

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Germovnik, N., 2015. Zagotavljanje požarne varnosti v večetažnih stanovanjsko - poslovnih lesenih objektih. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Hozjan, T.): 115 str.

Datum arhiviranja: 23-07-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Germovnik, N., 2015. Zagotavljanje požarne varnosti v večetažnih stanovanjsko - poslovnih lesenih objektih. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Hozjan, T.): 115 p.

Archiving Date: 23-07-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
GRADBENIŠTVO
GRADBENE KONSTRUKCIJE**

Kandidatka:

NEŽA GERMOVNIK

**ZAGOTAVLJANJE POŽARNE VARNOSTI V
VEČETAŽNIH STANOVANJSKO - POSLOVNIH
LESENIH OBJEKTIH**

Magistrsko delo št.: 6/II.GR

**FIRE SAFETY IN MULTI-STOREY RESIDENTIAL-
COMMERCIAL TIMBER BUILDINGS**

Graduation – Master Thesis No.: 6/II.GR

Mentor:
doc. dr. Tomaž Hozjan

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 24. 06. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana Neža Germovnik izjavljam, da sem avtorica magistrskega dela z naslovom »Zagotavljanje požarne varnosti v večetažnih stanovanjsko-poslovnih lesenih objektih«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 9. 6. 2015

Neža Germovnik

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 624.011.1:614.841.45(043.2)
Avtor: Neža Germovnik, dipl. inž. gradb. (UN)
Mentor: doc. dr. Tomaž Hozjan
Naslov: Zagotavljanje požarne varnosti v večetažnih stanovanjsko-poslovnih lesenih objektih
Tip dokumenta: magistrsko delo
Obseg in oprema: 115 str., 42 pregl., 82 sl., 2 pril.
Ključne besede: leseni objekti, požarna varnost, stanovanjska stavba, poslovna stavba, tehnična smernica

Izvleček

Magistrsko delo obravnava požarno varnost v večetažnih lesenih objektih. Prednostno so obravnavane večetažne stanovanjske in poslovne stavbe. Obširneje je predstavljena slovenska zakonodaja na področju požarne varnosti, grafično pa tudi ključni zakoni in pravilniki, katere je potrebno upoštevati pri izdelavi zasnove ali študije požarne varnosti. Posebno poglavje obravnava slovensko, nemško in angleško tehnično smernico požarne varnosti v stavbah z leseno nosilno konstrukcijo, ter primerjalno tabelo. Razlike med obravnavanimi smernicami se pojavijo predvsem v dovoljenih mejah višine gradnje lesenih objektov z zagotovljeno požarno zaščito ali brez nje, požarni odpornosti nosilne konstrukcije ter dovoljenih razredih odziva na ogenj za obloge v notranjosti konstrukcije. V skladu s slovensko (TSG-1-001:2010: Požarna varnost v stavbah) in angleško (The BS 9999 Handbook: Effective fire safety in the design, management and use of buildings) zakonodajo je v tekstualni in grafični obliki izdelana ocena požarne varnosti poslovne lesene stavbe v Komendi, ki trenutno v Sloveniji predstavlja najvišji objekt iz lesene nosilne konstrukcije. Ta ocena je izdelana na podlagi ključnih kriterijev, ki smo jih predstavili tekom magistrskega dela, ti so: širjenje požara na sosednje objekte, širjenje požara po stavbi ter evakuacijske poti in sistemi za javljanje in alarmiranje.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.011.1:614.841.45(043.2)
Author: Neža Germovnik, B.Sc.
Supervisor: assist. prof. Tomaž Hozjan, Ph.D.
Title: Fire safety in multi-storey residential-commercial timber buildings
Document type: M. Sc. Thesis
Notes: 115 p., 42 t., 82 fig., 2 ann.
Key words: timber buildings, fire safety, residential buildings, commercial buildings, technical guideline

Abstract

Master thesis discusses fire safety in multi-storey timber buildings. Emphasis is on residential and commercial buildings. The Slovenian legislation in domain of fire safety is discussed in detail, while the key laws and policies from field of fire safety are only presented graphically. Exactly Slovenian, German and English technical guideline of fire safety in timber buildings and discussed in detail and their comparison is presented in form of table. The differences between the discussed guidelines appear mainly in the permissible limits of heights of timber structures with a guaranteed fire protection or without it, in the prescribed fire resistance of the bearing structures and in the allowed classes of reaction to fire for the interior linings of a structure. Assessment of fire safety of the commercial building in Komenda (Slovenian tallest timber building) is made in accordance with Slovene (TSG-1-001:2010: Fire safety in buildings) and English (The BS 9999 Handbook: Effective fire safety in the design, management and use of buildings) technical guideline. Assessment is made on the basis of key criteria, which were introduced during the thesis, those bein: the spread of fire to the neighbouring buildings, the spread of fire through the building and evacuation routes and system for reporting and alarm.

ZAHVALA

Iskreno bi se rada zahvalila svojemu mentorju doc. dr. Tomažu Hozjanu za ves čas, ki mi ga je tekom pisanja magistrskega dela posvetil, za njegovo podporo in pomoč. Nesebično je posredoval svoje znanje in napotke pri pisanju ter bil vedno na voljo za odgovore na moja vprašanja. Zahvala gre tudi podjetju CBD d.o.o. za vse posredovane načrte in informacije, dr. Mihi Humarju iz Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti ter Aleksandru Špecu, univ. dipl.ing. za jasne in utemeljene odgovore.

Najlepše bi se zahvalila tudi mojima staršema in sestri Teji, ki so me tekom študija podpirali in še dodatno spodbujali v času nastajanja magistrskega dela ter fantu Maticu, ki mi je stal ob strani in verjel vame.

Na koncu pa bi se zahvalila vsem prijateljem in sošolcem, ki so poskrbeli za nepozabna študijska leta.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA.....	I
IZJAVE.....	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO VSEBINE.....	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO SLIK.....	XI
1 UVOD.....	1
2 LESENA GRADNJA.....	3
2.1 Splošna dejstva o lesu.....	3
2.2 Trajnost lesenih konstrukcij.....	3
2.3 Nosilni sistemi lesenih konstrukcij.....	5
2.3.1 Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija.....	6
2.3.2 Predalčna nosilna konstrukcija.....	7
2.3.3 Stebrna nosilna konstrukcija.....	8
2.3.4 Panelna nosilna konstrukcija.....	9
2.3.5 Okvirna (skeletna) nosilna konstrukcija.....	9
2.3.6 Masivna nosilna konstrukcija.....	10
2.4 Večetažni leseni objekti.....	10
3 KONCEPT POŽARNE VARNOSTI V STANOVANJSKIH IN POSLOVNIH LESENIH OBJEKTIH.....	13
3.1 Pogoji in vzroki za nastanek požara.....	14
3.2 Časovni razvoj požara.....	17
3.3 Požarne lastnosti lesa.....	18
3.4 Stopnja gorljivosti lesa po SIST EN 13501-1.....	21
3.5 Požarna varnost v stavbah.....	23
3.6 Predpisi in orodja za zagotavljanje požarne varnosti.....	26

4	ZAKONODAJA S PODROČJA POŽARNE VARNOSTI V SLOVENIJI.....	27
4.1	Postopki projektiranja požarno varnih lesenih konstrukcij skladno s SIST EN 1995-1-2:2005.....	30
4.1.1	Metode dokazovanja požarne varnosti lesenih konstrukcij.....	31
4.1.1.1	Metoda z zmanjšanim prečnim prerezom.....	32
4.1.1.2	Metoda z zmanjšanimi materialnimi karakteristikami.....	34
4.1.1.3	Oglenenje lesa v skladu s SIST EN 1995-1-2	35
5	SLOVENSKI IN TUJI PREDPISI POŽARNE VARNOSTI.....	41
5.1	Slovenska tehnična smernica TSG	41
5.1.1	Širjenje požara na sosednje objekte	42
5.1.2	Širjenje požara po stavbah	43
5.1.2.1	Širjenje požara po zunanjih stenah	47
5.1.2.2	Širjenje požara po notranjosti stavbe	54
5.1.2.3	Aktivna požarna zaščita	59
	Sistemi za požarno javljanje in alarmiranje (AJP)	61
5.1.3	Evakuacijske poti.....	61
5.1.3.1	Zaščitena stopnišča	61
5.1.3.2	Visoke stavbe	62
5.2	Nemška tehnična smernica.....	63
5.2.1	Področje uporabe tehnične smernice.....	63
5.2.2	Širjenje požara na sosednje objekte	64
5.2.3	Širjenje požara po stavbah	65
5.2.3.1	Širjenje požara po zunanjih stenah	66
5.2.3.2	Širjenje požara po notranjih stenah.....	69
5.2.3.3	Aktivna požarna zaščita	72
5.2.4	Evakuacijske poti.....	73
5.2.4.2	Zaščitena stopnišča	75
5.3	Angleška tehnična smernica	75
5.3.1	Področje uporabe	76
5.3.2	Širjenje požara na sosednje objekte	77
5.3.3	Širjenje požara po stavbah	81

5.3.3.1	Širjenje požara po zunanjih stenah	81
5.3.3.2	Širjenje požara po notranjih stenah	84
5.3.3.3	Aktivna požarna zaščita	88
5.3.4	Evakuacijske poti	90
5.3.4.1	Zaščitena stopnišča	91
6	PRIMERJAVA SLOVENSKE, NEMŠKE IN ANGLEŠKE SMERNICE POŽARNE VARNOSTI STAVB	92
7	PRIMERJAVA LESENIH STAVB V EVROPI	98
7.1	Gradnja lesene stavbe na primeru Slovenije in Nemčije	98
7.1.1	Slovenija	98
7.1.2	Nemčija	99
7.1.3	Primerjalna tabela	100
7.2	Primeri zgrajenih večnadstropnij lesenih stavb po Evropi	102
7.2.1	Stadthaus, 24 Murray Grove, Anglija	102
7.2.2	Massiv Living, Gradec, Avstrija	102
7.2.3	Bad Aibling, Nemčija	103
7.2.4	Limnologen, Švedska	104
7.2.5	Steinhausen, Švica	105
7.2.6	Primerjalna tabela	105
7.3	Primeri lesenih objektov načrtovanih v prihodnje	106
8	DELOVNI PRIMER OBJEKTA ELTIMA	108
8.1	Zasnova požarne varnosti po TSG-1-001:2010	108
8.2	Zasnova požarne varnosti po BS9999	110
8.3	Primerjalna tabela ukrepov požarne varnosti po TSG-1-001:2010 in BS9999 za objekt Eltima	112
9	ZAKLJUČEK	114
VIRI	116

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Požarne lastnosti na primeru lesa-smreka (Wabl, 2012)	15
Preglednica 2: Glavne faze sprememb lesa, ki jih povzroči segrevanje (Humar, 2007)	16
Preglednica 3: Faze in vplivi požara (Kuzman, 2008).....	18
Preglednica 4: Tabelarični pregled procesa razgradnje lesa (Wabl, 2012)	20
Preglednica 5: Povzetek klasifikacije gradbenih materialov s primeri proizvoda.....	23
Preglednica 6: Požarno manj zahtevni in požarno zahtevni objekti	25
Preglednica 7: Koeficienti k_{fi}	33
Preglednica 8: Stopnje oglečenja β_0, β_n za različne tipe lesa	37
Preglednica 9: Obveznosti izdelave požarne študije	42
Preglednica 10: Potrebna požarna odpornost posamezne vrste stavbe ali dela stavbe, ki vsebuje leseno nosilno konstrukcijo	45
Preglednica 11: Zahteve glede požarne odpornosti posamezne vrste ali dela stavbe	46
Preglednica 12: Minimalne zahteve glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten po TSG... ..	48
Preglednica 13: Minimalne zahteve za klasifikacijo proizvodov za fasade glede odziva na ogenj za stavbe, ki ne spadajo med visoke stavbe, v odvisnosti od namembnosti in višine. Pri visokih stavbah velja zahteva po klasifikaciji A1 ali A2-s1,d0 (SZPV, 2012).....	51
Preglednica 14: Minimalni razred odziva oblog na ogenj po SIST EN 13501-1	54
Preglednica 15: Minimalni razred odziva oblog na ogenj v prostorih z veliko uporabnikov	54
Preglednica 16: Pregled evropske klasifikacije za K razrede v skladu z EN 13501-2	56
Preglednica 17: Razredi sposobnosti požarne zaščite za plošče na osnovi lesa in pokrivne plošče (The European commission, 2014)	56
Preglednica 18: Koeficienti metode projektiranja dovoljujejo zamenjavo tabeliranih podatkov, navedenih v EN 1995-1-2.	58
Preglednica 19: Velikosti požarnih sektorjev [m ²], glede na namembnost stavbe po TSG	60
Preglednica 20: Klasifikacija objektov	64
Preglednica 21: Minimalne razdalje v primeru kompleksnih prostorskih ločitev (VdS, 2012) ..	64
Preglednica 22: Klasifikacija gradbenih materialov glede na gorljivost	66
Preglednica 23: Zahteve za požarno odpornost po MBO, 2002	67
Preglednica 24: Požarna odpornost posameznih komponent konstrukcije po DIN EN 13501-2	70
Preglednica 25: Zahteve požarne zaščite po švicarskih predpisih (Wabl, 2012).....	73
Preglednica 26: Požarna odpornost zasilnih izhodov po VKF, 2015.....	74
Preglednica 27: Minimalne vrednosti požarne odpornosti (HM Government, 2007)	80

Preglednica 28: Minimalna požarna odpornost zunanjih delov stavbe (HM Government, 2007)	82
Preglednica 29: Profili tveganja (Green, 2010).....	82
Preglednica 30: Minimalna požarna odpornost posameznega profila tveganja (Green, 2010)	83
Preglednica 31: Minimalna požarna odpornost notranjih delov stavbe (HM Government, 2007)	85
Preglednica 32: Klasifikacija oblog (HM Government, 2007)	87
Preglednica 33: Omejitve protipožarne zaščite stropov (HM Government, 2007)	87
Preglednica 34: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (zunajni del objekta)	92
Preglednica 35: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (obloge zunanjih sten, fasade in druge zahteve) .	93
Preglednica 36: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (sistemi gašenja, evakuacijske poti, AJP).....	94
Preglednica 37: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (obloge stopnišč, sten in stropov, zaščitena stopnišča)	95
Preglednica 38: Maksimalna dovoljena višina gradnje lesenih konstrukcij (Gerard, 2013) ...	96
Preglednica 39: Primerjava izvedbe lesenega objekta Eltima in Holz8.....	101
Preglednica 40: Primerjalna preglednica evropskih lesenih objektov (Wabl, 2012)	106
Preglednica 41: Dovoljene razdalje evakuacijskih poti	111
Preglednica 42: Primerjalna tabela ukrepov požarne varnosti po TSG-1-001 in BS9999 za objekt Eltima	113

KAZALO SLIK

Slika 1: Les - naravni gradbeni material (Tratnik, 2012, Tavčar, 2012, www.hrovat.net)	3
Slika 2: Prednost lesa je njegova učinkovita uporaba (www.hrovat.net , Branch cladding, 2015, lasten vir)	3
Slika 3: Stolp na Jedvovci oz. Pyramidenkogel iz lesene konstrukcije na avstrijskem Koroškem (Kozamernik, 2014).....	4
Slika 4: Princip centrov za predelavo lesa (Pohleven, 2013)	5
Slika 5: Nosilni sistemi lesenih konstrukcij (a - kladna oz. brunasta konstrukcija, b - predalčna konstrukcija, c - stebrna konstrukcija, d - okvirna konstrukcija, e - panelna konstrukcija, f - masivna konstrukcija) (Lopatič, 2008).....	6
Slika 6: Primer hiše iz brun (Vir: ww.mojmojster.net).....	6
Slika 7: Križni uleg brun – levo, polkrožna rustikalna vogalna vez – desno (Sitar, 2012).....	7
Slika 8: Stavba s predalčno nosilno konstrukcijo – levo; polnilo iz lesa in kamnov - desno (Fachwerk 2, 2015)	7
Slika 10: Levo – »Balloon frame«; desno – »Platform frame« (Sitar, 2012).....	8
Slika 9: Primer stebrnega objekta (Vir: www.mojmojster.net)	8
Slika 11: Primer panelnega objekta (Vir: www.mojmojster.net)	9
Slika 12: Primer skeletnega objekta (Jahalnica Draga na Igu) (Vir: www.hoja.si)	9
Slika 14: Ena izmed najvišjih stavb z leseno nosilno konstrukcijo, Murray Grove Tower v Londonu.....	10
Slika 13: Primer masivnega objekta (Vir: www.lavocedeltrentino.it)	10
Slika 15: HoHo Wien.....	11
Slika 16: Sistemi lesene gradnje (Studio Odia, 2013).....	12
Slika 17: Sistemi za večetažne lesene objekte (Studio Odia, 2013)	12
Slika 18: Les ima visoko požarno odpornost, zato lahko ohrani svojo nosilno strukturo (Shou Sugi Ban, 2014)	14
Slika 19: Trikotnik gorenja.....	15
Slika 20: Energijski cikel gorenja (Wabl, 2012).....	16
Slika 21: Časovni razvoj naravnega požara v prostoru.....	17
Slika 22: V zadnjih dveh desetletjih so bili izvedeni številni raziskovalni projekti o obnašanju lesenih konstrukcij v požaru, namenjeni zagotavljanju osnovnih podatkov in informacij o varni uporabi lesa	19
Slika 23: Razvoj temperature po prečnem prerezu dveh OSB plošč (Wabl, 2012)	20
Slika 24: Ekspanzija požarnega premaza za les ob povišanju temperature (Pajek, 2015) ...	21

Slika 25: Vse možne klasifikacije gradbenih materialov po SIST EN 13501-1 (SZPV, 2012)	22
Slika 26: Shema požarne varnosti.....	24
Slika 27: Za zagotovitev požarne varnosti v objektu je potreben primeren inženirski pristop. Kanadski arhitekt Michael Green napoveduje, da bo v nekaj letih v Vancouvru postavil najvišjo leseno stavbo na svetu (Finance.si, 2014).	26
Slika 28: Seznam potrebnih zakonov in njim podrejenih predpisov, ki so potrebni za izdelavo študije požarne varnosti	29
Slika 29: Metodi za določitev odpornosti lesenega elementa pri požaru.....	32
Slika 30: Rezidualni ter efektivni prečni prerez v skladu s SIST EN 1995-1-2:2005.....	33
Slika 31: a) vrednost faktorja k_0 za zaščitene in nezaščitene elemente, $t_{ch} \leq 20$ min, b) za zaščitene elemente, $t_{ch} \geq 20$ min.....	34
Slika 32: Hitrost oglečenja β [mm/min] pri standardnem požaru $t=63$ min (Hozjan, 2014)....	35
Slika 33: Debelina oglene plasti $d_{char,0}$ za enodimenzijsko oglečenje ter nominalna debelina oglene plasti $d_{char,n}$	37
Slika 34: Debelina oglene plasti v odvisnosti od časa, $t_{ch} = t f$, debelina oglene plasti pri času t_a je najmanj 25 mm.....	38
Slika 35: Primer izračuna (i) - zgoraj, primer izračuna (ii) – spodaj.....	39
Slika 36: Primer izračuna (iii)	39
Slika 37: Ravni tehnične smernice TSG	41
Slika 38: Relevantna meja stavbe (Kušar, 2011).....	43
Slika 39: Prenos požara preko zunanjih sten in strehe (TSG)	47
Slika 40: Področja in plasti zunanje strukture zidu (Östman, 2010)	49
Slika 41: Ustreznost fasade glede na širjenje požara po fasadi (SZPV, 2012)	52
Slika 42: Ustreznost fasade glede na širjenje požara po fasadi (nadaljevanje).....	52
Slika 43: Osnovna načela požarne zapore v fasadi: a) protipožarna zaščita, b) prezračevalni kanali za opazem z negorljivo požarno zaporo (profil), c) prezračevalni kanali za opazem z gorljivo požarno zaporo (minimalni prehod med profiloma), d) prezračevalni kanal, e) brez prezračevalnega kanala (oviran prehod), f) samostojno razširljivi material (Östman, 2010)	53
Slika 44: Primer zaščite, ki določen čas preprečuje vertikalni prenos požara po leseni fasadi (SZPV, 2012).....	54
Slika 45: Prerez stene	57
Slika 46: Temperature požarnih sprinklerjev glede tip (barvo) (Fire Sprinkler Bulb Temperature).....	59
Slika 47: Ravni nemške tehnične smernice	63

Slika 48: Minimalni odmiki med stavbami po MBO (Glavnik, 2011)	65
Slika 49: Odmik med stavbami (IZS, 2010)	65
Slika 50: Lesena fasada (Hamburg, Walderhaus) (iBMB MPA, 2013) ter detajl izvedbe (Flumroc)	68
Slika 51: Detajl obloge elementov fasade z mavčno-vlaknenimi ploščami (Flumroc)	68
Slika 52: Požarne stene	69
Slika 53: Priključek nenosilne stene na strop z neprekinjeno požarno zaščitno oblogo (IZS MST 10/2014)	71
Slika 54: Sestava lesene stene (Kruse&Partner, 2015)	71
Slika 55: Načini oblog (iBMB MPA, 2013)	72
Slika 56: Evakuacijska pot (IZS, 2010)	74
Slika 57: Zaščiteno stopnišče (IZS, 2010)	75
Slika 58: Ravni angleških priročnikov in standardov	75
Slika 59: Klasifikacija objektov po višini - Anglija in Wales (Wallasch, 2009)	77
Slika 60: Zunanja izpostavljenost ognja iz sosednje stavbe na zunanjo steno (FPA, 1999) .	77
Slika 61: Meje med stavbami	78
Slika 62: Nezaščitena področja (Green, 2010)	78
Slika 63: Dovoljeni deleži nezaščitene površine v majhnih stanovanjskih stavbah (HM Government, 2007)	79
Slika 64: Delež nezaščitene površine v stavbah, različnih namembnosti (HM Government, 2007)	79
Slika 65: Zahteve za zunanje površine sten (HM Government, 2007)	84
Slika 66: 60-minutna požarna odpornost lesenih tal, z mavčno-kartonasto oblogo na stropu	86
Slika 67: Tipičen žebeljan lesen prekat z 90-minutno požarno odpornostjo	87
Slika 68: Grafikon odločitve o protipožarni zaščiti (Green, 2010)	88
Slika 69: Prikaz možnih scenarijev z/brez sprinklerskega sistema v pisarnah (Green, 2010)	89
Slika 70: Povzetek priporočil zagotavljanja protipožarne zaščite glede na višino in površino stavbe (Green, 2010)	90
Slika 71: Prostor z zaščitenim preddverjem in hodnikom (HM Government, 2007)	91
Slika 72: Zunanja zaščita zaščitene stopnice (HM Government, 2007)	91
Slika 73: Omejitve višin lesenih objektov (Chui, 2015)	96
Slika 74: Do danes najvišja lesena stavba v Sloveniji, poslovna stavba Eltima (Vir: arhiv CBD d.o.o.)	99

Slika 75: Osemnadstropna večstanovanjska in poslovna lesena stavba na Bavarskem, Holz8 (Binderholz, 2015).....	100
Slika 76: Stadthaus, London z detajlom zunanje stene (Wabl, 2012)	102
Slika 77: Massiv Living, Avstrija z detajlom sestave (Wabl, 2012)	103
Slika 78: Bad Aibling, Nemčija in detajl zunanje stene (nosilne in nenosilne) (Wabl, 2012)	104
Slika 79: Limnologen, Švedska in detajl zunanje nosilne stene (Wabl, 2012).....	104
Slika 80: Steinhausen, Švica in detajl notranje in zunanje stene (Wabl, 2012)	105
Slika 81: HoHo Wien (Kerbler Gruppe, 2015).....	106
Slika 82: Notranjost načrtovane najvišje stolpnice v Evropi (Kerbler Gruppe, 2015).....	107

1 UVOD

Ni presenetljivo, da les proti koncu 20. stoletja odkrivamo na novo. V preteklih stoletjih je bil, zlasti v srednji Evropi, pregan kot gradbeni material. Po eni strani upravičeno: vsa velika evropska mesta so nekdanj trpela katastrofalne požare in masivna, zidana hiša z negorljivo kritino je postala pravilo, če ne že zakon. Razlika med »naprednim« meščanstvom in »zaostalim« podeželjem je postala vidna tudi ob primerjavi zidane meščanske hiše in lesene, slabo vzdrževane kmetije. V kriznih časih je lesena zgradba dobila skrajno slabšalno oznako »barake« (Kuzman, 2008).

