u enterijeru ima niz fizioloških i psihičkih pozitivnih efekata. Drvo izaziva osećanja udobnosti i topline, utiče na smanjenje stresa, broja otkucaja srca i smanjenje krvnog pritiska, utiče na povećanje socijalnih interakcija, ali i na poboljšanje korporativnog imidža.

Sve navedene prednosti su od izuzetne važnosti za ona okruženja u koje je teško uključiti prirodu. To se naročito misli na bolnice i zdravstvene ustanove iz razloga strogih bezbednosnih smernica koje ne dozvoljavaju prisustvo drveta, ili kancelarijskog okruženja gde pogled kroz prozor nudi samo susedne betonske zgrade ili puteve.

Upotreba drveta u izgradnji i dizajnu enterijera ima dugu tradiciju u pojedinim zemljama, a dobijeni pozitivni rezultati mnoštva studija o efektima drvenih elemenata enterijera na zdravlje ljudi su potencijalni uvod u širu primenu drvenih materijala u izgradnji enterijera.

## 5 Literatura

Alapieti T, Mikkola R, Pasanen P, Salonen H (2020). The influence of wooden interior materials on indoor environment: a review. *European Journal of Wood and Wood Products* 78:617–634

Asdrubali F, Ferracuti B, Lombardi L, Guattari C, Evangelisti L, Grazieschi G (2017) A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications. *Build Environ* 114:307–322

Berger G, Katz H, Petutschnigg A (2006) What consumers feel and prefer: haptic perception of various wood flooring surfaces. *For Prod J* 56(10):42–47

Burnard M, Nyrud A, Bysheim K, Kutnar A, Vahtikari K, Hughes M (2017) Building material naturalness: perceptions from Finland, Norway and Slovenia. *Indoor Built Environ* 26(1):92–107

Dayawansa S, Umeno K, Takakura H, Hori E, Tabuchi E, Nagashima Y, Oosu H, Yada Y, Suzuki T, Ono T, Nishijo H (2003) Autonomic responses during inhalation of natural fragrance. *Auton Neurosci Basic Clin* 108:79–86

Fell D (2010) Wood in the human environment: restorative properties of wood in the built indoor environment [Dissertation]. University of British Columbia, Vancouver

Gibson LT, Watt CM (2010) Acetic and formic acids emitted from wood samples and their effect on selected materials in museum environments. *Corros Sci* 52:173–178

Gminski R, Tang T, Mersch-Sundermann V (2010) Cytotoxicity and genotoxicity in human lung epithelial A549 cells caused by airborne volatile organic compounds emitted from pine wood and oriented strand boards. *Toxicol Lett* 196:33–41

Granström K (2005). Emissions of volatile organic compounds from wood [Dissertation]. Karlstad University, Karlstad

Hameury S, Lundström T (2004) Contribution of indoor exposed massive wood to a good indoor climate: in situ measurement campaign. *Energy Build* 36:281–292

Higgins, S., Hall, E., Wall, K., Woolner, P. & McCaughy, C. (2005). The Impact of School Environments: A Literature review. The Centre for Learning and Teaching –

School Education, Communication and Language Science. University of Newcastle  
Ikei H, Song C, Miyazaki Y (2016) Effects of olfactory stimulation by a-pinene on  
autonomic nervous activity. *J Wood Sci* 62:568–572

Jimenez P., Dunkl A., Eibel K., Denk E., Grote, V., Kelz, K., Moser, M. (2016) Wood or  
Laminate? - Psychological Research of Customer Expectations. *Forests*. 7(11): 1-11

Joye Y (2007). Architectural lessons from environmental psychology: the case of  
biophilic architecture. *Rev Gen Psychol* 11(4):305–328

Kang C, Kim G, Park H, Lee N, Kang W, Matsumura J (2010) Changes in permeability  
and sound absorption capability of yellow poplar wood by steam explosion treatment.  
*J Fac Agric Kyushu Univ* 55(2):327–332

Kasanen J, Pasanen A, Pasanen P, Liesivuori J, Kosma V, Alarie Y (1999) Evaluation  
of sensory irritation of 3-carene and turpentine, and acceptable levels of monoterpenes  
in occupational and indoor environment. *J Toxicol Environ Health* 56(Part A):89–114

Kellert, S.R. and Wilson, E.O. (2008) *The Biophilia Hypothesis*. Island Press,  
Washington DC, Health, Vol.9 No.4.

Kelz C, Grote V, Moser M. Interior wood use in classrooms reduces pupils' stress levels  
1 Institute of Physiology, Medical University of Graz, Austria 2 HUMAN RESEARCH,  
Institute for Health Technology and Prevention Research, Weiz, Austria

Kelz, C., Grote, V., Moser, M. (2011) Interior wood use in classrooms reduces pupils'  
stress levels. Conference: 9th Biennial Conference on Environmental Psychology.  
September 2011, Eindhoven, Netherlands

Kirkeskov V, Witterseh T, Funch L, Kristiansen E, Molhave L, Hansen M, Knudsen B  
(2009) Health evaluation of volatile organic compound (VOC) emission from exotic  
wood products. *Indoor Air* 19(2):45–57

Küller, R. 1972. A semantic model for describing perceived environments. National  
Swedish Institute for Building Research, Stockholm, Sweden.