Kljub temu, da je v zadnjem času lesena gradnja nekoliko v porastu, je delež njene gradnje v Sloveniji še vedno relativno nizek. V letu 2006 je bilo med novogradnjami zgolj 6% lesenih montažnih hiš (Kuzman, 2007). Ta odstotek bi bilo potrebno dvigniti že zaradi ogromne količine domače lesne surovine in s tem možnosti za razvoj lesno predelovalne industrije na slovenskem območju.

Požarna varnost predstavlja pomemben prispevek k občutku varnosti ter merilo za izbiro materialov za gradnjo. Skladno z Zakonom o graditvi objektov (Zakon o graditvi objektov, 2004) je cilj zagotavljanja požarne varnosti zagotoviti varovanje ljudi, premoženja in okolja pred požarom. V primeru, da požarna varnost ni zagotovljena na predpisani način, ta lahko povzroči veliko materialno škodo oziroma v skrajnih primerih tudi izgubo človeških življenj. Ustrezna izvedba požarne varnosti pa je še toliko bolj pomembna v večetažnih lesenih objektih, kjer je število uporabnikov večje, uporaba lesenega materiala pa za marsikoga požarno nesprejemljiva. Kljub temu, da je les kot gradbeni material vse bolj prisoten v gradnji večetažnih objektov, pa je večina evropskih držav še vedno »previdna« pri omejitvi števila etaž. Skladno s Pravilnikom o požarni varnosti v stavbah (PPVS) (Pravilnik o požarni varnosti v stavbah, 2013) ustrezen nivo požarne varnosti dosežemo tako, da:

- predvidimo ustrezne ukrepe, ki preprečijo širjenje požara na sosednje objekte,
- zagotovimo ustrezen nivo nosilnosti konstrukcije med požarom in v določeni meri preprečimo širjenje požara po stavbi,
- predvidimo ustrezne evakuacijske poti ter morebiten sistem za javljanje in alarmiranje,
- predvidimo ustrezne naprave za gašenje ter gasilcem omogočimo varen dostop in reševanje med požarom,

vsi ti ukrepi pa morajo biti opredeljeni v študiji ali zasnovi požarne varnosti v stavbi.

Veljavni gradbeni predpisi požarne varnosti v Sloveniji ob ustreznem znanju odgovornih projektantov omogočajo načrtovanje in gradnjo požarno varnih lesenih stavb. Za doseganje ustreznega znanja so potrebne bogate in dolgotrajne izkušnje. Teh pa mladi, ki vstopajo v svet projektiranja lesenih konstrukcij nimajo. Projektanti gradbenih konstrukcij morajo biti kos novim izzivom, zato je inovativnost in iskanje rešitev potrebna tudi pri zagotavljanju požarne varnosti. Ker pa si Evropska unija prizadeva odpravo vseh tehničnih ovir pri trgovanju, so se oblikovali standardi imenovani Evrokodi, ki predstavljajo priporočila in smernice pri načrtovanju inženirskih objektov. Eden glavnih ciljev je zagotoviti skupna merila in metode za izračun potrebnih zahtev za mehansko odpornost konstrukcije, njeno stabilnost in požarno odpornost. Te standarde je leta 2005 uvedla tudi Slovenija, vendar je ta v primerjavi z drugimi evropskimi državami na področju požarne varnosti še nekoliko ohromljen.

Namen magistrskega dela je predvsem prikazati kriterije, omejitve in možnosti gradnje večetažnih objektov iz lesene nosilne konstrukcije, hkrati pa spodbuditi k gradnji iz obnovljivega in okolju prijaznega gradbenega materiala. Delo prikazuje razlikovanja slovenskih predpisov požarne varnosti z nemškimi in angleškimi, ter tudi razlike v do danes dovoljenih mejah gradnje lesenih objektov z zagotovljeno protipožarno zaščito ali brez nje. V zadnjem delu je prikazana primerjava med do sedaj najvišjo slovensko poslovno stavbo v Komendi ter večstanovanjsko in poslovno leseno stavbo v Nemčiji. Namen tega poglavja je prikazati bistvene razlike v gradnji in koncept zagotavljanja požarne varnosti v Sloveniji in Nemčiji. V prilogi je predstavljen načrt požarne varnosti poslovnega objekta v Komendi v skladu s slovensko tehnično smernico TSG-1-001:2010: Požarna varnost v stavbah in angleško smernico zagotavljanja požarne varnosti The BS 9999 Handbook: Effective fire safety in the design, management and use of buildings. Delo obsega poleg uvoda in zaključka še 7 poglavij, od tega poglavji 5 in 6, ki predstavljata osrednji del magistrskega dela.

2 LESENA GRADNJA

2.1 Splošna dejstva o lesu

V preteklosti je bil les zaradi izobilja zelo priljubljen gradbeni material. Njegove prednosti pred drugimi gradbenimi materiali so predvsem visoka togost in majhna teža v primerjavi z nosilnostjo ter preprostost uporabe v kombinaciji z drugimi materiali. V današnjih časih so leseni proizvodi doživeli preporod, saj z manj onesnaževanja okolja, nižjo porabo energije pri proizvodnji in možnostjo recikliranja odpadka silijo v ospredje med gradbenimi materiali, tako pri izdelavi pohištva kot pri gradnji. Sodobni standardi gospodarjenja z gozdovi zagotavljajo potencial za neprekinjeno in trajnostno oskrbo (slika 1). Zato ni presenetljivo, da les postaja pomemben element trajnostnega in gospodarskega razvoja, in je v zadnjih letih pritegnil svetovno pozornost (Östman, 2010).



Slika 1: Les - naravni gradbeni material (Tratnik, 2012, Tavčar, 2012, www.hrovat.net)

Novi konstrukcijski pristopi in način projektiranja so pripomogli, da so objekti narejeni iz lesene konstrukcije učinkovit način gradnje, ki ponuja dobro kakovost po dostopnih cenah. Takšni objekti omogočajo zdravo bivalno okolje, prijetno počutje, varčnost bivanja ter visoko stopnjo samozadostnosti. Ključne prednosti gradnje z leseno nosilno konstrukcijo v primerjavi s klasično gradnjo so hitrost gradnje, ugodne (boljše) gradbeno-fizikalne lastnosti, ekološka neoporečnost vgrajenih materialov (slika 2), bistveno manjša poraba energije že pri pripravi materialov za vgradnjo, večja uporabna površina pri enakih zunanjih gabaritih, zadovoljiva potresna odpornost, ustrezna požarna varnost in navsezadnje visoka kvaliteta slovenskih proizvajalcev lesenih konstrukcij.



Slika 2: Prednost lesa je njegova učinkovita uporaba (www.hrovat.net, Branch cladding, 2015, lasten vir)

2.2 Trajnost lesenih konstrukcij

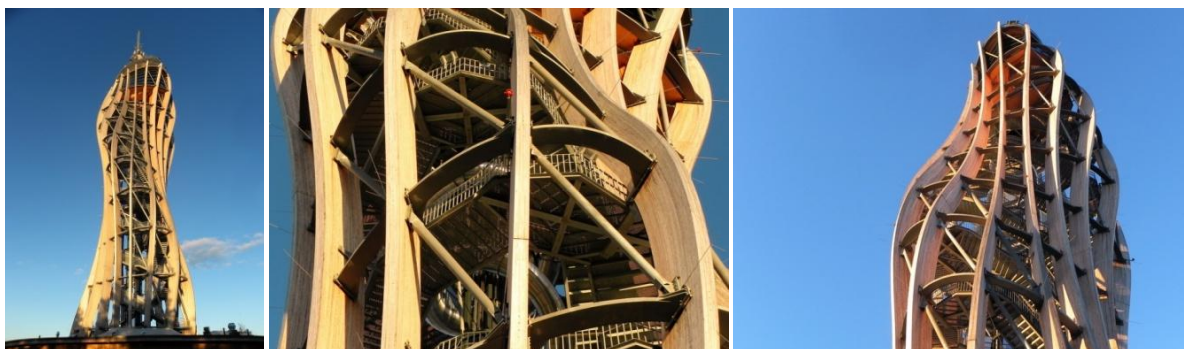
Spoštovanje in ekonomična raba gozdov je pomemben člen proizvodne verige lesa, ki zajema tako pravilno in pravočasno sečnjo lesa, kot njegovo ustrezno obdelavo ter rabo. Pomembno je spodbujanje in ozaveščanje ljudi o lesni problematiki na trgu, hkrati pa vzeti za zgled tiste države (npr. Avstrija, Nemčija), ki so na tem področju naredile odločilen korak naprej. To je vezano tako na lesno-predelovalne obrate, obdelavo lesa kot tudi na njegovo

trajnostno rabo. S takšnimi pristopi do lesne surovine bomo lahko omogočili trajnost tovrstnih konstrukcij.

Lesni sektor je eden glavnih udeležencev evropske socialne, ekonomske in okoljske strategije. V Evropi je približno 16 milijonov zasebnih lastnikov gozdov, ki imajo v lasti preko 60% vseh gozdnih površin. V številnih regijah lesni obrati predstavljajo glavni vir preživetja. Pokazalo se je, da večja uporaba lesa pomaga pri spodbujanju in izvajanju trajnostnih dejavnosti v gradbeništvu, s tem pa družbi pomaga pri zmanjševanju podnebnih sprememb (Östman, 2010). Priznavanje pomena lesa, naravno obnovljivega gradbenega materiala, je ključnega pomena za spopadanje z izzivi podnebnih sprememb in zagotavljanju trajnostne prihodnosti.

Tudi v slovenskem prostoru bi bilo potrebno spodbuditi ljudi k ekonomični izrabi gozdov in s tem lesnih obratov. Teh pri nas kronično primanjkuje; še več, nekateri lesni obrati se kljub naravnim katastrofam v gozdovih (spomnimo se žledoloma februarja leta 2014) zapirajo. Za zelo dobrega »sosedo« lahko vzamemo sosednjo Avstrijo (slika 3), ki je že nekaj let nazaj spremenila strategijo poslovanja z lesom tako, da vsak udeleženec pri proizvodnji, predelavi, obdelavi ter na koncu nakupu izdelka iz lesa, investira del plačila za nadgrajevanje, raziskovanje in analize na tem področju.

»Prav naše lesno bogastvo predstavlja neizmerno priložnost za preusmeritev zastarelega gospodarstva na energetske varčno in okolju prijazno (zeleno) industrijo, z najmanjšim možnim vplivom na okolje oz. najnižjo možno emisijo toplogrednih plinov. Lesna industrija je energetske samooskrbna in zato primerna za našo državo, ki ima malo lastnih virov energije. Zato bi morali les opredeliti kot nacionalno strateško surovino ter iz njega proizvajati izdelke z najvišjo dodano vrednostjo« (Umanotera, 2014).



Slika 3: Stolp na Jedovnci oz. Pyramidenkogel iz lesene konstrukcije na avstrijskem Koroškem (Kozamernik, 2014)

Po podatkih, je bil leta 2010 delež lesene gradnje v Sloveniji 4,4 % v primerjavi s Skandinavijo in Japonsko, kjer je 45%, in Severno Ameriko, kjer je 90%. Pri tem Slovenija s 63% deležem poraščenosti ozemlja z gozdom ne zaostaja veliko za Skandinavijo (Finska 75%, Švedska 68%) in pred Avstrijo (47%); ta ima po podatkih iz leta 2009 na področju lesene gradnje skoraj 2000 podjetij, ki zaposlujejo več kot 77000 delavcev. Zato bi bilo tudi v Sloveniji smiselno pospešiti predelavo lesa v končne izdelke (objekte) ter stimulirati gradnjo lesenih objektov. Les iz naših gozdov bi bilo mogoče učinkovito izrabljati z ustanovitvijo t.i. centrov za predelavo lesa (slika 4) (Pohleven, 2013). Tako bi pospešili razvoj posameznih regij in s tem decentralizacijo slovenskega gospodarstva, omogočili samooskrbo z energijo in

razvoj podeželja ter s tem izboljšali demografske vidike razvoja in bistveno pripomogli k znižanju izpustov CO₂ (Špec, 2013).



Slika 4: Princip centrov za predelavo lesa (Pohleven, 2013)

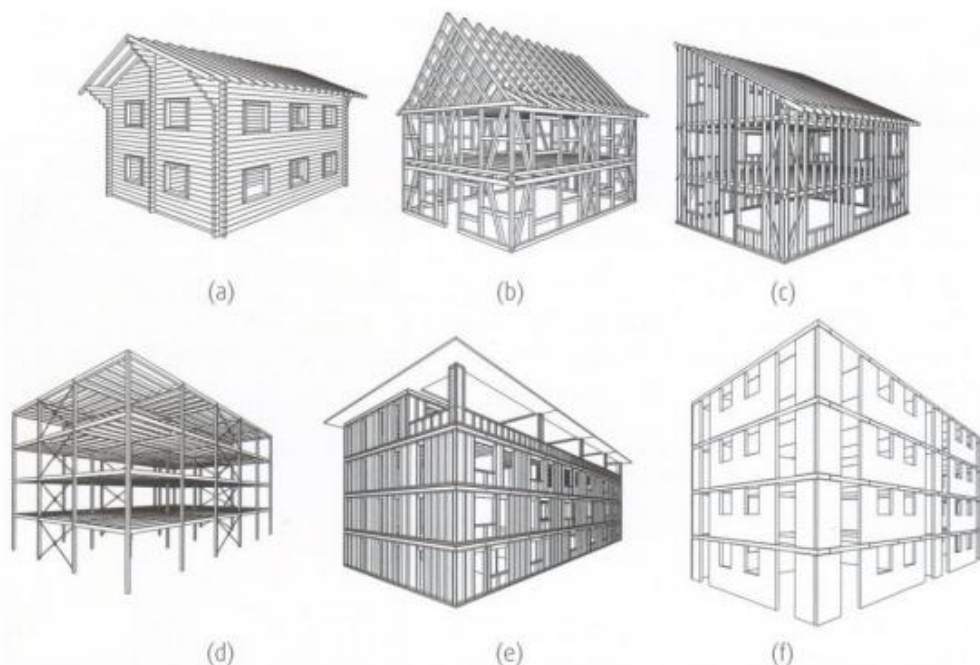
2.3 Nosilni sistemi lesenih konstrukcij

V tem poglavju bomo predstavili najpogostejše nosilne sisteme, ki se uporabljajo tako v Sloveniji kot tujini, predvsem v Evropskem prostoru. Vsak izmed nosilnih sistemov ima predstavljen princip gradnje, geografsko lego najpogostejše uporabe ter predvideno višino objekta (število zgrajenih etaž).

Pri izbira nosilnega sistema konstrukcije gre za večplastno prepletanje in vzajemno obravnavanje arhitektonskih, gradbeno-fizikalnih, gradbeno-konstrukcijskih in ostalih funkcionalnih zahtev. Če se omejimo le na gradbeno-konstrukcijske zahteve, moramo poleg zagotavljanja nosilnosti in stabilnosti konstrukcij v trajnih projektnih stanjih, ki ustrezajo pogojem normalne uporabe, poskrbeti tudi za ustrezno nosilnost oziroma odpornost konstrukcij v primeru nezgodnih projektnih stanj kot sta npr. požar in potres. S primernim nosilnim sistemom in izbiro zadostnih dimenzij elementov, uporabo zaščitnih oblog in premazov lahko kljub temu, da je les gorljiv material, dosežemo dobro požarno odpornost, primerljivo ali celo boljšo od požarne odpornosti konstrukcij iz drugih običajnih gradbenih materialov (Kuzman, 2008). Osnovni sistemi lesenih nosilnih konstrukcij (slika 5), ki so trenutno aktualni v gradnji z lesom so naslednji (imena so povzeta po predavanjih izr. prof. dr. Lopatiča) :

- kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija,
- predalčna nosilna konstrukcija,
- steburna nosilna konstrukcija,
- panelna nosilna konstrukcija,
- okvirna nosilna konstrukcija in
- masivna nosilna konstrukcija.

Sodobnejši nosilni sistemi, med katere spadajo panelna, okvirna in masivna gradnja lahko ob primerni tehnologiji in načinu vgradnje lesa zagotovijo primerno izkoriščenost tega gradbenega materiala. Navedeni nosilni sistemi so tudi prevladujoči nosilni sistemi lesenih konstrukcij v Sloveniji (Lopatič, 2008).



Slika 5: Nosilni sistemi lesenih konstrukcij (a - kladna oz. brunasta konstrukcija, b - predalčna konstrukcija, c - stebrna konstrukcija, d - okvirna konstrukcija, e - panelna konstrukcija, f - masivna konstrukcija) (Lopatič, 2008)

2.3.1 Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija

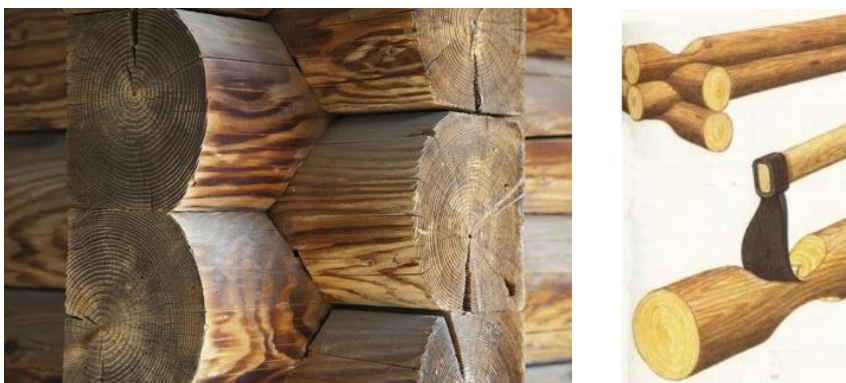
Kladna konstrukcija (slika 6) ima zelo dolgo tradicijo v številnih državah sveta, značilna je predvsem za celinski del Evrope. Nekoč so iz klad izdelovali hiše, cerkve, stolpe in palače.

Princip kladne gradnje temelji na tehnološkem postopku, pri katerem so ravno raščena valjasta bruna (hlodi in klade) v horizontalni smeri položena drug na drugega (slika 7 - levo). V vzdolžni smeri se izvede dober naležni stik debela na deblo, ki se ga zapolni z malto, blatom ali ilovico. V vogalih so debela stikovana na polkrožni uleg, ki preprečuje pomike brun in zagotavlja kvaliteten stik. Vogalne zveze so obremenjene le na tlak in za stikovanja niso potrebni dodatni žebliji. Najstarejše izvedbe



Slika 6: Primer hiše iz brun (Vir: www.mojmojster.net)

vogalnih stikov so bile izvedene s polovičnimi izdolbenimi ulegi, ki so jih izdolbli z zakrivljenimi tesli (slika 7 - desno) (Sitar, 2012). Po novem se uporabljajo predvsem večslojna lepljena bruna, ki nadomeščajo bruna iz masivnega lesa, zato so osnovne lastnosti brun izboljšane (Moj mojster, 2015). Kljub temu pa se v današnjem času brunasta izvedba nosilnih konstrukcij uporablja za izdelavo stanovanjskih objektov (2 etaži), vendar ni razširjen za gradnjo višjih stavb.



Slika 7: Križni uleg brun – levo, polkrožna rustikalna vogalna vez – desno (Sitar, 2012)

2.3.2 Predalčna nosilna konstrukcija

Izmed tradicionalnih vrst nosilnih konstrukcij je bila predalčna nosilna konstrukcija razširjena predvsem v celinskem delu Evrope. Tam so še vedno ohranjena številna stara mestna jedra z lesenimi objekti, visokimi 3 ali 4 etaže (slika 8 – levo). Način gradnje je znan zlasti za srednjeveška mesta v 18. in začetku 19. stoletja. Tovrstno gradnjo je zamenjala opečna gradnja, saj so meščani verjeli, da jim ta nudi večjo varnost pred velikimi požari (Kolb, 2008).



Slika 8: Stavba s predalčno nosilno konstrukcijo – levo; polnilo iz lesa in kamnov - desno (Fachwerk 2, 2015)

Za predalčno nosilno konstrukcijo je značilno, da so tesarji zgradili primarno ogrodje stebrov in nosilcev, ki so bili med seboj povezani s tesarskimi spoji. Ogrodje je bilo sestavljeno iz krajših nosilnih lesenih elementov. To je predstavljalo nekakšen konstrukcijski skelet, zaradi česar se je les začel uporabljati bolj ekonomično, zlasti na področjih, ki niso bila bogato poraščena z gozdom. Stebre in nosilce so zavetrovali s polnili, ki so bila predvsem iz slame, opeke, blata, desk ali kamnja (slika 8 – desno). Poleg polnil za zavetrovanje konstrukcije so uporabljali še ročice pod kotom 45° (Sitar, 2012)

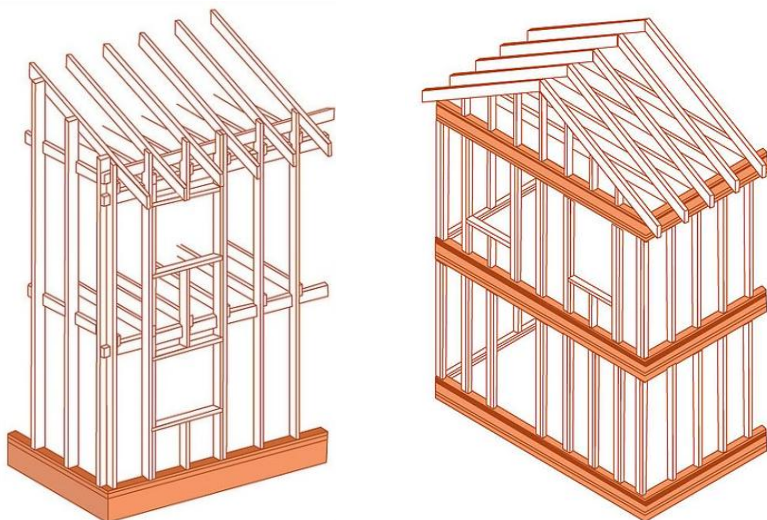
2.3.3 Stebrna nosilna konstrukcija



Slika 9: Primer stebrnega objekta (Vir: www.moimoister.net)

Klasične ročne tehnike obdelave v leseni gradnji so izpodrinili številni novi lesno obdelovalni stroji, ki so se razvili v sredini 19. stoletja. Z modernizacijo proizvodnje so lahko z lesom proizvedli nove konstrukcijske elemente, ki so bili do tedaj nepredstavljeni. Hitra proizvodnja in poceni transport sta zlasti v Ameriki privedla do pojava novega sistema gradnje imenovanega »Balloon frame« (Kolb, 2008). Pri nas jo imenujemo stebrna nosilna konstrukcija (slika 9). Konstrukcijo sestavljajo tesno razporejena lesena rebra (stebri in stropniki), na katere so pritrjena deske ali plošče, ki zagotavljajo

horizontalno togost konstrukcije (Sitar, 2012). Uveljavili sta se dve različni obliki izvedbe stebrne konstrukcije. Prva, kjer nosilni stebri potekajo neprekinjeno, omogoča izvedbo dveh ali več etaž (slika 10 – levo). Druga različica nosilne konstrukcije pa omogoča gradnjo nadstropij zaporedno po odsekih (nosilne stene ne potekajo neprekinjeno po celotni višini stavbe, ampak prekinjeno po etažah) (slika 10 - desno). Večinoma v literaturi najdemo gradnjo do 2 etaži za obe obliki izvedbe stebrne nosilne konstrukcije.



Slika 10: Levo – »Balloon frame«; desno – »Platform frame« (Sitar, 2012)

2.3.4 Panelna nosilna konstrukcija

Razvoj lesenih nosilnih konstrukcij je pripeljal do sistemov gradnje z večjo stopnjo prefabrikacije. Panelna nosilna konstrukcija (slika 11) se je razvila na podlagi stebrne nosilne konstrukcije, ki je sestavljena iz lesenega okvirja, katerega tvorijo stebri in nosilci. Celoten okvir povežemo in stabiliziramo z mavčnimi, ivernimi, vezanimi ali pa z OSB ploščami (plošča z usmerjenimi vlakni). Leseno ogrodje prenaša vertikalno obtežbo, obloge pa celotno konstrukcijo stabilizirajo in omejujejo pomike konstrukcije pri horizontalnih obremenitvah (Lopatič, 2008). Panelno nosilno konstrukcijo lahko gradimo z malostenskimi ali velikostenskimi elementi. V Sloveniji in prav tako v Evropi prevladuje prav panelni sistem gradnje, ki se pri nas giblje v več kot 90 odstotkih (Kuhelnik, 2011). V večini so to stanovanjski objekti do 2 etaži.



Slika 11: Primer panelnega objekta (Vir: www.mojmojster.net)

2.3.5 Okvirna (skeletalna) nosilna konstrukcija

Okvirna nosilna konstrukcija je sodobnejši način gradnje z lesom (slika 12). Ta način je vzpodbudil predvsem razvoj veznih sredstev. Sodobna vezna sredstva, v kombinaciji z lameliranim lepljenim lesom ali nekaterimi drugimi proizvodi, so v zadnjem stoletju dokazali, da je lesena konstrukcija optimalna pri velikih razponih. Nosilno konstrukcijo sistema



Slika 12: Primer skeletnega objekta (Jahalnica Draga na Igu) (Vir: www.hoja.si)

predstavljajo stebri, ki so postavljeni na določenem rastru, ter nosilci oziroma grede. Za zagotavljanje horizontalne stabilnosti konstrukcije se v praksi uporablja predvsem montažne panelne stene, lesene diagonale in jeklene vrvi. Poleg tega nam skeletna nosilna konstrukcija omogoča izvedbo velikih steklenih površin na fasadi (Ber, 2008). Okvirna nosilna konstrukcija se od klasičnih montažnih sistemov razlikuje zlasti po zahtevnosti priključevanja nosilnih elementov. Ti zahtevajo veliko mero inženirskega znanja in razumevanja konstrukcije. Ker pri lesenih konstrukcijah ni mogoče zagotoviti absolutne togosti stikov, je načrtovanje in poznavanje priključkov za projektanta ključnega pomena (Sitar, 2012). Ta sistem je zaradi možnosti velikih razponov med stebri idealen za eno ali dvonadstropne zgradbe (Kolb, 2008).

2.3.6 Masivna nosilna konstrukcija

Sodobna masivna nosilna konstrukcija (slika 13) ima korenine v kladni nosilni konstrukciji. Gre za montažno gradnjo segmentov masivnih križno lepljenih sten in plošč. V angleškem jeziku jih imenujejo »X-Lam«. Takšne velikosti panelov so v gradbeništvu prinesle preporod (Sitar, 2012). Napredni masivni nosilni sistemi lesenih konstrukcij so se razvili s pojavom tehnologije izdelave tako imenovanih masivnih prefabriciranih panelnih elementov, ki lahko samostojno opravljajo nosilno funkcijo. Zaradi dobrih mehanskih, gradbeno-fizikalnih in požarnih lastnosti masivnih panelnih elementov ter hitrega sestavljanja teh panelov na gradbišču, v svetu hitro narašča število izvedenih objektov z masivno nosilno konstrukcijo. Zaradi teh izboljšanih lastnosti se te plošče sedaj pogosto uporabljajo pred armiranim betonom in jeklom, ki sta bila včasih dominantna. Tako niso nobena redkost tovrstni objekti s po petimi in šestimi etažami. Ena izmed najvišjih modernih stavb s celotno leseno nosilno konstrukcijo, ki obsega 9 etaž, predstavlja objekt Murray Grove Tower v Londonu (slika 14) (Kuzman, 2008).



Slika 13: Primer masivnega objekta (Vir: www.lavocedeltrentino.it)



Slika 14: Ena izmed najvišjih stavb z leseno nosilno konstrukcijo, Murray Grove Tower v Londonu

2.4 Večetažni leseni objekti

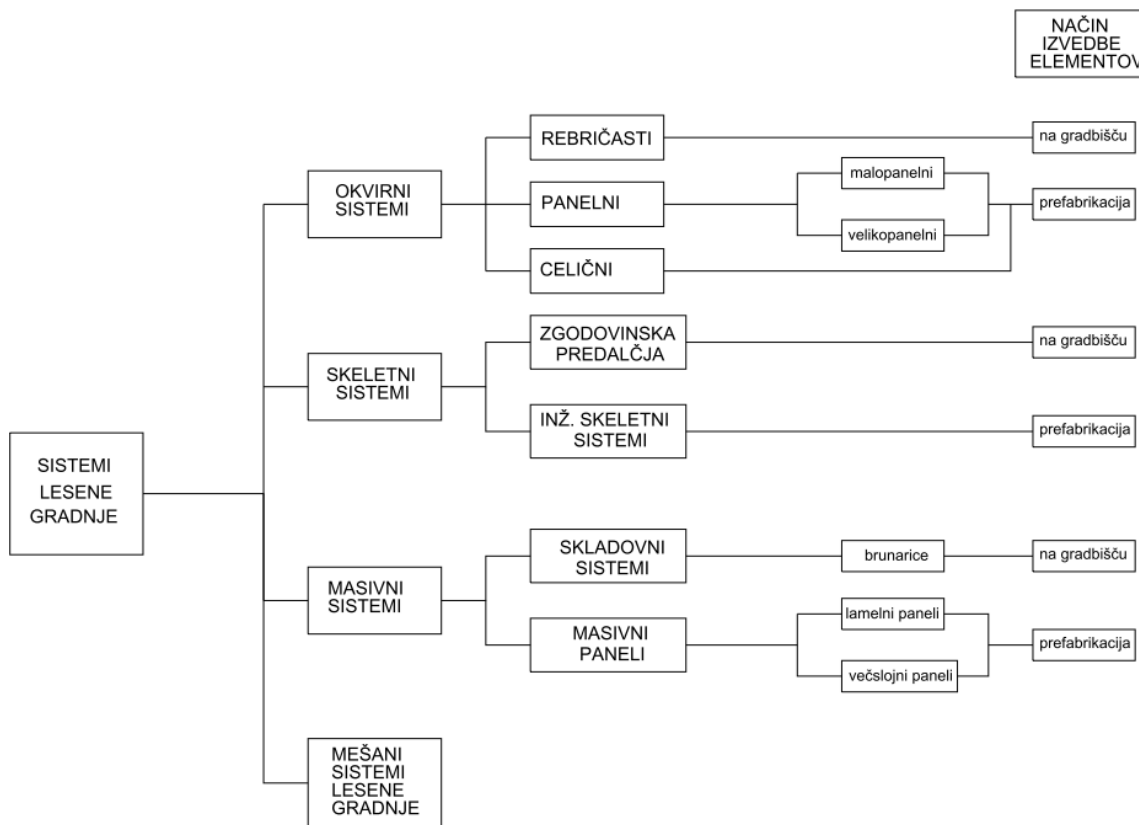
Po svetu se v zadnjem času pospešeno uvaja gradnja večetažnih lesenih objektov, kar se odraža predvsem na področju stanovanjske gradnje. Zanimivi so podatki iz naše najbližje soseščine (Avstrijske Štajerske) za obdobje zadnjih let. Skupaj je bilo v tem času postavljenih 43 večetažnih lesenih objektov (število etaž večje od tri), od tega 77% v lahko panelnem sistemu, 17% v masivnem panelnem sistemu in 6% v klasičnem skeletnem sistemu. Montažni panelni sistemi pri večetažni gradnji predstavljajo velik napredek, saj so stenski elementi v celoti izdelani v obratu (Kuzman, 2008).

Vendarle so načrti za prihodnost večetažnih lesenih objektov več kot vzpodbudni. Kljub temu, da je omejitev višine precej nižja, s projektiranjem po tujih zahtevah v dunajski prestolnici želijo zgraditi do sedaj najvišjo leseno stavbo, imenovano »HoHo«, ki bo v višino merila neverjetnih 84 metrov (slika 15). V Stockholmu, na Švedskem želijo zgraditi štiri 20 nadstropne bloke, v Vancouvru pa 34 nadstropni nebotičnik, trendu najvišjih objektov iz lesene nosilne konstrukcije pa sledijo tudi druge evropske države.

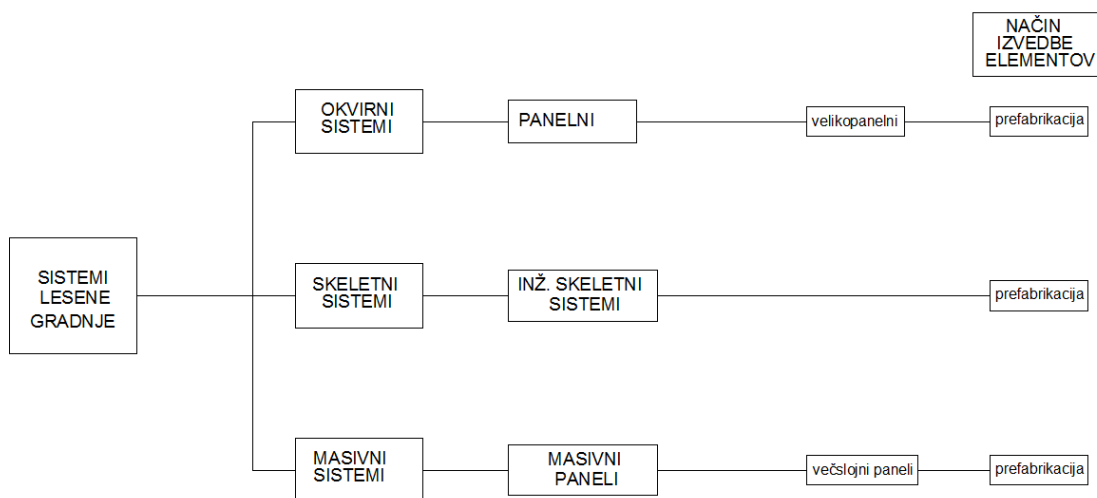


Slika 15: HoHo Wien

V nadaljevanju so shematsko predstavljeni sistemi lesene gradnje (slika 16) in sistemi, ki se največkrat uporabljajo za večetažne lesene objekte. Elementi se lahko izvedejo na gradbišču samem zaradi česa se čas izvedbe objekta podaljša, ali pa v proizvodnji, za katere je značilno, da se čas skrajša. Če se omejimo samo na sistem večetažnih lesenih objektov (slika 17), je zanje značilen zgolj okvirni, skeletni in masivni sistem gradnje. Slednji daleč prevladuje v številu zgrajenih etaž (tudi do 20 etaž).



Slika 16: Sistemi lesene gradnje (Studio Odia, 2013)



Slika 17: Sistemi za večetažne lesene objekte (Studio Odia, 2013)

3 KONCEPT POŽARNE VARNOSTI V STANOVANJSKIH IN POSLOVNIH LESENIM OBJEKTIH

Zagotovitev požarne varnosti je bistvenega pomena pri gradnji večstanovanjskih ali višjih poslovnih stavb iz lesene nosilne konstrukcije. V tem poglavju si bomo pogledali, kateri so tisti pomisleki glede zagotavljanja zadostnega nivoja požarne varnosti, s katerimi se soočajo tudi strokovnjaki na tem področju. Razlog za negotovost gradnje in vgradnje lesenih elementov je prav gotovo povezan s požarno varnostjo. Pomisleki glede požarne varnosti so do neke mere tudi posledica predsodkov, ki temeljijo na nesrečah iz preteklosti, ko so bile zaradi načina gradnje stavb zelo izpostavljene velikemu požarnemu tveganju. Zapis iz preteklih obdobij v Sloveniji pričajo o katastrofalnem požaru v Celju, ki se je zgodil 5. aprila 1798, v katerem je zgorelo celo mesto (192 hiš), nepoškodovane so ostale samo tiste stavbe (13 hiš), ki so jih po požaru leta 1794 uspeli sanirati z opeko. Kljub številnim raziskavam obnašanja lesa med povišanimi temperaturami pa še vedno obstajajo nejasnosti glede meje števila nadstropij, pri katerih je lesena nosilna konstrukcija še primerna. Poleg omenjenega, poglavje zajema tudi pogoje in vzroke nastanka požara, požarno varnost v stavbah ter predpise in orodja za oblikovanje ustrezne požarne varnosti.

Gradbeni predpisi se običajno spreminjajo zaradi strožjih funkcionalnih meril ali meril uspešnosti. V Evropi je razvoj le-teh pospešila Direktiva gradnje izdelkov («Construction Products Directive»), ki je bila sprejeta leta 1988. Podaja zahteve glede požarne varnosti, in sicer, da mora biti objekt zasnovan in grajen na način, da je v primeru požara:

- nosilnost konstrukcije zahtevana za določeno časovno obdobje,
- nastajanje in širjenje požara in dima omejeno,
- širjenje požara na sosednje objekte omejeno,
- zagotovljeno, da lahko uporabniki objekta varno zapustijo stavbo ali so iz nje rešeni,
- varnost reševalnih ekip zagotovljena.

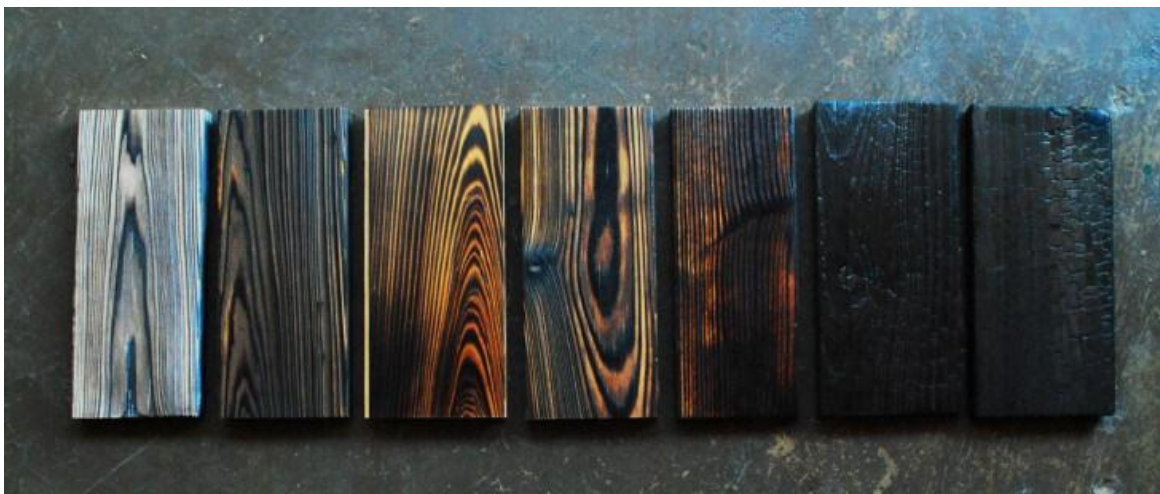
Z Direktivo gradnje izdelkov (angl. CPD) je bil uveden Evropski sistem klasifikacije odziva požarne učinkovitosti stavb. Sestavljen je iz dveh podsistemov; prvi za gradbene proizvode, kjer so izključeni materiali talnih oblog (tj. predvsem stenske in stropne obloge) in drugi za sisteme talnih materialov. Evropski sistem klasifikacije odziva požarne učinkovitosti temelji na nizu EN standardov za preskusne metode, EN 13823, EN ISO 11925-2, EN ISO 9239-1 in sistem razvrščanja EN 13501-1. Možne klasifikacije gradbenih materialov po SIST EN 13501-1 bomo predstavili v nadaljevanju.