Li Q, Matsushima H, Miyazaki Y, Krensky A, Kawada T, Morimoto K (2006)  
Phytoncides (wood essential oils) induce human natural killer cell activity.  
*Immunopharmacol Immunotoxicol* 28:319–333

Li Y, Fazio P, Rao J (2012) An investigation of moisture buffering performance of wood paneling at room level and its buffering effect on a test room. *Build Environ* 47:205–216

Lindberg S, Roos A, Kihlstedt A, Lindström M (2013) A product semantic study of the influence of the sense of touch on the evaluation of wood based materials. *Mater Des* 52:300–307

Martins C, Santos P, Almeida P, Godinho L, Dias A (2015) Acoustic performance of timber and timber-concrete floors. *Constr Build Mater* 101:684–691

Matsubara E, Kawai S (2014) VOCs emitted from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) interior walls induce physiological relaxation. *Build Environ* 72:125–130

Milling A, Kehr R, Wulf A, Smalla K (2005a) The use of wood in practice—a hygienic risk? *Holz Roh Werkst* 63:463–472

Nore K, Nyrud A, Kraniotis D, Skulberg K, Englund F, Aurlien T (2017) Moisture buffering, energy potential, and volatile organic compound emissions of wood exposed to indoor environments. *Sci Technol Build Environ* 23(3):512–521

Nyrud A, Bringslimark T (2010) Is interior wood

Nyrud A, Bringslimark T (2010) Is interior wood use psychologically beneficial? A review of psychological responses toward wood. *Wood Fiber Sci* 42(2):202–218

Nyrud A, Bysheim K, Bringslimark T, 2010. Health Benefits from Wood Interior in a Hospital Room . Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee Geneva, Switzerland

Nyrud, A.Q., Bysheim, K., Bringslimark, T. (2010) Health Benefits from Wood Interior in a Hospital Room. Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee. October 11-14, 2010, Geneva, Switzerland

Osanyintola O, Simonson C (2006) Moisture buffering capacity of hygroscopic building materials: experimental facilities and energy impact. *Energy Build* 38:1270–1282

Planet Ark, Wood Housing Helath (2012).

Pohleven J, Burnar M, Kutnar A (2019) Volatile organic compounds emitted from untreated and thermally modified wood—a review. *Wood Fiber Sci* 51(4):1–24

Rice J, Kozak R, Meitner M, Cohen D (2006) Appearance wood products and psychological well-being. *Wood Fiber Sci* 38(4):644–659

Risholm-Sundman M, Lundgren M, Vestin E, Herder P (1998) Emissions of acetic acid and other volatile organic compounds from different species of solid wood. *Holz Roh Werkst* 56:125–129

Risholm-Sundman M, Lundgren M, Vestin E, Herder P (1998) Emissions of acetic acid and other volatile organic compounds from different species of solid wood. *Holz Roh Werkst* 56:125–129

Roffael E (2006) Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based panels. *Holz Roh Werkst* 64:144–149

Sakuragawa S, Kaneko T, Miyazaki Y (2008) Effects of contact with wood on blood pressure and subjective evaluation. *J Wood Sci* 54:107–113

Sakuragawa, S., Miyazaki, Y., Kaneko, T., Makita, T. (2005) Influence of wood wall panels on physiological and psychological responses. *Journal of Wood Science*, 51: 136-140

Salonen H, Salthammer T, Morawska L (2018). Human exposure to ozone in school and office indoor environments. *Environ Int* 119:503–514

Schönwalder A, Kehr R, Wulf A, Smalla K (2002) Wooden boards affecting the survival of bacteria? *Holz Roh Werkst* 60:249–257

Seaman VY, Bennett DH, Cahill TM (2007) Origin, occurrence, and source emission rate of acrolein in residential indoor air. *Environ Sci Technol* 41:6940–6946

Simonson C, Salonvaara M, Ojanen T (2002) The effects of structures on indoor humidity—possibility to improve comfort and perceived air quality. *Indoor Air* 12:243–251

Steckel V, Welling J, Ohlmeyer M (2011) Product emissions of volatile organic compounds from convection dried Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) timber. *Int Wood Prod J* 2(2):75–80

Sueyoshi S (2004) Evaluation of floor impact sound insulation performance in wooden buildings (in Japanese). *Mokuzai Gakkaishi* 50:285–293

Tsunetsugu Y, Miyazaki Y, Sato H (2007) Physiological effects in humans induced by visual stimulation of room interior with different wood quantities. *J Wood Sci* 53:11–16

Välimaa A, Honkalampi-Hämäläinen U, Pietarinen S, Willför S, Holmbom B, von Wright A (2007) Antimicrobial and cytotoxic knotwood extracts and related pure compounds and their effects on food-associated microorganisms. *Int J Food Microbiol* 115:235–243

Wilkins C, Wolkof P, Clausen P, Hammer M, Nielsen G (2003) Upper airway irritation of terpene/ozone oxidation products (TOPS). Dependence on reaction time, relative humidity and initial ozone concentration. *Toxicol Lett* 143:109–114

Wolkoff P (2013) Indoor air pollutants in office environments: assessment of comfort, health, and performance. *Int J Hyg Environ Health* 216:371–394