Pri zagotavljanju požarne varnosti je potrebno upoštevati ugotovitve in mnenja strokovnjakov za gradnjo in požarno varnost predvsem z vidika, ali lahko ob vgradnji večjih količin lesa v stavbah zagotovimo zadosten nivo požarne varnosti. Pomisleki ob tem so naslednji (Špec, 2013):

- les je gorljiv, požar lahko nastane zaradi vžiga vgrajenega lesa, požari v lesenih stavbah pa povzročijo veliko škodo,
- če je les obdan z zaščitnimi oblogami, požar pa se prenese v notranjost zaščitene lesene konstrukcije, ga bo težko pogasiti, škoda pa bo nepopravljiva;
- kljub pogasitvi požara obstaja nevarnosti ponovnega vžiga, ker lahko znotraj lesenih gradbenih elementov ostanejo skrita žarišča, ki niso bila v celoti pogašena.

Po svetu se več raziskovalnih projektov ukvarja z obnašanjem strukture lesa med požarom (slika 18). Raziskave so bile opravljene v zadnjih dvajsetih letih, namenjene pa so pridobivanju osnovnih podatkov in informacij o varni uporabi lesa. Na podlagi številnih obsežnih testiranj so se oblikovali različni koncepti in modeli. Trenutno znanje na področju strukture lesa v primeru požara v kombinaciji s tehničnimi ukrepi, zlasti sprinklerji, sistemi za zaznavanje dima in dobro opremljene gasilske službe, omogočajo varno uporabo lesa na širšem območju uporabe. Proizvajalci lesenih stavb navajajo, da rizičnost požara ni odvisna le od konstrukcijskega materiala stavbe, temveč predvsem od notranje opreme, obnašanja stanovalcev ter stanja in starosti električnih inštalacij (Špec, 2013).

Če želimo požar hitro pogasiti z opremo in napravami za gašenje začetnih požarov, ga moramo dovolj zgodaj zaznati in biti ustrezno usposobljeni za učinkovito in varno ukrepanje. V primeru, da nam požara ne uspe pogasiti, moramo imeti možnost varnega umika in evakuacije na varno mesto. Pomembno je tudi hitro alarmiranje gasilcev, ki morajo imeti zagotovljene pogoje za učinkovito intervencijo. Kakšne bodo posledice požara, je odvisno od njihovega intervencijskega časa in opremljenosti na eni strani ter od možnosti za širjenje in razvoj požara v vmesnem času na drugi strani (Špec, 2013).



Slika 18: Les ima visoko požarno odpornost, zato lahko ohrani svojo nosilno strukturo (Shou Sugi Ban, 2014)

V splošnem, je mogoče vžig lesenih gradbenih elementov zatreti na dva možna načina:

- z zaščito gradbenih materialov (najbolj pogosto uporabljena metoda) z npr. negorljivimi oblogami
- z impregnacijo ali premazi gradbenih elementov z ognjevarnimi sredstvi (sredstva za zaščito lesa)

Zaščita gradbenih elementov z ognjevarnimi sredstvi zahteva strokovno znanje in jo je potrebno izvesti zelo pazljivo. Sicer pa se je protipožarna zaščita gradbenih elementov izkazala za uspešno, saj ščiti ostale elemente pred potencialnim vžigom.

3.1 Pogoji in vzroki za nastanek požara

Za razumevanje požara in zagotavljanje ustrezne požarne varnosti moramo poznati pogoje in pglavitne vzroke za nastanek požara. Za začetek gorenja morajo biti izpolnjeni trije pogoji: prisotnost goriva, prisotnost kisika in energija vžiga. To so elementi tako

imenovanega trikotnika gorenja. Za razvoj požara pa morajo biti izpolnjene materialne in energijske zahteve.

Materialne zahteve (Wabl, 2012) za požar so podane če:

- je gorljiva snov v ustrezni obliki in količini,
- je na voljo dovolj oksidativnega elementa,
- je vzpostavljeno pravilno razmerje med gorivom in kisikom (gorljiva snov/kisik).



Slika 19: Trikotnik gorenja

Pri gorenju so pomembne tudi termične (požarne) lastnosti materiala. Za les (primer smreke) veljajo požarne lastnosti, kot jih prikazuje preglednica 1.

Preglednica 1: Požarne lastnosti na primeru lesa-smreka (Wabl, 2012)

	Kalorična vrednost [kWh/kg]	Poraba zraka [kg zraka/kg snovi]	Energija/zrak [kWh/kg zraka]
les	4,3	5,8 - 6,0	0,73

Kalorična vrednost (zgorevalna toplota) se preračuna na osnovi izmerjenega povišanja temperature ob upoštevanju toplotnih izgub s pomočjo kalorimetrijske bombe. Odvisna je od (Leban, 2015):

- gostote lesa (vrste lesa, ki imajo večjo gostoto, imajo tudi večjo kalorično vrednost),
- vlažnosti lesa (vlažen les ima manjšo kalorično vrednost kot zračno suh les),
- kemične sestave lesa.

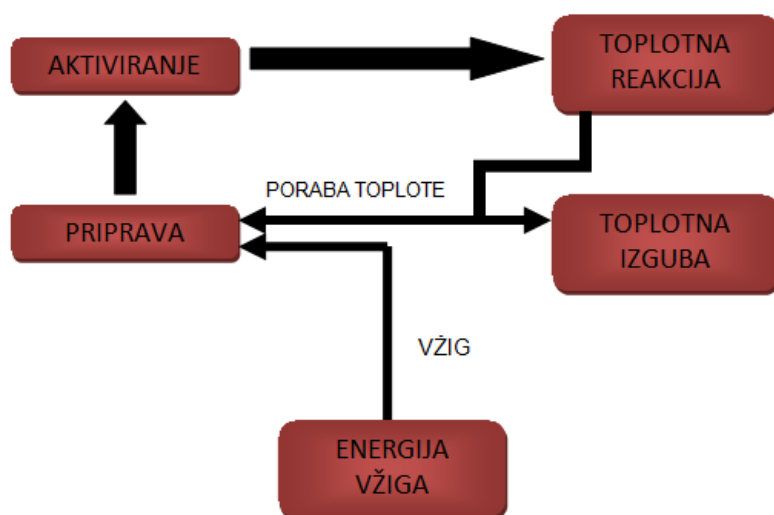
Za požar sta pomembna dva energijska vidika (Wabl, 2012):

- Za dosego vžiga ali temperature samovžiga velja, da mora biti temperatura snovi za pričetek zgorevalnega procesa dosežena. Običajno je to vrednost mogoče doseči le pod določenimi pogoji, njena določitev pa je zelo zahtevna ter odvisna od številnih dejavnikov, zato jo običajno podajamo v temperaturnem razponu. Za les se ta giblje nekje med 330 – 470 °C kot prikazuje preglednica 2 in je med drugim odvisna od starosti, vrste ter hidrotermične zgodovine (Humar, 2007).

Preglednica 2: Glavne faze sprememb lesa, ki jih povzroči segrevanje (Humar, 2007)

Temperatura (°C)	Sprememba
80-100	Izparevanje vode in hlapnih komponent (faza sušenja, les se mehansko ne spremeni).
90-160	Razvijanje gorljivih plinov - produktov razkroja. Pokanje lesa, les potemni.
150-270	Gorenje sproščenih plinov, les na površini gori, površina poogleni.
270	Razkroj lesa se nadaljuje. Zaradi izolatorskih lastnosti pooglenele plasti les preneha goreti, če odstranimo vir gorenja.
270-300	Vnetišče lesa
330-470	Temperatura samovžiga
300-600	Gorenje se nadaljuje samo, tudi če vir gorenja umaknemo.
nad 600	Intenzivno gorenje in razkroj lesa.

- Drugi dejavnik energijskega vidika pa je najnižja temperatura zgorevanja, ki je potrebna za vzdrževanje pogojev gorenja. Iz preglednice 2 je razvidno, da se med 300 – 600 °C gorenje nadaljuje, tudi če vir gorenja umaknemo.



Slika 20: Energijski cikel gorenja (Wabl, 2012)

Iz izkušenj vidimo, da večina požarov sledi določeni shemi (slika 20). Za njihov razvoj v danem trenutku je odgovoren eden od spodaj razloženih štirih načinov. Poglavitni vzroki, ki povzročijo nastanek požara so torej (Wabl, 2012):

Naravni vzrok požara

Med naravne vzroke požara štejemo predvsem vzroke, ki se razvijejo brez posredovanja ljudi ali živali. To vključuje predvsem naravne pojave, kot je na primer udar strele.

Samovžig

Do samovžiga lahko pride na različne načine. Pogosto zaradi kopičenja velikih količin organskih snovi (npr. sena, premoga) brez zadostnega prezračevanja. Ti materiali imajo različne vzroke samovžiga. Lahko pride do samovžiga kemične narave zaradi pirofornih snovi (snovi, ki se nanašajo na ogenj) ali do samovžiga zaradi obilne količine kisika v ozračju.

Tehnični vzroki požara

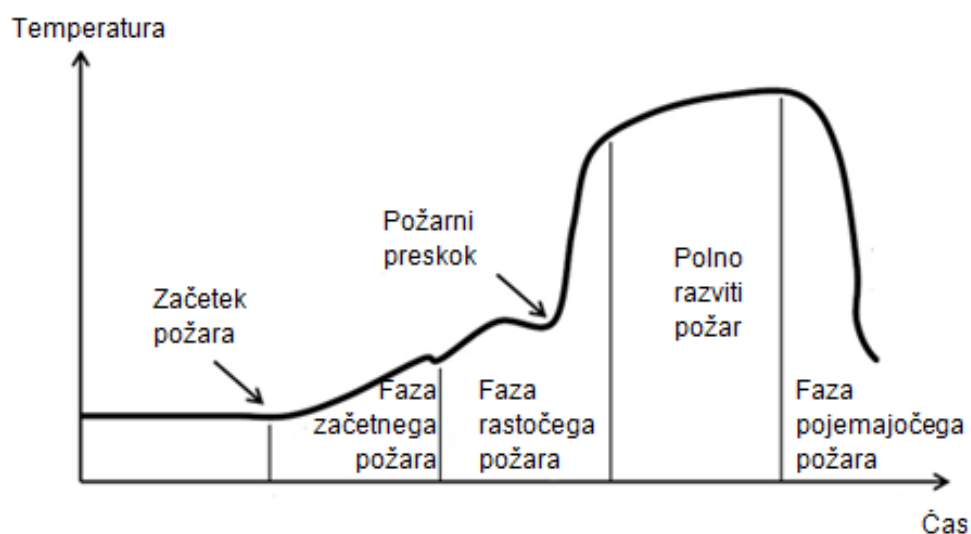
Omenjeni način je zelo pogost vzrok nastanka požara. Za to so odgovorne napake ali kratki stiki v tehničnih napravah. Takšni načini so posledica preobremenitve naprav, ki pa niso posledica kakršnih koli posegov ljudi ali živali.

Požig

Požig se nanaša na malomarnost ali nameren vžig predmetov. Med najbolj značilne primere malomarnega vedenja spadata goreč ogorek cigarete ter sveče. Nevarnost povzročajo tudi otroci in živali, ki pa se svojih dejanj seveda ne zavedajo. Požig lahko povzroči najhujše posledice, zato je nujno potrebno zgodnje odkrivanje vzrokov in izvorov potencialnega požara.

3.2 Časovni razvoj požara

Časovni potek razvoja požara opredeljuje požarni scenarij. To je krivulja, ki vključuje ključno opredeljene dogodke, ki opisujejo oziroma karakterizirajo požar. Sestavljena je iz faze vžiga, faze rasti (širjenja) požara, požarnega preskoka (s tujko »flash-over«), stopnje polno razvitega požara in stopnje pojemajočega požara. Slika 21 prikazuje razvoj požara v nekih danih pogojih. Po vžigu se lahko ogenj širi zelo hitro, zelo počasi (kot tleči ogenj) ali tako, da na koncu ugasne sam od sebe, kar pa je odvisno od gorljivih materialov v bližini vira vžiga, vrste in količine gorljivega materiala, geometrije, dimenzije in prezračevanja prostora. Ogenj, ki ni nadzorovan s protipožarnimi ukrepi in če so izpolnjeni pogoji požarnega trikotnika, lahko povzroči hitro naraščanje temperatur in privede do požarnega preskoka, kjer zagorijo vse nezaščitene vnetljive snovi.



Slika 21: Časovni razvoj naravnega požara v prostoru

V fazi začetnega požara (preglednica 3) pride do vžiga in pričetka gorenja gorljivega materiala. V tej fazi razvoja požara imamo lahko gorenje s plamenom ali pojav dima. Na začetku je hitrost razvoja požara odvisna predvsem od lastnosti gorljivih materialov, hitrosti širjenja plamena po površini, sproščanja toplote v časovni enoti ter manj od ostalih faktorjev, kakršni so npr. dovajanje kisika (prezračevanje), geometrija prostora in lastnosti obodnih gradbenih materialov. Goreči materiali postanejo novi izvor segrevanja do vžigne temperature in vžiga ostalih gorljivih materialov v okolici nastanka požara. Z razvojem in širjenjem požara temperatura požara običajno raste. V zaprtih prostorih pride v fazi rastočega požara do požarnega preskoka. Ta prehod se s tujko imenuje »flash-over«. To se zgodi zaradi zviševanja temperature zraka oziroma dimnih plinov pod stropom (med 500°C in 600°C) in posledično se zaradi toplotnega sevanja vroče plasti plina v zelo kratkem času vžgejo vsi še negoreči materiali v prostoru. Plameni zajamejo ves prostor in požar preide v polno razvit požar. Hitrejši požarni preskok povzročijo predvsem lesene obloge v prostoru, povečana pa je tudi požarna obtežba prostora. Zunanji faktorji (ventilacija, geometrija prostora in lastnosti obodne strukture prostora) imajo v polno razvitem požaru odločujoč vpliv na hitrost gorenja v prostoru. V primeru, da pasivni ukrepi niso ustrezni, to lahko privede do širjenja požara po objektu in posledično tudi na sosednje objekte, kar pa želimo z ustrezno požarno zaščito preprečiti. Na koncu nastopi pojemajoči požar. Ker zmanjkuje gorljivega materiala ali kisika/zraka pride do pojemanja požara. V tej fazi gorljiv material običajno nadzira hitrost gorenja. Če je do pojemanja požara prišlo zaradi pomanjkanja kisika in ne zaradi pomanjkanja gorljivega materiala, lahko v tej fazi tudi po sorazmerno daljšem času ob ponovnem dovajanju kisika (npr. če se odpro vrata) požar ponovno pride iz faze tlenja v fazo intenzivne rasti požara (Glavnik, 2010).

Preglednica 3: Faze in vplivi požara (Kuzman, 2008)

Faza požara	začetni požar	polno razvit požar	pojemajoč požar
Lastnosti požara	požar je nadzorovan z gorivom	požar je večinoma nadzorovan z ventilacijo	požar je nadzorovan z gorivom
Obnašanje ljudi	evakuacija	smrt	
Odzivanje na požar	dimni in toplotni detektorji	dim in plameni	
Aktivni nadzor požara	sredstva za začetno gašenje, vgrajeni gasilni sistemi, gasilci; nadzor dima	požar nadzirajo gasilci	
Pasivni nadzor požara	požarne lastnosti materialov	požarne lastnosti konstrukcije	
	ODZIV NA OGENJ	POŽARNA ODPORNOST	

3.3 Požarne lastnosti lesa

V tem poglavju je predstavljena sestava lesa in posamezne faze, skozi katere les preide med požarom. Vsaka faza nastopi pri določeni temperaturi. Predstavljene so posamezne faze temperaturnega razvoja požara, ki so prikazane tudi v preglednici procesa razgradnje lesa.

Les je gorljiv organski material, sestavljen predvsem iz celuloze (60-80%) in lignina (20-40%). Ker sta ti dve visoko polimerni snovi med seboj močno prepleteni, je les zelo stabilen in na pritisk odporen material. Delež tako imenovane lesne snovi lahko variira, kar pa je v veliki meri povezano z vrsto lesa. Po kemijski sestavi so te snovi sestavljene iz ogljika, kisika in vsebnosti vode (ogljikovodikovih spojin), zato lahko rečemo, da je les zaradi tega vnetljiv material (Wabl, 2012). Na tem mestu se je potrebno vprašati, kakšno je obnašanje lesa pri povišanih temperaturah. Pri segrevanju namreč pride do kemičnega razkroja, pri čemer nastane oglje, sproščajo se gorljivi plini. Temperatura vžiga lesa pa ni odvisna le od vsebnosti vode in trajanja izpostavljenosti temperaturi, ampak tudi od gostote lesa in razmerja med površino in volumnom. Skrivnost je torej v sestavi lesa. Celuloza se z gorenjem uniči, lignin pa ostane. Tako les, pri katerem se je celuloza že izčrpala, postane odporen na gorenje, saj lignin potrebuje večjo temperaturo in dalj časa za gorenje. Zunanji ogljeni sloj pa hkrati deluje kot izolator (Shou Sugi Ban, 2014).

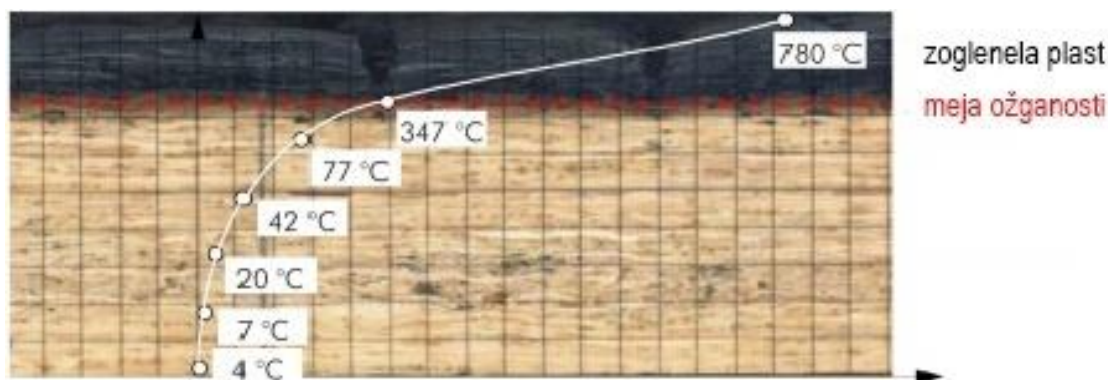


Slika 22: V zadnjih dveh desetletjih so bili izvedeni številni raziskovalni projekti o obnašanju lesenih konstrukcij v požaru, namenjeni zagotavljanju osnovnih podatkov in informacij o varni uporabi lesa

Pred in med samim požarom les preide skozi različne faze. V grobem jih lahko razdelimo v 4 faze. Poenostavljene faze termičnega razkroja lesa so sledeče (Wabl, 2012):

- ogrevanje in sušenje do mejne cone,
- piroliza lesa s sproščanjem gorljivih plinov,
- izgorevanje vnetljivih plinov,
- zgorevanje trdnih ostankov, ki vsebujejo ogljik

V prvih dveh fazah, pri sušenju in začetnem stanju toplotnega ogrevanja lesa, je vpliv požara na zunanje površine dosežen že pri 105 °C. V tem procesu pirolize sta ključnega pomena dve stvari. Prva, zunanji sloj ne glede na nosilnost ostalih prečnih prereзов, ponuja največ zaloga lesenega elementa. Druga ključna stvar pa je učinek zaščite zaradi pridobljenega ogljikovega filma. Ta plast je dober izolator in notranjemu lesu nudi dodatno toplotno zaščito. Zaradi tega se bo v primeru požara sobna temperatura povečala, hitrost odgorevanja pa bo ostala skoraj enaka. Ta hitrost je tako kot temperatura vžiga odvisna od vrste lesa oziroma razmerja med površino in volumnom. Čim višja je volumska masa lesa, tem počasneje odgoreva. Točne vrednosti hitrosti odgorevanja so odvisne od same kvalitete lesa. Čim manj razpok ima les, tem boljše so njegove lastnosti v požaru. Lepljen les je skoraj brez razpok in zato požarno obremenitev prenaša bolje kot rezan les (Pajek, 2015). Pri nosilnih konstrukcijah je to zelo pomembna lastnost, saj pri nosilnosti šteje še nepoškodovano jedro elementa.



Slika 23: Razvoj temperature po prečnem prerezu dveh OSB plošč (Wabl, 2012)

Tretja faza termičnega razkroja je tista, pri kateri vnetje lesa poteka pod vplivom vira vžiga. To je v primeru, če je količina hlapov sproščenih gorljivih plinov zadostna, da se ustvari gorljiva mešanica plina in zraka. V odvisnosti od vrste lesa, se temperatura tretje faze giblje nekje med 270°C in 340°C (različni viri navajajo različno temperaturno območje samovžiga). Za smreko, je ta temperatura približno 280°C. Na primer, po standardni temperaturni krivulji (ISO 834) to stanje nastopi že po eni minuti. Za samovžig brez vira vžiga, pa je potrebna sobna temperatura najmanj 500°C - 525°C (Wabl, 2012). Tabelarni pregled procesa razgradnje lesa po temperaturnih območjih prikazuje preglednica 4.

Preglednica 4: Tabelarni pregled procesa razgradnje lesa (Wabl, 2012)

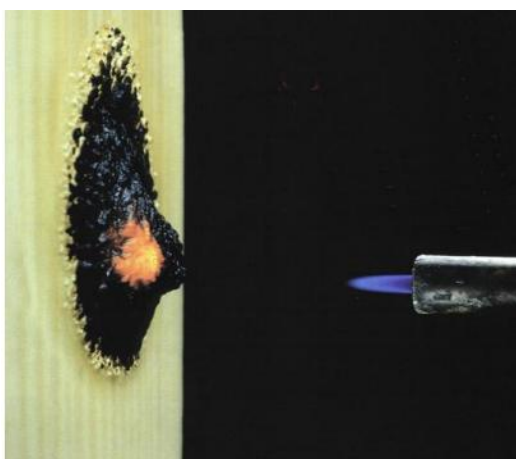
Temperatura	Stopnje termične razgradnje	
100°C	sušenje lesa, izguba nevezane vode	segrevanje materiala
150°C do 225°C	razgradnja lignina in hemiceluloze; začetek spreminjanja celuloze; začetek razgradnje nastajajočih plinov (CO ₂ , očetna kislina, vodna para); počasnejši potek reakcije; v primeru daljše toplotne izpostavljenosti je mogoč samovžig	območje kritične temperature
230°C do 300°C	razgradnja celuloze; močna razgradnja plinov; začetek oblikovanja lesnega ogljikovega filma; povečana stopnja reakcije; v prisotnosti močne svetlobe lahko pride do vžiga mešanice plinov	območje temperature samovžiga
300°C	izguba teže lesa je pospešena	
400°C	širjenje plamena na površino; eksotermni proces razgradnje; izrazit proces nastajanja vnetljivih plinov	gorenje z odprtim plamenom
500°C	močna in goreča razgradnja ligninske plasti; širjenje požara v notranjost lesa	popolno zgorevanje ostankov pirolize
700°C	gorenje lesnih ostankov; popolno izgorevanje plinov, ki so nastali na površini	

»Materiali, ki jih običajno nameščamo v stavbe, kot so oblazinjeno pohištvo, električne in elektronske naprave, zavese in druge obloge in dekoracije, so lažje vnetljivi in predstavljajo večjo požarno tveganje, ker lahko povzročijo hiter razvoj požara. V gradbenih predpisih je praviloma določeno, da morajo biti vgrajeni leseni elementi obloženi z negorljivimi materiali in tako zaščiteni pred vžigom. Izkušnje iz požarov v takšnih stavbah so pokazale, da lahko taka izvedba predstavlja veliko oviro za gašenje. Zaradi tega ter zaradi estetskih in drugih vidikov se kljub dejstvu, da je les gorljiv material, povečuje število zagovornikov masivne lesene gradnje s transparentno uporabo lesa. Poglavitno vprašanje, na katerega strokovnjaki ponujajo različne odgovore, pa se glasi, kako lahko zagotovimo predpisan nivo požarne varnosti tudi pri gradnji večjih večnadstropnih stavb in kakšne zahteve morajo biti v takšnem primeru upoštevane.«, je zapisal univ. dipl. ing. Aleksander Špec v reviji POŽAR (dec 2013). Na to vprašanje bomo poskusili odgovoriti v nadaljevanju.

3.4 Stopnja gorljivosti lesa po SIST EN 13501-1

Les se kot gradbeni material glede na stopnjo gorljivosti po SIST EN 13501-1 uvršča med t.i. *normalno gorljive materiale*, kar pomeni, da ob prisotnosti zadostnega vira vžiga zagori in da se ogenj razširi po njegovi površini. V skladu z gradbenimi predpisi je vgradnja normalno gorljivih materialov (D oziroma E po SIST EN 13501-1) omejena. Običajno so predpisani vsaj težko gorljivi materiali (B oziroma C po SIST EN 13501-1).

Za doseganje dovoljene klasifikacije med drugim uporabljamo požarne premaze za les. Tak premaz pri povišanju temperature ekspandira (slika 24) in ob tem tvori negorljivo izolativno peno, ki zavira pirolizo in preprečuje širjenje požara po objektu. Premazi k nosilnosti lesenega gradbenega elementa skoraj ne prispevajo. V požarnem preizkusu je bilo ugotovljeno, da je nosilec iz lepljenega lesa s požarno odpornostjo R 60, ki je bil premazan s požarnim premazom ohranil svojo nosilnost 2 minuti dlje kot nosilec brez požarnega premaza (Pajek, 2015).



Slika 24: Ekspanzija požarnega premaza za les ob povišanju temperature (Pajek, 2015)

Za omenjeno klasifikacijo materialov se upošteva njihov prispevek k razvoju požara pred nastankom požarnega preskoka in dodatek k požarni obtežbi prostora v polno razvitem požaru.

Negorljivi gradbeni materiali so SIST EN 13501-1 tisti, ki v predpisanih preskusnih pogojih ne morejo goreti in ne prispevajo k razvoju požara. To so materiali razreda A1 in A2. Gorljivi gradbeni materiali, kamor spada tudi les, pa so tisti, ki se v predpisanih preskusnih pogojih vnamejo. Glede na njihov prispevek k razvoju požara jih delimo na težko gorljive (B in C), normalno gorljive (D in E) in lahko gorljive (F). Poleg osnovne črkovne oznake stopnje gorljivosti A1, A2, B, C, D, E in F imajo gradbeni materiali še dodatni črkovni oznaki s in d in številčne oznake od 1 do 3 oziroma od 0 do 2. Oznake s1, s2 in s3 pomenijo hitrost sproščanja dima in celotno količino nastalega dima, oznake d0, d1 in d2 pa nastajanje gorečih kapljic oziroma delcev med preskušanjem odziva na ogenj. Višja številka pomeni večje sproščanje dima oziroma več gorečega kapljanja. Višji razred odziva na ogenj izpolnjuje tudi vse kriterije za nižje razrede. Uvajanje teh evropskih razredov v nacionalne gradbene predpise je zelo raznoliko. Večina držav jih uporablja vzporedno, s starimi nacionalnimi razredi. Uporaba pa je obvezna le v nekaterih državah, npr. uradno so preneseni v nacionalne gradbene predpise v Avstriji že od leta 2008, v sosednji Italiji od leta 2005, v Sloveniji pa smo jih prevzeli leta 2010 z izdajo tehnične smernice TSG, s strani Ministrstva za okolje in prostor. Na sliki 25 lahko vidimo vse možne klasifikacije gradbenih materialov in označeno polje, kamor spada les.

Stopnja gorljivosti gradbenega materiala		Klasifikacija gradbenih materialov po SIST EN 13501-1										
		Vsi materiali razen talnih oblog, cevnih izolacij in kablov				Talne obloge			Izolacijski materiali za cevi			
negorljiv	A1	A1			A _{1n}	A1		A _{1L}	A1			
	A2	A2-s1,d0 A2-s2,d0 A2-s3,d0	A2-s1,d1 A2-s2,d1 A2-s3,d1	A2-s1,d2 A2-s2,d2 A2-s3,d2	A _{2n}	A _{2n} -s1 -s2		A _{2L}	A _{2L} -s1,d0 A _{2L} -s2,d0 A _{2L} -s3,d0	A _{2L} -s1,d1 A _{2L} -s2,d1 A _{2L} -s3,d1	A _{2L} -s1,d2 A _{2L} -s2,d2 A _{2L} -s3,d2	
gorljiv	težko gorljiv	B	B-s1,d0 B-s2,d0 B-s3,d0	B-s1,d1 B-s2,d1 B-s3,d1	B-s1,d2 B-s2,d2 B-s3,d2	B _n	B _n -s1 B _n -s2		B _L	B _L -s1,d0 B _L -s2,d0 B _L -s3,d0	B _L -s1,d1 B _L -s2,d1 B _L -s3,d1	B _L -s1,d2 B _L -s2,d2 B _L -s3,d2
		C	C-s1,d0 C-s2,d0 C-s3,d0	C-s1,d1 C-s2,d1 C-s3,d1	C-s1,d2 C-s2,d2 C-s3,d2	C _n	C _n -s1 C _n -s2		C _L	C _L -s1,d0 C _L -s2,d0 C _L -s3,d0	C _L -s1,d1 C _L -s2,d1 C _L -s3,d1	C _L -s1,d2 C _L -s2,d2 C _L -s3,d2
	normalno gorljiv	D	D-s1,d0 D-s2,d0 D-s3,d0	D-s1,d1 D-s2,d1 D-s3,d1	D-s1,d2 D-s2,d2 D-s3,d2	D _n	D _n -s1 D _n -s2		D _L	D _L -s1,d0 D _L -s2,d0 D _L -s3,d0	D _L -s1,d1 D _L -s2,d1 D _L -s3,d1	D _L -s1,d2 D _L -s2,d2 D _L -s3,d2
		E	E		E-d2	E _n	E _n		E _L	E _L		E _L -d2
	lahko gorljiv	F				F _n			F _L			

Slika 25: Vse možne klasifikacije gradbenih materialov po SIST EN 13501-1 (SZPV, 2012)

Preglednica 5 prikazuje povzetek slike 25 s tem, da poleg klasifikacije gradbenih materialov vsebuje tudi primer proizvoda, ki pripada posameznemu razredu.

Preglednica 5: Povzetek klasifikacije gradbenih materialov s primeri proizvoda

Evropska klasifikacija	Dimni razred	Razred gorljivosti	Zahteve po			Primer proizvoda
			negorljivost	gorljivost ene postavke	majhen plamen	
A1	–	–	x	–	–	kamen, beton, steklo
A2	s1, s2 ali s3	d0, d1 ali d2	x	x	–	mineralna volna, mavčno-kartonske plošče (tanek papir), cementno vlaknene plošče
B	s1, s2 ali s3	d0, d1 ali d2	–	x	x	mavčno-kartonske plošče (debel papir), požarno odporen les
C	s1, s2 ali s3	d0, d1 ali d2	–	x	x	obloge mavčno-kartonskih plošč, požarno odporen les
D	s1, s2 ali s3	d0, d1 ali d2	–	x	x	les, paneli na osnovi lesa, ekstrudiran polistiren
E	–	– ali d2	–	–	x	nekateri sintetični polimeri, mehka lesno vlaknena plošča
F	–	–	–	–	–	ni določeno

3.5 Požarna varnost v stavbah

Za razvoj uspešne strategije požarne varnosti je poleg poznavanja obnašanja požara (pogojev in vzrokov za nastanek ter gorenja materiala), pomembno tudi obnašanje stanovalcev in objektov v katerih pride do požara. Strategijo požarne varnosti je potrebno obravnavati na vseh nivojih. Tako na nivoju obvarovanja človeških življenj, premoženja, kot tudi morebitne nevarnosti v zgradbi in soseski, vključno z okoljskimi vidiki. V splošnem se izbrane strategije lahko razlikujejo med seboj v odvisnosti od pasivne in aktivne požarne zaščite, vrste in uporabe stavbe, ipd.

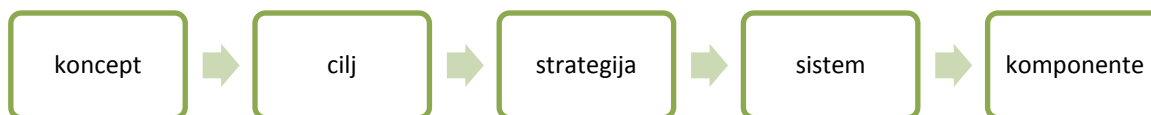
V primeru obvarovanja človeških življenj v stavbah, kjer je premično premoženje (pohištvo, oprema, blago) bistvena požarna obremenitev zgodnje razvojne faze požara (glej poglavje 3.2 Časovni razvoj požara), je varnost življenj najbolj poudarjena lastnost. V procesu

izgorevanja tega premoženja se sproščajo energija, plini in dim. Medtem, ko sta dim in plin ključna za evakuacijo iz prostora, je temperatura glavni razlog za poškodbe nosilne konstrukcije. Ta pa seveda ogroža varnost človeških življenj v stavbi. Doseganje absolutne varnosti v stavbah je nemogoče, ne glede na povezanost gradbenega materiala in sistema. Nivo ustrezne požarne varnosti mora biti ovrednoteno s strani pristojnih organov, strategija le-te pa naj bi obsegala tri osnovne količine:

- celovito pasivno (strukturno) protipožarno zaščito,
- aktivno (tehnično) protipožarno zaščito,
- organizacijsko protipožarno zaščito,

in sicer tako, da je dosežena vnaprej določena požarna varnost objekta.

Posamezne faze in zagotavljanje nivoja požarne varnosti prikazuje slika 26. Temeljni cilj sheme je ohranjanje človeških življenj in varovanje okolja. S strategijo učinkovitega evakuacijskega načrta in začetnega zatiranja požara je tem ciljem enostavno slediti. Vgrajeni sistemi protipožarne zaščite v stavbi, kot so alarmni in sprinklerski sistemi, naprave za zaznavanje požara in ne nazadnje tudi vgrajeni gradbeni elementi, pa so ključnega pomena, da je ustrezen nivo požarne varnosti v stavbi zagotovljen.



Slika 26: Shema požarne varnosti

V nacionalnih predpisih so podane smernice in predpisana orodja za izvajanje uspešne požarne varnosti, ki predstavljajo pravila v smislu požarnih razredov. Podajajo tudi učinkovitost konstrukcij in morebitno potrebno evakuacijo stanovalcev. Nacionalni predpisi razvrščajo stavbe glede na požarno zahtevnost objektov oziroma glede na pričakovano raven požarne obremenitve. V preglednici 6 so predstavljeni požarno manj in požarno zahtevni objekti, ki jih pri izvedbi študije požarne varnosti upoštevamo v naših predpisih (Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti, 2013). Glede na namen magistrskega dela smo se omejili zgolj na stanovanjske ter poslovne in upravne stavbe.

Preglednica 6: Požarno manj zahtevni in požarno zahtevni objekti

Razvrstitev objektov po skupinah (skladno s CC-SI*)	Požarno manj zahtevni objekti	Požarno zahtevni objekti (zahteve za objekt, če je izpolnjen vsaj eden od naštetih pogojev oziroma glede na namen uporabe)
111 - Enostanovanjske stavbe 112 - Večstanovanjske stavbe	Stavbe, ki po predpisih o graditvi objektov spadajo med nezahtevne ali enostavne objekte in ne izpolnjujejo nobenega izmed kriterijev za požarno zahtevne objekte	Stavbe z več kot 10 stanovanji
113 - Stavbe za posebne družbene namene	Stavbe, ki po predpisih o graditvi objektov spadajo med nezahtevne ali enostavne objekte in ne izpolnjujejo nobenega izmed kriterijev za požarno zahtevne objekte	Stavbe, v katerih lahko hkrati biva več kot 10 ljudi; stavbe z bruto tlorisno površino vseh prostorov ¹ več kot 600 m ²
122 - Poslovne in upravne stavbe	Stavbe, ki po predpisih o graditvi objektov spadajo med nezahtevne ali enostavne objekte in ne izpolnjujejo nobenega izmed kriterijev za požarno zahtevne objekte	Stavbe, v katerih se lahko hkrati zadržuje več kot 100 ljudi; stavbe z bruto tlorisno površino vseh prostorov več kot 1000 m ²
1264 - Stavbe za zdravstveno oskrbo	Stavbe, ki po predpisih o graditvi objektov ne spadajo med nezahtevne ali enostavne objekte in ne izpolnjujejo nobenega izmed kriterijev za požarno zahtevne objekte	Stavbe z več kot 10 ležišči za paciente oziroma bolnike; stavbe, v katerih se lahko hkrati zadržuje več kot 50 ljudi

* Uredba o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena (Uradni list RS, št. 109/11)

¹ Skupna površina vseh prostorov, ki tvorijo s stavbo oziroma stavbami zaključeno funkcionalno celoto SIST ISO 9836

V evropskih državah veljajo naslednja glavna načela požarno varnostnih predpisov:

- uporabniki objekta lahko zapustijo stavbo ali so iz nje rešeni
- varnost reševalnih ekip je potrebno upoštevati
- nosilna konstrukcija se mora upirati požaru zahtevano minimalno časovno obdobje
- nastajanje in širjenje požara in dima je omejeno
- širjenje požara na sosednje objekte je omejeno

Če so ta načela izpolnjena, je požarna varnost v stavbah zagotovljena na predpisanem nivoju.

3.6 Predpisi in orodja za zagotavljanje požarne varnosti

Uspešnost pristopa požarne varnosti pri izpolnjevanju gradbenih predpisov temelji na inženirskih načelih, izračunih in/ali orodjih za modeliranje. Inženirski pristop požarne varnosti je bolj pomemben pri višjih stavbah, ko je tveganje ljudi in premoženja povečano (slika 27). Namesto predpisovanja ustreznih zaščitnih ukrepov (npr. predpisovanje števila izhodov za primer evakuacije iz stavbe) je delovanje celotnega sistema predstavljeno na podlagi oblikovanih ciljev (zagotovljena evakuacija iz prostora). Modeliranje požara in evakuacijskih poti, skupaj z eksperimentalnimi dokazi, se uporablja za oceno učinkovitosti varovalnih ukrepov, predlaganih za samo požarno varnost stavbe (Östman, 2010). Doseganje predpisane ravni požarne varnosti mora izhajati iz dokumenta študije ali zasnove požarne varnosti, izdelane v skladu s Pravilnikom o zasnovi in študiji požarne varnosti. Ostale predpise, ki jih je potrebno upoštevati za zadostitev pogojev požarne varnosti pa bomo predstavili v nadaljevanju. Omenimo še, da na področju varstva pred požarom obstaja smernica uporabe računalniških modelov (Ministrstvo za obrambo, 2007). Uporaba modela mora temeljiti na požarnem scenariju, primernost in izbor računalniškega modela za načrtovanje požarne varnosti pa zagotovi uporabnik sam. Pri tem mora zagotavljati da:

- je model primeren za obravnavani problem (npr. požarni scenarij),
- model izpolnjuje v scenariju podane zahteve in
- je bil izbran računalniški model ustrezno ocenjen in verificiran.



Slika 27: Za zagotovitev požarne varnosti v objektu je potreben primeren inženirski pristop. Kanadski arhitekt Michael Green napoveduje, da bo v nekaj letih v Vancouvru postavil najvišjo leseno stavbo na svetu (Finance.si, 2014).

4 ZAKONODAJA S PODROČJA POŽARNE VARNOSTI V SLOVENIJI

Poglavje o zakonodaji s področja požarne varnosti opredeljuje obstoječe stanje v Sloveniji z vidika dostopnih smernic, predpisov in zahtev glede zagotavljanja požarne varnosti objektov. S sedaj veljavno tehnično smernico TSG se Slovenija sklicuje na vrsto tujih predpisov in smernic. Nekateri izmed njih so predstavljeni v naslednjem poglavju. V tem poglavju pa so med drugim prikazani tudi postopki projektiranja požarno varnih lesenih konstrukcij skladno s SIST EN 1995-1-2:2005.

Pri projektiranju se moramo opirati na različne zahteve. Glede zahtev mehanske odpornosti in stabilnosti morajo biti objekti v skladu s Pravilnikom o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Uradni list RS, št. 101/2005) projektirani, grajeni in vzdrževani tako, da njihova nosilna konstrukcija ob požaru ohrani potrebno nosilnost v časovnem obdobju, ki je za posamezno skupino objektov določeno s predpisi o požarni varnosti objektov (4. člen (2)). Zahteve glede mehanske odpornosti in stabilnosti objektov je mogoče izpolniti s projektiranjem in gradnjo v skladu z načeli in pravili Evrokodov (npr. po standardu SIST EN 1995-1-2 za lesene konstrukcije) ali z uporabo pravil iz drugih standardov, tehničnih smernic ali drugih tehničnih dokumentov, če je z njimi, ob upoštevanju načel Evrokodov, mogoče zagotoviti najmanj enakovredno raven izpolnjevanja zahtev iz tega pravilnika (6. člen (1)). Evrokodi so se oblikovali, ker si Evropska unija prizadeva odpravo vseh tehničnih ovir pri trgovanju ter predstavljajo priporočila in smernice pri načrtovanju inženirskih objektov. Poleg zagotavljanja zahtev za mehansko odpornost konstrukcije, je izmed glavnih ciljev pomembna tudi stabilnost in požarna odpornost konstrukcije. Evrokode je leta 2005 uvedla tudi Slovenija, vendar je ta v primerjavi z drugimi evropskimi državami na področju požarne varnosti še nekoliko ohromljen.

Eden izmed temeljnih predpisov s področja požarne varnosti je Zakon o varstvu pred požarom (UL RS, št. 3/2007). Njegov namen je urediti sistem varstva pred požarom, ki obsega organiziranje, načrtovanje, izvajanje, nadzor ter financiranje dejavnosti in ukrepov varstva pred požarom. Medtem, ko Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05 in 14/07) (v nadaljevanju PPVS) določa ukrepe za zagotovitev predpisane ravni varstva pred požarom v objektih, je le te mogoče izpolniti na različne načine. V primeru, da odgovorni projektant sledi 7. členu v PPVS, mora v celoti izpolniti zahteve tehnične smernice TSG-1-001:2010: Požarna varnost v stavbah (v nadaljevanju TSG), kar lahko pri večjih lesenih stavbah predstavlja veliko težavo in nasprotje željam investitorja ali arhitekta. Če pa so potrebna odstopanja ali drugačne rešitve, je treba uporabiti 8. člen v PPVS. Ta pravi:

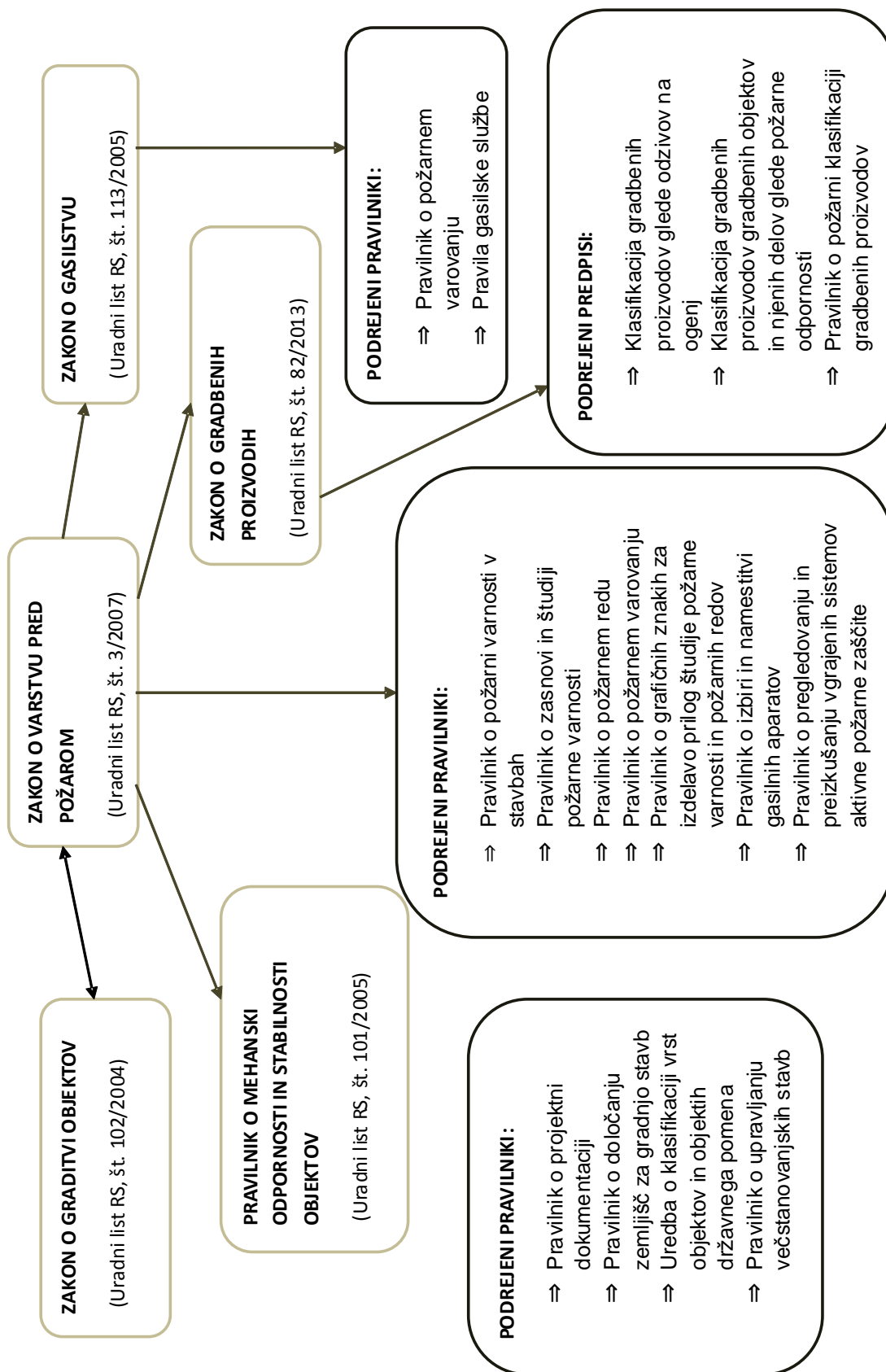
- (1) pri projektiranju in gradnji stavb se smejo namesto ukrepov, navedenih v tehnični smernici iz prejšnjega člena, uporabiti:
 - ukrepi iz standardov, tehničnih smernic, tehničnih specifikacij, kodeksov uveljavljenega ravnanja ali drugih dokumentov, ki določajo požarnovarnostne ukrepe v smislu tega pravilnika ali
 - ukrepi, ki temeljijo na izračunih v okviru metod požarnega inženirstva.
- (2) ukrepi iz prejšnjega odstavka pomenijo uporabo zadnjega stanja gradbene tehnike, v skladu z Zakonom o graditvi objektov. S projektiranjem po zadnjem stanju gradbene tehnike je treba zagotoviti vsaj enako stopnjo varnosti pred požarom, kot s projektiranjem po tehnični smernici iz prejšnjega člena, torej TSG.

Torej je za lažje načrtovanje primerna uporaba tehnične smernice TSG. Njena uporaba pomeni prenos njenih zahtev, ki se nanašajo na konkretno stavbo, v elaborat požarne varnosti. Takšen princip je primerljiv z nemškim, kjer so požarnovarnostne zahteve za stavbe najprej določene v gradbenem zakonu, za posamezne vrste stavb pa še v posameznih odredbah in smernicah (Špec, 2013).

V tehnični smernici TSG so zapisani gradbeni ukrepi oziroma rešitve zgolj priporočen način za izpolnitev v pravilniku predpisanih zahtev o požarni varnosti v stavbah. Upoštevanje priporočenih gradbenih ukrepov je podlaga za domnevo, da so zahteve pravilnika izpolnjene. Pri tem je treba izhajati iz dejstva, da so ukrepi varstva pred požarom praviloma med seboj povezani in njihovega končnega učinka ni mogoče obravnavati izključno na podlagi analize vsakega ukrepa posebej, torej brez upoštevanja rezultatov celotnega izbranega koncepta varstva pred požarom. Zato mora odgovorni projektant pri izbiri ukrepov po tej tehnični smernici in njihovem kombiniranju z ukrepi, navedenimi v različnih referenčnih (podpornih) dokumentih, vedno poskrbeti za njihovo usklajenost (TSG, 2010, točka 0.1.3 Pravne posledice (ne)uporabe tehnične smernice). Zapisano je tudi, da, če je projektiranje sledilo gradbenim ukrepom iz TSG, med gradnjo in pri pridobivanju potrebnih upravnih določil ni treba dokazovati skladnosti z ustreznimi predpisi, ker se ta samodejno domneva na podlagi določb pravilnika. To seveda velja samo v primerih, ko celotno projektiranje požarne varnosti sloni izključno na uporabi te tehnične smernice.

Eden izmed dokumentov, na katerega se sklicuje naša tehnična smernica je nemška smernica Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – HFH HolzR iz leta 2004. Njena uporaba v Sloveniji od odgovornega projektanta požarne varnosti poleg tega zahteva še veliko več kot zgolj razumevanje in povzemanje zahtev iz TSG-1-001:2010. Zahteve v slovenski smernici so določene po pregledu tujih požarnih smernic kot so še: švicarska smernica VKF, avstrijska smernica ÖIB, finska smernica E2, angleška smernica AD B2 ter ameriška smernica NFPA (Drnovšek, 2010).

Slika 28 prikazuje seznam ključnih zakonov in njim podrejenih predpisov, standardov in smernic, ki so pomembni za varstvo pred požarom.



Slika 28: Seznam potrebnih zakonov in njim podrejenih predpisov, ki so potrebni za izdelavo študije požarne varnosti

Za zagotavljanje požarne varnosti so pomembni tudi sledeči standardi:

- SIST ISO 8421 Požarna zaščita – Slovar,
- SIST EN 12845 Vgrajene naprave za gašenje – Avtomatski sprinklerski sistemi – Projektiranje, vgradnja in vzdrževanje,
- skupina standardov SIST EN 54 – Odkrivanje in javljanje požara in alarmiranje,
- skupina standardov SIST EN 13501 – Požarna klasifikacija gradbenih proizvodov in elementov stavb.

Prav tako so za izdelavo zasnove ali študije požarne varnosti objektov pomembni dokumenti:

- zbirka švicarskih požarnovarnostnih predpisov; združenje kantonalnih požarnih zavarovalnic, VKF (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen),
- smernica SZPV 204 Požarnovarnostni odmiki med stavbami,
- vzorčna smernica o požarnovarnostnih zahtevah za lesene požarno odporne gradbene elemente, Muster - Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – HFHHolzR,
- tehnična smernica Approved document B – Volume 2 – Buildings other than dwellinghouses,
- vzorčna smernica za visoke stavbe, Muster – Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (Muster – Hochhaus – Richtlinie – MHHR).

Zaradi lažjega razumevanja smernice M-HFHHolzR so pri Inženirski zbornici Slovenije v letu 2014 izdali njen prevod, ki se imenuje Smernica o požarnovarnostnih zahtevah za gradbene elemente s 60-minutno požarno odpornostjo v lesenih konstrukcijah in je namenjena za načrtovanje po 8. členu smernice TSG. Za načrtovanje in dimenzioniranje je priporočena tudi uporaba standarda SIST EN 1995-1-2:2005. Ta standard in smernice so osnova za požarno zaščito objektov, zato je njihova uporaba priporočena, če ne že nujna. Predpisi narekujejo, da morajo biti zgradbe zasnovane tako, da za določen čas ohranijo svojo nosilno funkcijo tudi v primeru požara. Mehanska odpornost namreč predstavlja največji problem pri požarni izpostavljenosti konstrukcij. Zato je potrebno širjenje požara po stavbi omejiti, kar storimo z delitvijo stavbe na posamezne požarne sektorje. Pri tem morajo elementi, ki tvorijo meje sektorja, vključno s stiki, ohraniti ločevalno funkcijo med ustrezno požarno izpostavljenostjo (Pečenko, 2012). Ohranjena mora biti nosilnost (R), celovitost (E) in izolativnost (I) izpostavljenih elementov. Postopke projektiranja skladno s standardom SIST EN 1995-1-2:2005 pa predstavljamo v nadaljevanju.

4.1 Postopki projektiranja požarno varnih lesenih konstrukcij skladno s SIST EN 1995-1-2:2005

Standard SIST EN 1995-1-2:2005 opisuje načela, zahteve in pravila lesenih konstrukcij, ki so izpostavljene požaru, vključno z naslednjimi vidiki:

Varnostne zahteve

Splošni cilji protipožarne zaščite so omejevanje tveganja, z vidika posameznika, družbe, sosednjih objektov, in kadar je v primeru požara zahtevano, tudi za okolje in požaru neposredno izpostavljenemu premoženju. Bistvene zahteve za omejitev požarne ogroženosti

lahko spremljamo po različnih požarno varnostnih strategijah, ki prevladujejo v državah članicah. To so običajni požarni scenariji (nominalni požari), naravni požarni scenariji (parametrični požar) ter ukrepi pasivne in/ali aktivne protipožarne zaščite. Potrebne funkcije in ravni delovanja lahko določimo bodisi v smislu nominalne (standardne) požarne odpornosti, ki so običajno podane v nacionalnih predpisih, ki se nanašajo na požarno varnost ali z ocenjevanjem potrebnih pasivnih in aktivnih ukrepov. Dodatne zahteve so na primer:

- možnost vgradnje in vzdrževanja škropilnih (sprinklerskih) sistemov,
- pogoji rabe (naseljenosti) stavbe ali požarnega sektorja,
- uporaba odobrenih izolacijskih in prekrivnih materialov, vključno z njihovim vzdrževanjem, ki v tem dokumentu niso navedene, ker so predmet opredelitve pristojnega organa.

Postopek projektiranja

Pri celotnem analitičnem postopku projektiranja požarno odporne konstrukcije se upošteva vedenje sistema pri povišanih temperaturah, potencial toplotne izpostavljenosti in koristnost učinkov aktivne požarne zaščite sistemov, skupaj z negotovostmi, ki so povezane s tem tremi značilnostmi ter pomenom strukture (posledice neuspeha). Mogoče je opraviti postopek za določitev ustrezne uspešnosti, ki vključuje nekatere ali vse od omenjenih parametrov in dokazati, da bo struktura oziroma njeni sestavni deli ustrezno delovali v stavbi pri realnem požaru.

Pripomočki načrtovanja

Pripomočki načrtovanja, ki temeljijo na računskih modelih, so navedeni v SIST EN 1995-1-2:2005. Pripravljeni so s strani zunanjih organizacij. V informativni prilogi F omenjenega standarda so podane smernice, s katerimi si lahko pomagamo pri izbiri ustreznih postopkov za načrtovanje lesenih konstrukcij.

4.1.1 Metode dokazovanja požarne varnosti lesenih konstrukcij

Za ustrezen dokaz požarne odpornosti, kriterij (R), lesene konstrukcije sta v standardu predpisani dve metodi projektiranja. Ti dve metodi pa morata zadostiti zahtevi, da za določen čas požarne izpostavljenosti konstrukcije velja naslednje:

$$E_{d,fi} \leq R_{d,t,fi} \quad (1)$$

V zahtevi (1) $E_{d,fi}$ predstavlja projektni učinek vplivov (projektna vrednost notranjih sil) v požarnem projektnem stanju, določen v skladu s SIST EN 1991-1-2:2004, $R_{d,t,fi}$ pa je pripadajoča projektna odpornost (nosilnost konstrukcije), prav tako v požarnem projektnem stanju. Zahtevo (1) lahko zapišemo tudi v časovnem območju in sicer:

$$t_{fi,requ} \leq t_{d,fi}, \quad (2)$$

kjer je $t_{fi,requ}$ zahtevan čas požarne odpornosti, $t_{d,fi}$ pa projektni čas požarne odpornosti.

Za zadostitev zahtev (1) in (2) so v standardih Evrokod dovoljene naslednje metode projektiranja:

- Poenostavljene računske metode za določene vrste konstrukcijskih elementov (metoda zmanjšane prereza, metoda zmanjšanih materialnih karakteristik)
- Napredne računske metode za analizo odziva konstrukcije ali njenega dela med požarom. Napredne računske metode morajo omogočati realno oceno obnašanja konstrukcije med požarom. Takšna ocena pa je mogoča samo v primeru, če ti modeli vsebujejo vse bistvene fizikalne in kemijske procese obnašanja konstrukcije in njenih sestavnih delov med požarom.

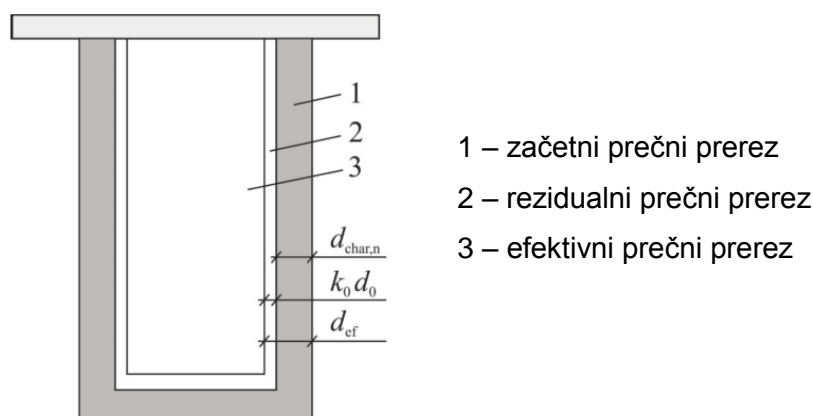
V nadaljevanju bomo predstavili dve metodi dokazovanja požarne odpornosti lesenih elementov skladno s standardom SIST EN 1995-1-2:2005, ki spadata pod poenostavljene računske metode (slika 29).



Slika 29: Metodi za določitev odpornosti lesenega elementa pri požaru

4.1.1.1 Metoda z zmanjšanim prečnim prerezom

Požarna odpornost lesenih elementov se pri metodi z zmanjšanim prečnim prerezom določi ob upoštevanju efektivnega prečnega prereza (slika 30). Za preostali del prereza pa predpostavimo, da se trdnostne in togostne karakteristike ne spreminjajo in so enake kot pri sobni temperaturi.



Slika 30: Rezidualni ter efektivni prečni prerez v skladu s SIST EN 1995-1-2:2005

Nominalna vrednost trdnosti materiala v primeru požara je enaka:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{m,fi}} = k_{fi} \cdot f_k, \quad (3)$$

kjer $k_{mod,fi}$ predstavlja modifikacijski faktor odvisen od vpliva vlage in požara, f_{20} pa 20% fraktilo trdnosti materiala pri sobni temperaturi. V izjemnih pogojih izpostavljenosti ognju, za vse gradbene materiale velja, da je delni varnostni faktor $\gamma_M=1,0$. Oznaka f_k predstavlja karakteristično trdnost pri sobni temperaturi, vrednost k_{fi} pa lahko odčitamo iz preglednice 7 in je določen skladno s tabelo 2.1 v SIST EN 1995-1-2:2005.

Preglednica 7: Koeficienti k_{fi}

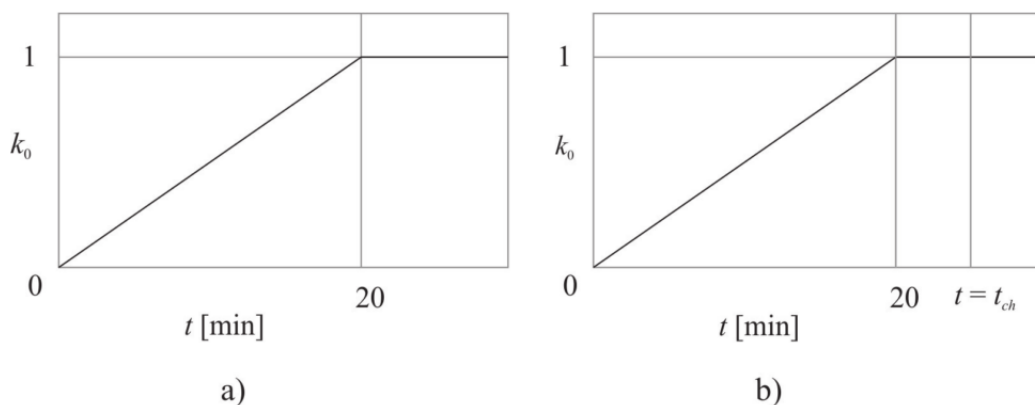
Material	k_{fi}
Masiven les	1,25
Lameliran lepljen les	1,15
Materiali na osnovi lesa	1,15
Furnirji	1,10
Povezave s strani plošče iz lesa ali materialov na osnovi lesa	1,15
Povezave s pritrdilnimi elementi na osnovi jekla	1,05

Parametri trdnostnih in togostnih lastnosti so določeni z faktorjem $k_{mod,fi}=1,0$.

Efektivni prečni prerez se izračuna z zmanjšanjem začetnega prečnega prereza za vrednost efektivne debeline zoglenele plasti d_{ef} .

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0. \quad (4)$$

V zgornji enačbi $d_{char,n}$ predstavlja nominalno debelino oglenele plasti in vključuje vpliv vogalnega oglenenja, faktor $k_0 \cdot d_0$ pa predstavlja del prereza ob zogleneli plasti, ki nič ne prispeva k odpornosti prečnega prereza (= sloj brez nosilnosti). Vrednost faktorja d_0 je v skladu z Evrokodi enaka 7 mm (običajno po približno 20 minutah trajanja požara). Vrednost faktorja k_0 pa lahko odčitamo iz diagrama v standardu SIST EN 1995-1-2:2005 (slika 31).



Slika 31: a) vrednost faktorja k_0 za zaščitene in nezaščitene elemente, $t_{ch} \leq 20$ min, b) za zaščitene elemente, $t_{ch} \geq 20$ min

Za metodo z zmanjšanim prečnim prerezom na koncu dobimo enačbo za račun projektne trdnosti pri požarnem projektnejem stanju enako:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_k = k_{fi} \cdot f_k = f_{20}. \quad (5)$$

4.1.1.2 Metoda z zmanjšanimi materialnimi karakteristikami

Metoda se v skladu s SIST EN 1995-1-2:2005 uporablja za pravokotne prečne prereze, ki so požaru izpostavljeni iz treh ali štirih smeri ter za okrogle prečne prereze, ki so požaru izpostavljeni po celotnem obodu. Upošteva se zmanjšani rezidualni prečni prerez, tako kot je to razvidno na sliki 30 ter zmanjšanje togostne in trdnostne karakteristike lesa, tako kot to podajata enačbi (6) in (7).

Projektna vrednost trdnostnih in togostnih karakteristik je določena kot:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (6)$$

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (7)$$

kjer je $f_{d,fi}$ projektna trdnost, $S_{d,fi}$ pa projektna togost v požaru, f_{20} je 20% fraktila trdnosti pri sobni temperaturi, S_{20} je 20% fraktila togosti pri sobni temperaturi, $\gamma_{M,fi}$ pa je delni varnostni faktor za les pri požaru.

Za požar, ki traja več kot 20 minut se faktor $k_{mod,fi}$ izračuna na naslednje načine:

- Za upogibno trdnost:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1.0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_r}, \quad (8)$$

- Za tlačno trdnost:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1.0 - \frac{1}{125} \cdot \frac{p}{A_r}, \quad (9)$$

- Za natezno trdnost in modul elastičnosti:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1.0 - \frac{1}{330} \cdot \frac{p}{A_r}, \quad (10)$$

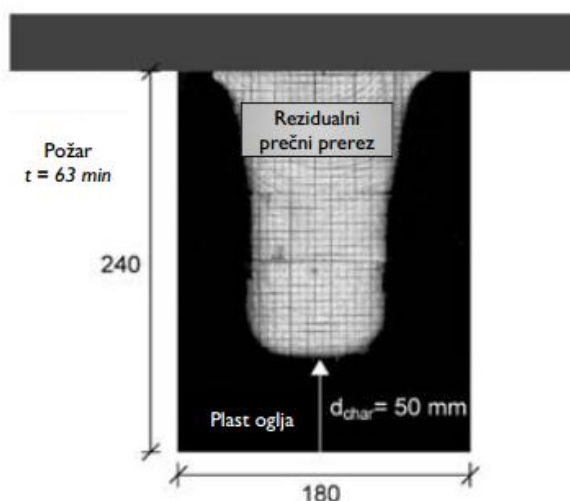
V enačbah (8) - (10) p predstavlja obseg ognju izpostavljenega rezidualnega prečnega prereza v metrih, A_r pa predstavlja ploščino rezidualnega prečnega prereza v m^2 . Za nezaščitene in zaščitene elemente je pri času $t = 0$ vrednost faktorja enaka 1. Za čase $0 \leq t \leq 20$ se vrednost faktorja določi z linearno interpolacijo.

4.1.1.3 Oglenenje lesa v skladu s SIST EN 1995-1-2

Oglenenje lesa je kompleksen proces, odvisen od številnih faktorjev, kot so vrsta lesa, gostota lesa, vsebnost vlage in termičnih lastnosti lesa (Blatnik, 2007). Hitrost oglenjenja β [mm/min] predstavlja razmerje med debelino zoglele plasti in časom. Enačba hitrosti oglenjenja se za primer standardnega požara poenostavljeno lahko zapiše v naslednji obliki:

$$\beta = \frac{d_{\text{char}}}{t} \text{ [mm/min]} \quad (11)$$

Določitev vrednosti hitrosti oglenjenja pri standardni požarni izpostavljenosti prikazuje slika 32.



Slika 32: Hitrost oglenjenja β [mm/min] pri standardnem požaru $t=63$ min (Hozjan, 2014)

Z uporabo enačbe (11) na rezidualnem prečnem prerezu lahko hitrost oglenjenja izračunamo kot:

$$\beta = \frac{d_{\text{char}}}{t} = \frac{50 \text{ mm}}{63 \text{ min}} = 0,8 \text{ mm/min}$$

Določitev globine zoglene plasti $d_{\text{char},0}$ oz. $d_{\text{char},n}$

Standard SIST EN 1995-1-2:2005 podaja izraze za določitev globine zoglene plasti posebej za površine, ki niso zaščitene in zaščitene površine.

- **Površine, ki niso zaščitene**

V primeru enodimenzijskega oglenenja (plošče, stene,...) debelino zoglene plasti določimo po naslednjem izrazu:

$$d_{\text{char},0} = \beta_0 [\text{mm/min}] \cdot t [\text{min}], \quad (12)$$

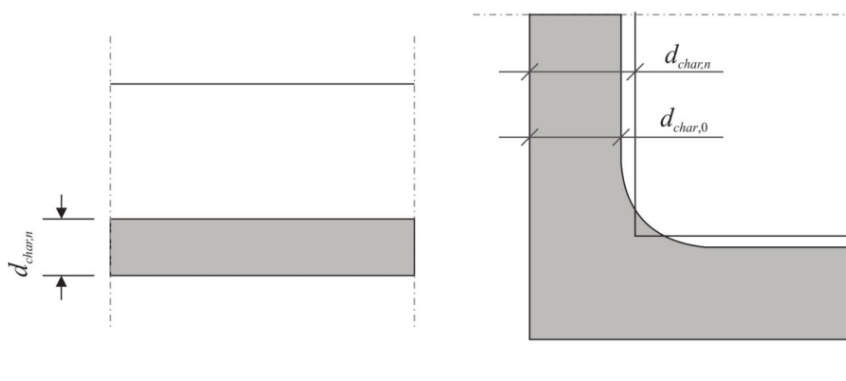
kjer je $d_{\text{char},0}$ debelina zoglene plasti pri eno-dimenzijem oglenenju, β_0 [mm/min] je enodimenzijska hitrost oglenenja pri standardni izpostavljenosti požaru, podana v preglednici 8, t je čas požarne izpostavljenosti pri standardnem požaru. Običajno so nosilni leseni elementi (nosilci, stebri) izpostavljeni ognju z več strani. V tem primeru debelino zoglene plasti določimo kot:

$$d_{\text{char},n} = \beta_n [\text{mm/min}] \cdot t [\text{min}]. \quad (13)$$

V enačbi (13) $d_{\text{char},n}$ predstavlja pravokotno projektno debelino zoglene plasti in vključuje vpliv vogalnega oglenenja, β_n [mm/min] predstavlja hitrost oglenenja in vključuje vpliv oglenenja vogalov ter vpliv razpok, podan je v preglednici 8 ter t je čas požarne izpostavljenosti pri standardnem požaru. Običajno se uporablja nominalno debelino zoglene plasti, izjemoma pa se uporablja enodimenzijsko oglenenje, t.j. v primeru, ko upoštevamo povečano oglenenje ob vogalih. Najmanjša širina elementa b_{min} mora biti enaka:

$$b_{\text{min}} = \begin{cases} 2 \cdot d_{\text{char},0} + 80; & \text{za } d_{\text{char},0} \geq 13 \text{ mm,} \\ 8,15 \cdot d_{\text{char},0}; & \text{za } d_{\text{char},0} < 13 \text{ mm.} \end{cases} \quad (14)$$

V primeru, da je širina elementa manjša od b_{min} , se uporabi nominalna debelina oglene plasti. Za prečne prereze računane z enodimenzionalno stopnjo oglenenja, je radij vogalnega oglenenja enak debelini $d_{\text{char},0}$.



Slika 33: Debelina oglene plasti $d_{char,0}$ za enodimenzijsko oglenenje ter nominalna debelina oglene plasti $d_{char,n}$

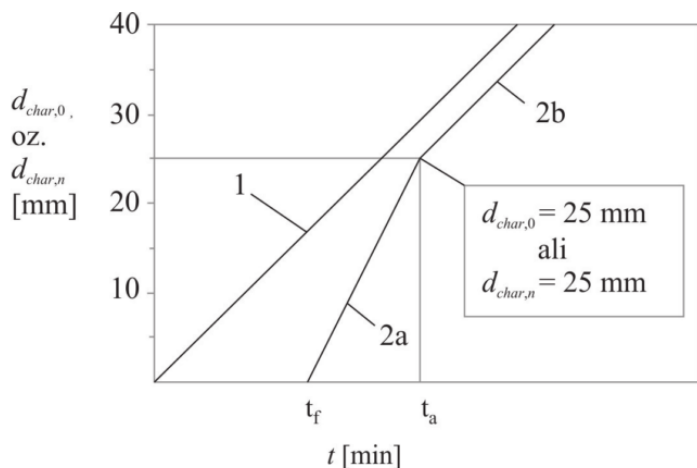
Preglednica 8: Stopnje oglenenja β_0, β_n za različne tipe lesa

	β_0 mm/min	β_n mm/min
(a) Mehak les in bukev lameliran lepljen les, $\rho_k \geq 290 \text{ kg/m}^3$ masiven les, $\rho_k \geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,65	0,7 0,8
(b) Trdi les masiven ali lepljen les, $\rho_k = 290 \text{ kg/m}^3$ masiven ali lepljen les, $\rho_k \geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,5	0,7 0,55
(c) LVL – lepljen furnir $\rho_k \geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
(d) Paneli leseni paneli vezane plošče	0,9* 1,0*	- -
*vrednosti so podane za $\rho_k=450 \text{ kg/m}^3$ in panele debeline 20 mm, za različne debeline in gostote glej točko 3.4.2(9) v SIST EN 1995-1-2:2005		

• **Površine stebrov in nosilcev, ki so na začetku požara zavarovani pred ognjem**

Za površine, ki so zaščitene s protipožarnimi oblogami ali z drugimi materiali, se upošteva, da je začetek oglenenja zamaknjen za čas t_{ch} . Oglenenje se lahko prične preden odpove požarna zaščita, vendar je pri tem stopnja le-tega manjša kot v primeru, da je element nezaščiten. Ko požarna zaščita odpove, t.j. pri času t_f , se stopnja oglenenja spremeni in les začne ogleneti z večjo stopnjo. Pospešeno oglenenje se dogaja do časa t_a , pri katerem se stopnja zmanjša in je enaka tisti, ki je podana v preglednici 8. Pri času t_a debelina oglene plasti doseže enako debelino, kot če je element nezaščiten in je zato stopnja normalna. Čas t_a dosežemo tudi, ko zoglenela plast preseže debelino 25 mm. S tem je zagotovljena zadostna izolativnost prereza, da je stopnja oglenenja normalna. Na naslednji sliki prikazujemo potek oglenenja. Na sliki 34, krivulja z oznako 1 prikazuje potek oglenenja za nezaščiten prerez, stopnjo oglenenja določimo v skladu s preglednico 8. Krivulja 2a prikazuje

potek oglenenja za zaščiten prerez, pri tem se oglenenje prične ko odpove požarna zaščita, stopnja pa je večja kot pri nezaščitem prerezu. Krivulja 2b prikazuje stanje, ko debelina zoglene plasti doseže 25 mm ali več. Stopnja oglenenja se pri tem zmanjša in je enaka kot pri nezaščitem prerezu.



Slika 34: Debelina oglene plasti v odvisnosti od časa, $t_{ch} = t_f$, debelina oglene plasti pri času t_a je najmanj 25 mm

Za požarno zaščitene površine, ki so sestavljene iz ene ali več plasti plošč na osnovi lesa ali lesenega opaža je čas začetka oglenitve t_{ch} komponente zaščitenega lesa izražen kot:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0}, \quad (15)$$

kjer je h_p debelina panela, v primeru večslojnosti plasti. Za zaščito iz mavčno-kartonaste plošče tipa A, F ali H glede na standard EN 520, je čas začetka pooglenitve t_{ch} v skladu z EN 1995-1-2 definiran kot:

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14 \quad (16)$$

h_p je debelina panela, izražena v mm. V standardu EN 1995-1-2:2005 najdemo še pogoje za materiale iz več plasti, različnih vrst plošč, časovne soodvisnosti in izračune za sestave z mineralno volno. Za nosilce in stebre, ki so zaščiteni s kameno volno, je čas začetka pooglenitve t_{ch} izražen kot:

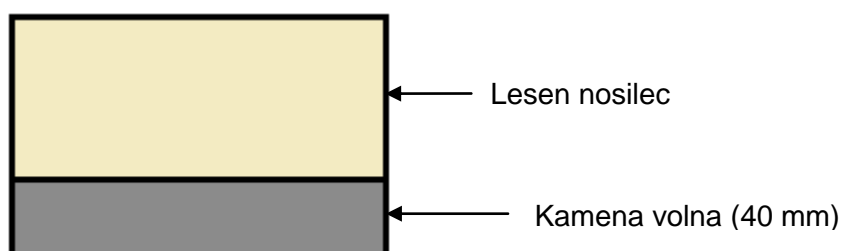
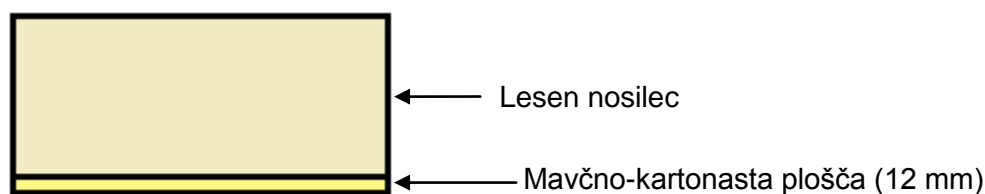
$$t_{ch} = 0,07 \cdot (h_{ins} - 20) \cdot \sqrt{\rho_{ins}} \quad (17)$$

V izrazu (17) vrednost h_{ins} predstavlja debelino izolacijskega materiala v mm, ρ_{ins} pa gostoto materiala v kg/m^3 .

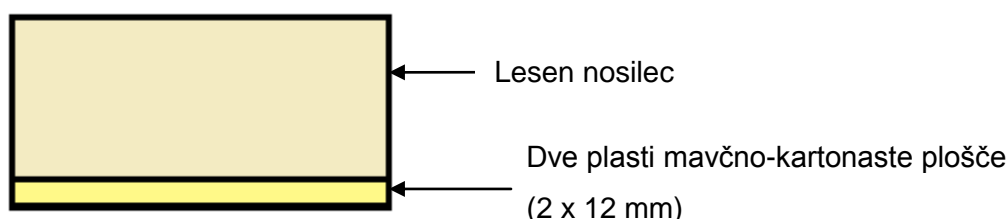
Za površine, ki so sestavljene iz dveh plasti mavčno-kartonastih plošč tipa A ali H, je potrebno čas začetka pooglenitve izračunati po izrazu (16). Vrednost h_p predstavlja debelino zunanje plasti vključno s 50% debeline notranje plasti, pod pogojem, da je razmik pritrdilnih elementov v notranji plasti manjši od razmika pritrdilnih elementov v zunanji plasti. Podobno račun izvedemo tudi za mavčno-kartonaste plošče tipa F, le da je debelina h_p nekoliko spremenjena.

Računski primer izračuna časa začetka oglenenja zaščitene lesene površine t_{ch}

Obravnavamo lesen nosilec zaščiten s 40 mm debelim izolacijskim materialom (kamena volna) ter 12 mm mavčno-kartonasto ploščo. Določili bomo potrebni čas začetka oglenenja t_{ch} za tri primere zaščite: (i) mavčno-kartonasta plošča debeline 12 mm (slika 35 – zgoraj), (ii) kamena volna debeline 40 mm (slika 35 – spodaj) in (iii) dve plasti mavčno-kartonaste plošče (2 x 12 mm) (slika 36).



Slika 35: Primer izračuna (i) - zgoraj, primer izračuna (ii) – spodaj



Slika 36: Primer izračuna (iii)

V primeru, da je nosilec zaščiten samo z mavčno-kartonasto ploščo čas t_{ch} določimo po izrazu (16) in dobimo:

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14 = 2,8 \cdot 12 - 14 = 19,6 \text{ min}$$

Če pa obravnavani nosilec zaščitimo s kameno volno upoštevamo izraz (17) in dobimo:

$$t_{ch} = 0,07 \cdot (h_{ins} - 20) \cdot \sqrt{\rho_{ins}} = 0,07 \cdot (40 - 20) \cdot \sqrt{120} = 15,3 \text{ min}$$

Pri upoštevanju dveh plasti mavčno-kartonaste plošče tipa A, z upoštevanjem izraza (16) dobimo čas začetka oglenenja enak:

$$t_{ch} = 19,6 + 0,5 \cdot 15,3 = 27,3 \text{ min, ki je večji od 15,3 minut, dobljenih po izrazu (17).}$$

Pri interpretaciji izračunanih rezultatov je potrebno biti pazljiv. Razvidno je, da dve plasti mavčno-kartonastih plošč poskrbita, da je pričetek oglenenja kasnejši kot v primeru enojne plasti.

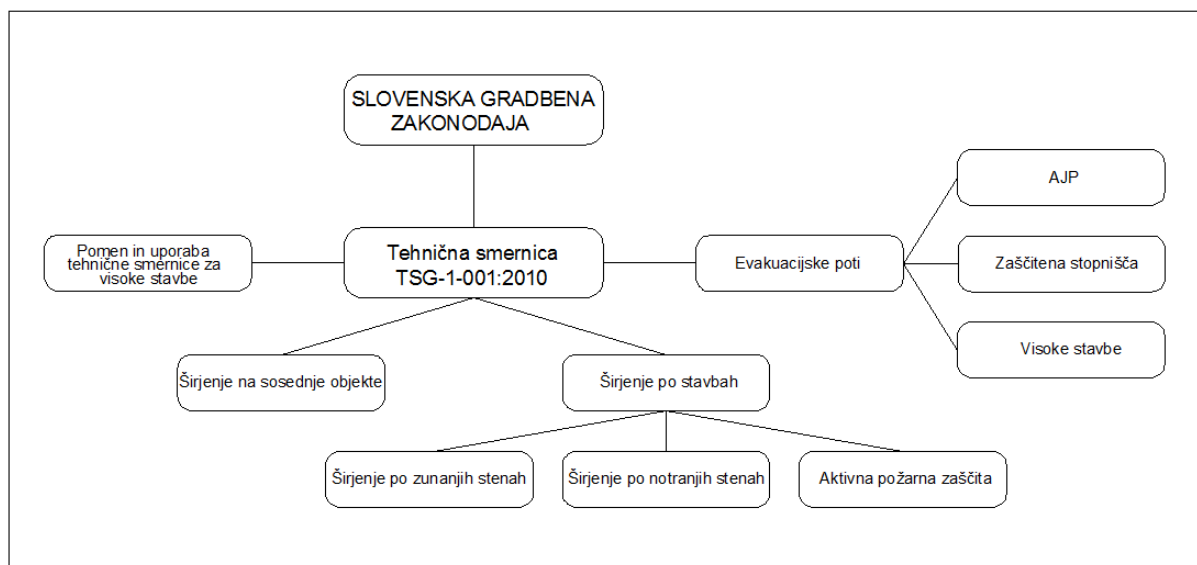
V čem se slovenske smernice najbolj razlikujejo od tujih smernic zagotavljanja požarne varnosti pa bomo predstavili v nadaljevanju. Primerjali bomo slovensko, nemško in angleško smernico zagotavljanja požarne varnosti za večnadstropne lesene objekte.

5 SLOVENSKI IN TUJI PREDPISI POŽARNE VARNOSTI

To poglavje je namenjeno ponazoritvi bistvenih elementov slovenske tehnične smernice TSG-1-001:2010 Požarna varnost v stavbah (v nadaljevanju TSG) v zvezi s požarno varnostjo lesenih večetažnih stanovanjsko-poslovnih objektov. Poleg tega sta predstavljeni še nemška in angleška smernica ter njihove prednosti in/ali pomanjkljivosti izpostavljenih elementov z vidika požarne varnosti stanovanjskih in poslovnih lesenih objektov. Vsaka izmed smernic obsega diagram ravni, katerim smo v tem poglavju dali večji pomen. Skušali smo zajeti tako odmike, ki so potrebni za preprečevanje širjenja požara na sosednje objekte, požarno odpornost stavbe ali dela stavbe, obloge, ki so dovoljene na zunanjih oziroma notranjih površinah, zahteve glede aktivne požarne zaščite kot tudi na koncu evakuacijske poti in njihove omejitve.

5.1 Slovenska tehnična smernica TSG

TSG temelji na določenih pravilih in zakonih, upošteva pa vrsto specifičnih Evropskih standardov in smernic zagotavljanja požarne varnosti. Pri nekaterih ukrepih požarne varnosti se ne spušča v podrobnosti, ampak se sklicuje na tuje predpise, standarde in smernice. Pri pripravi tehnične smernice so se za to odločili namenoma. Razlogi so predvsem v pomanjkanju finančnih sredstev pri pripravi smernice (obnavljajo jo na vsakih 5 let) oziroma pomanjkanju stroke na tem področju. Kljub temu pa je potrebno ob povzemanju tujih smernic zagotavljati enako ali boljšo požarno varnost, kot jo predpisuje sklicujoči dokument.



Slika 37: Ravni tehnične smernice TSG

TSG določa priporočene gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev Pravilnika o požarni varnosti v stavbah in je sestavljena iz naslednjih delov (slika 37):

- širjenje požara na sosednje objekte,
- nosilnost konstrukcije ter širjenje požara in dima po stavbah,
- evakuacijske poti in sistemi za javljanje požara ter alarmiranje,
- naprave za gašenje in dostop gasilcev.

Kot smo že omenili mora doseganje predpisane ravni požarne varnosti izhajati iz elaborata požarne varnosti. Izdelava študije požarne varnosti je obvezna za požarno zahtevne objekte, ki smo jih prikazali v preglednici 6. Zaradi boljše preglednosti, v preglednici 9 ponovno izpostavljam obveznosti izdelave požarne študije, kjer smo se omejili zgolj na stanovanjske in poslovne objekte. V požarno manj zahtevnih objektih, se za doseganje predpisane ravni požarne varnosti izdelava zasnova požarne varnosti.

Preglednica 9: Obveznosti izdelave požarne študije

Razvrstitev objektov po skupinah (skladno s CC-SI ¹)	Zahteve za objekt, če je izpolnjen vsaj eden od naštetih pogojev oziroma glede na namen uporabe
112 – Večstanovanjske stavbe	- stavbe z več kot 10 stanovanji
122 – Poslovne in upravne stavbe	- stavbe, v katerih se lahko hkrati zadržuje več kot 100 ljudi, - stavbe z bruto tlorisno površino vseh prostorov več kot 1000 m ²

¹Uredba o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena (Uradni list RS, št. 109/11)

²Skupna površina vseh prostorov, ki tvorijo s stavbo oziroma stavbami zaključeno funkcionalno celoto SIST ISO 9836

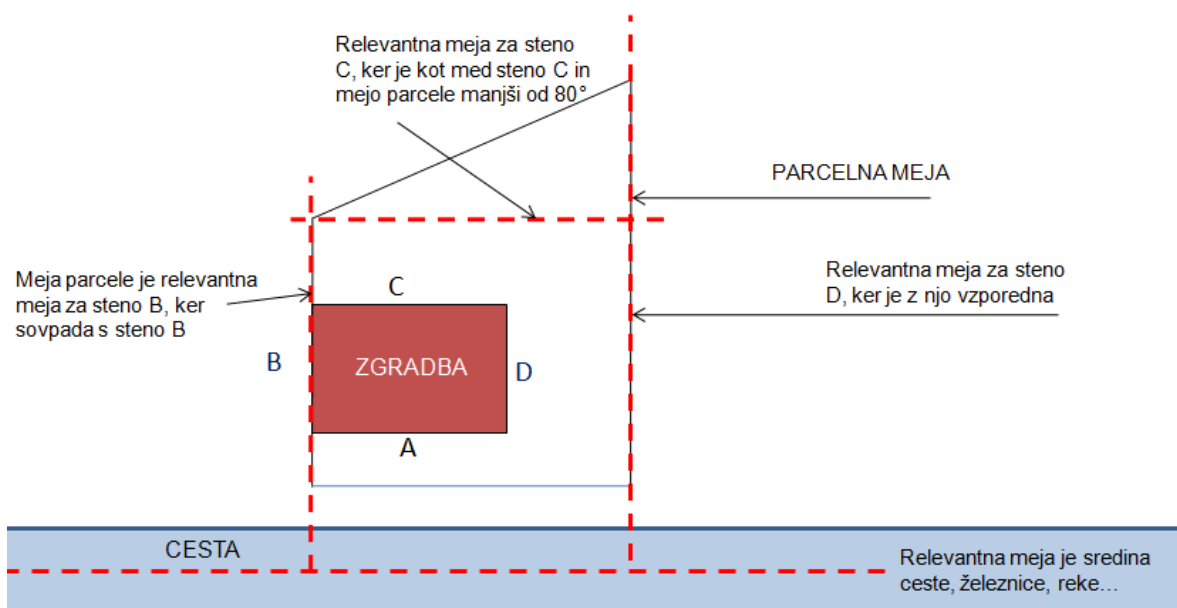
5.1.1 Širjenje požara na sosednje objekte

Pri preprečevanju širjenja požara na sosednje objekte je pomembno, da so zunanje stene in strehe projektirane in grajene tako, da je z upoštevanjem njihovega odmika od meje parcele omejeno širjenje na sosednje objekte.

Stavbe je potrebno načrtovati tako, da se požar za določen čas ne bo mogel razširiti na sosednje objekte, tudi če bi ti stali na parcelni meji. To se zagotavlja z ustrezno požarno zaščito fasade in strehe stavbe in z odmikom stavbe od sosednje parcele za najmanj toliko, da je ta zahteva izpolnjena. Ukrepi za preprečevanje prenosa požara na sosednje objekte po tehnični smernici temeljijo na naslednjih izhodiščih:

- intenzivnost požara je odvisna od velikosti požarnega sektorja; požar lahko zajame celoten požarni sektor, ne bo pa se razširil prek njegovih meja,
- nevarnost nastanka požara in njegova intenziteta sta odvisni od namembnosti stavbe; zmanjšata se, če je vgrajen sprinklerski sistem,
- toplotno sevanje skozi požarno odporno steno se lahko zanemari.

Poleg tega načrtovana stavba z vidika požarne varnosti ne sme vplivati na pogoje za gradnjo, rekonstrukcijo ali dograditev objektov na sosednjih zemljiščih, razen če je tam javna cesta, železnica, reka ali druga naravna ovira, ki trajno onemogoča gradnjo. Zato se izračun minimalnih dovoljenih razdalj uporablja razdalja med načrtovano stavbo in relevantno mejo.



Slika 38: Relevantna meja stavbe (Kušar, 2011)

Relevantno mejo (slika 38) predstavlja linija, od katere se merijo zahtevani odmiki stavbe oziroma določa največji dovoljeni delež požarno nezaščitenih površin zunanje stene. Za izračun teh TSG podaja 3 različne metode določitve:

- Metoda 1 se lahko uporablja samo za stanovanjske stavbe (CC-SI 11), ki so več kot 1 m oddaljene do relevantne meje. Stavba ima največ tri nadstropja, fasada proti meji pa ni daljša od 24 m.
- Metoda 2 se lahko uporablja za stavbe ali požarne sektorje v stavbi kakršnekoli namembnosti, če so več kot 1 m oddaljeni od relevantne meje in bruto tlorisna površina stavbe ni večja kot 2000 m². Stavba oziroma požarni sektor ne sme biti višji kot 10 m, razen če gre za odprte garažne stavbe.
- Pri metodi 3 pa se za izračun odmika stavbe ali požarnega sektorja v stavbi kakršnekoli namembnosti oziroma nezaščitenih površin uporabi smernica SZPV 204.

5.1.2 Širjenje požara po stavbah

Stavbe morajo biti projektirane in grajene tako, da njihova nosilna konstrukcija ob požaru določen čas ohrani potrebno nosilnost. Razdeljene morajo biti v požarne sektorje, če je to nujno za omejitev hitrega širjenja požara v njih. Projektirati in graditi jih je potrebno tako, da se v največji možni meri omeji hitro širjenje požara po navpičnih in vodoravnih povezavah. Za omejitev hitrega širjenja požara po stavbi je potrebna uporaba takih gradbenih materialov oziroma gradbenih proizvodov, ki:

- se težko vžgejo,
- v primeru vžiga oddajajo majhne količine toplote in dima in
- omejujejo hitro širjenje požara po površini.

Pri projektiranju in gradnji je treba v nekaterih primerih upoštevati tako zahteve za požarno odpornost (R) nosilne konstrukcije (preglednica 10) kot zahteve za požarno odpornost mejnih gradbenih elementov (E in I) požarnih sektorjev (preglednica 11).

Za določitev požarne odpornosti gradbenih elementov je potrebno opredeliti osnovne pojme, s katerimi se srečamo pri izdelavi študije požarne varnosti. Požarna odpornost je čas v katerem gradbeni element ali celotna zgradba v požaru obdržijo svoje osnovne funkcije. Določi se na osnovi standardiziranih preizkusov (ZAG) oziroma računskih metod. Zaradi kompleksnosti požara je težko določiti točen čas, zato se predpisi gibajo na varni strani. Požarna odpornost je torej definirana kot čas od začetka segrevanja do trenutka, ko gradbeni element ne more več izpolnjevati svojih osnovnih nalog:

- **R – NOSILNOST** (steber, nosilec, stene, stropi) – sposobnost gradbenega elementa, da med izpostavljenostjo požaru opravlja svojo nalogo – nosi predvideno obremenitev.
- **I – IZOLATIVNOST** (stene, stropi, tla, vrata, okna,...) – sposobnost ločevalnega elementa gradbene konstrukcije, da preprečuje prekomeren prehod toplote.
- **E – CELOVITOST** – sposobnost ločevalnega elementa gradbene konstrukcije, da v primeru izpostavljenosti ognju z ene strani prepreči prehod plamenov in vročih plinov ali plamenov na drugi strani.

Preglednica 10 prikazuje požarno odpornost posamezne vrste stavbe ali dela stavbe, ki vsebuje leseno nosilno konstrukcijo (povzeto po TSG).

Preglednica 10: Potrebna požarna odpornost posamezne vrste stavbe ali dela stavbe, ki vsebuje leseno nosilno konstrukcijo


Število etaž ¹	Zaščita v stavbi (sprinklerski sistem)	(P) do 600 m ² BET	(P+1) do 600 m ² BET	(P in P+1) nad 600 m ² BET	(P+2)	(P+3)	(P+4) (P+5)	(P+6) (P+7)	
									Vrsta stavbe ali dela stavbe (CC-SI)
112 - Večstanovanjske stavbe	NE		R 60	R 60	R 60	R 60	/	/	
	DA		R 60	R 60	R 60	R 60	R 60	/	
113 - Stanovanjske stavbe za posebne namene	NE	R 30	R 60	R 60	/	/	/	/	
	DA	R 30	R 60	R 60	R 60	R 60	/	/	
121 - Gostinske stavbe	NE	ng ali R 30	R 30	R 30	R 60	/	/		
1241 - Postaje, terminali, stavbe za elektronske komunikacije in z njimi povezane stavbe									
1261 - Stavbe za kulturo in razvedrilo	DA			R 30	R 60	R 60	/	/	
1262 - Muzeji in knjižnice									
1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno - raziskovalno delo									
1265 - Športne dvorane									
123 - Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti									
1272 - Stavbe za opravljanje verskih obredov, pokopališke stavbe	NE		ng ali R 30	R 30	R 30	R 60	/	/	
122 - Upravne in pisarniške stavbe	1242 - Garažne stavbe	DA			ng ali R 30	R 30	R 60	R 60	/
125 - Industrijske stavbe in skladišča do 1000 MJ/m ²	1271 - Nestanovanjske kmetijske stavbe	NE	R 30	R 60	R 60	/	/	/	
1264 - Stavbe za zdravstvo	DA	R 30	R 60	R 60	R 60	R 60	/	/	
	NE	/	/	/	/	/	/	/	
1274 - Nestanovanjske stavbe, ki niso uvrščene drugje	DA	R 30	R 30	R 30	R 30	/	/	/	

	dovoljena lesena nosilna konstrukcija
	dovoljena lesena nosilna konstrukcija, zaščiten s požarno odpornimi in negorljivimi materiali, skladno z M-HFHolzR
	ni zahtev
	obvezna vgradnja sprinklerskega sistema v smislu popolne zaščite

¹ Podest/galerije s površino do 40 % bruto tlorisne površine posamezne etaže ne štejejo za etaže
Zaščita v stavbi: ali je v stavbi vgrajen sprinklerski sistem v smislu popolne zaščite ali ne
BET – bruto tlorisna površina
ng – negorljiva nosilna konstrukcija






Zaradi obravnavanja višjih stavb iz lesene nosilne konstrukcije nas zanimajo zgolj zadnji trije stolpci preglednice 10. V tej preglednici je izpuščena vrsta stavbe 125 – Industrijske stavbe in skladišča nad 1000 MJ/m², ker tehnična smernica zanje ne predvideva lesene nosilne konstrukcije.

Če se omejimo zgolj na večstanovanjske in poslovne stavbe, je iz zgornje preglednice razvidno, da slovenska tehnična smernica ne predvideva gradnje večstanovanjskih stavb brez vgradnje sprinklerskega sistema za število etaž od (P+4) do (P+7), za do šest nadstropnih večstanovanjskih stavb iz lesene nosilne konstrukcije, pa zahteva vgradnjo sprinklerskega sistema v smislu popolne požarne zaščite. Na enak način obravnava upravne

in pisarniške stavbe. Za nobeno od izpostavljenih kategorij stavb tehnična smernica TSG ne predvideva gradnje iz lesene nosilne konstrukcije višje od (P+5). Poudarimo pa lahko, da z oznako  (glej preglednico 10) ni utemeljena vrsta nosilne konstrukcije (za druge kategorije stavb ali delov stavb).


Ustrezna celovitost (E) in izolativnost (I) kot merili za požarno odpornost mejnih elementov požarnega sektorja sta doseženi, če so upoštevane zahteve iz preglednice 11:

Preglednica 11: Zahteve glede požarne odpornosti posamezne vrste ali dela stavbe

Število etaž ¹	Zaščita v stavbi (sprinklerski sistem)	(P)	(P+1)	(P+2)	(P+3)	(P+4) (P+5)	(P+6) (P+7)
		Vrsta stavbe ali dela stavbe (CC-SI)					
113 - Stanovanjske stavbe za posebne namene	NE	EI 30	EI 60	EI 60	/	/	/
	DA	EI 30	EI 60	EI 60	EI 60	/	/
121 - Gostinske stavbe	NE	EI 30	EI 30	EI 60	/	/	
1241 - Postaje, terminali, stavbe za elektronske komunikacije in z njimi povezane stavbe							
1261 - Stavbe za kulturo in razvedrilo	DA	EI 30	EI 30	EI 60	EI 60	/	/
1262 - Muzeji in knjižnice							
1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno - raziskovalno delo							
1265 - Športne dvorane							
123 - Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti							
1272 - Stavbe za opravljanje verskih obredov, pokopališke stavbe	NE	EI 30	EI 30	EI 30	EI 60	/	/
122 - Upravne in pisarniške stavbe	DA	EI 30	EI 30	EI 30	EI 60	EI 60	/
1242 - Garažne stavbe							
125 - Industrijske stavbe in skladišča do 1000 MJ/m ²	NE	EI 30	EI 60	EI 60	/	/	
1271 - Nestanovanjske kmetijske	DA	EI 30	EI 60	EI 60	EI 60	/	/
1264 - Stavbe za zdravstvo	NE	/	/	/	/	/	/
	DA	/	/	/	/	/	/
1274 - Nestanovanjske stavbe, ki niso uvrščene drugje	NE	/	/	/	/	/	/
	DA	/	/	/	/	/	/
	poleg negorljivih materialov, dovoljeni tudi leseni mejni elementi						
	poleg negorljivih materialov, dovoljeni tudi leseni mejni elementi, če so izvedeni skladno z M-HFHolzR						
	obvezna vgradnja sprinklerskega sistema v smislu popolne zaščite						

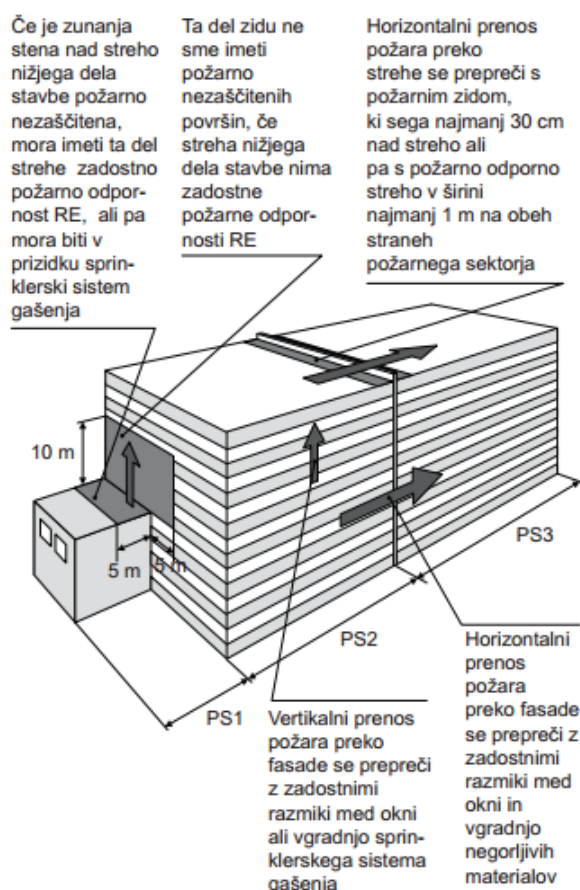
¹ Podest/galerije s površino do 40 % bruto tlorisne površine posamezne etaže ne štejejo za etaže

V preglednici 11 opazimo, da tehnična smernica TSG za večstanovanjske stavbe ne predvideva zahtev doseganja ustrezne celovitosti in izolativnosti za požarno odpornost mejnih elementov požarnega sektorja. Kar bi lahko razumeli, da se za izpolnjevanje teh

zahtev pri stavbah z leseno nosilno konstrukcijo (višjih od P+4), obrnemo na nemško smernico. Pomembno pa je dejstvo, da je pri stavbah, katere deli imajo različno namembnost, požarna odpornost mejnih elementov določena z upoštevanjem najvišje zahteve za del stavbe. Z oznako  skladno z M-HFHolzR pomeni, da mora požarnozaščitna obloga najmanj 60 minut preprečevati, da bi se nosilni gradbeni elementi in ojačitve iz lesa in lesnih tvoriv vneli, in mora biti po DIN EN 13501-2 klasificirana kot K₂60 (preglednici 16 in 17). Skladno s TSG je lahko lesena stena element nosilne konstrukcije stavbe z zahtevo za požarno odpornost R 60, torej mora v požaru ohraniti svojo nosilnost 60 minut, in hkrati mejni gradbeni element s požarno odpornostjo EI 30, ki deli stavbo v požarne sektorje in mora ohraniti celovitost E in izolativnost I 30 minut.

5.1.2.1 Širjenje požara po zunanjih stenah

Zunanje stene in streha stavbe morajo biti projektirane in grajene tako, da toplotno sevanje ne more povzročiti niti vertikalnega prenosa požara po zunanjih stenah, niti horizontalnega prenosa požara po zunanjih stenah in strehi.



Slika 39: Prenos požara preko zunanjih sten in strehe (TSG)

Pri požarni odpornosti zunanjih sten stavbe in požarno nezaščitene površine tehnična smernica TSG v točki 1.3 (1) opredeljuje, da zunanja stena stavbe izpolnjuje zahteve varstva

pred požarom glede možnosti širjenja požara med stavbami, če ima požarno odpornost najmanj (R)EI 60, če je načrtovana stavba od relevantne meje odmaknjena manj kot 1 m (zunanja stena mora biti odporna proti požaru z obeh strani), oziroma če je odmik od relevantne meje od 1 m do 5 m. V tem primeru mora biti požarna odpornost zunanje stene najmanj RE(W) 60, pri odmiku več kot 5 m pa (R)E 60.

V primeru, da je odmik stavbe od relevantne meje večji od višine zunanje stene in večji od 10 m, ni zahtev odpornosti zunanje stene proti relevantni meji. Višina stene se meri od nivoja terena do stika med steno in streho. To bi pomenilo, da mora v primeru kompleksa visokih lesenih blokov, kjer je odmik posamezne stavbe od relevantne meje manjši od 10 m, zunanja stena dosegati določeno požarno odpornost. Tehnična smernica v požarno odpornih zunanjih stenah dovoljuje požarno nezaščitene površine. Metode za izračun sprejemljivih deležev nezaščitene površine zunanjih sten pa smo že predstavili v poglavju 5.1.2 Širjenje požara na sosednje objekte.

Obloge zunanjih sten

Obloge zunanjih sten so elementi, ki so pritrjeni na nosilno konstrukcijo stavbe (skodle, toplotno-izolacijski kompozitni sistemi z ometom, steklene fasade in prezračevani fasadni sistemi). Minimalne zahteve glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten v odvisnosti od višine stavbe so navedene v preglednici 12 (TSG).

Preglednica 12: Minimalne zahteve glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten po TSG

Stavbe iz skupin CC-SI:	Višina stavbe, klasifikacija stavbe		
	do 10 m	10 do 22 m	> 22 m
11 - Stanovanjske stavbe 121 - Gostinske stavbe 122 - Upravne in pisarniške stavbe 126 - Stavbe splošnega družbenega pomena 1272 - Stavbe za verske obrede, pokopališke stavbe 1273 - Kulturni spomeniki 1274 - Druge nestanovanjske stavbe	D-s2,d1	B-d1*	v celoti uporabljajo zahteve MHHR
123 - Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti 124 - Stavbe za promet in stavbe za elektronske komunikacije 125 - Industrijske stavbe in skladišča 1271 - nestanovanjske kmetijske stavbe	D-d1	C-s2,d1*	/

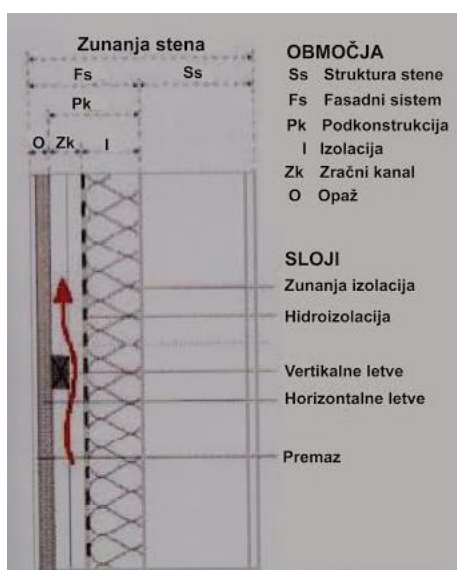
*Za sisteme ETICS (kompozitni sistemi za zunanjo toplotno izolacijo stavbe) z gorljivo izolacijo se za stavbe z višino od 10 do 22 m lahko uporablja razred najmanj B-d1.

Fasade iz lesa

Strukturna protipožarna zaščita in zaustavitev požara sta temeljni zahtevi pri fasadah, ki se uporabljajo kot zunanje površine sten večnadstropnih stavb (ne glede na uporabljeni material). Cilj je preprečiti nenadzorovano širjenje požara na površini in v prezračevalnih kanalih (če so prisotni) za zahtevano časovno obdobje. V odvisnosti od vrste in/ali materiala, uporabljenega za izvedbo fasade, so dodatni konstrukcijski protipožarni ukrepi za zmanjšanje širjenja požara bistvenega pomena. Tako so lahko les in leseni proizvodi uporabljeni brez zmanjšanja zahtevane ravni požarne varnosti. Fasadna obloga iz lesa je dovoljena tudi pri stavbah, pri katerih obstajajo zahteve za požarno odpornost mejnih elementov med etažami. Zahteva, ki jo je pri več-etažnih stavbah potrebno upoštevati je, da je lesena obloga fasade prekinjena s kovinskim profilom, debeline najmanj 2 mm, ki je pritrjen na nosilno konstrukcijo (požarno-tehnični ukrep omejevanja širjenja požara po fasadi). Prav tako mora biti zagotovljena intervencija ustrezno opremljene gasilske enote v največ 15 minutah od poziva.

Obnašanje lesenih fasad, ki so izpostavljene požarni obremenitvi, je odvisno od:

- vrste in funkcije fasade (fasada z vgrajeno zasteklitvijo, perforirana fasada, kotna fasada),
- vrste in uskladitve lesenih letev,
- podkonstrukcije, vključno s prezračevalnimi kanali.



Slika 40: Področja in plasti zunanje strukture zidu (Östman, 2010)

Vpliv fasadnih slojev na obnašanje požara je razložen v nekaj podrobnostih spodaj (Östman, 2010):

Zunanji opaž

Obnašanje ognjevarnih materialov iz lesa bodo v primeru požara odvisni predvsem od geometrije. Na splošno:

- večja kot je površina, bolj intenziven je ogenj,

- navpične fasadne obloge gorijo bolj intenzivno kot horizontalne,
- površina (brušena, skobljana ali neskoobljana) fasadnih oblog kot tudi premazov (vodnih ali z debelino $\leq 0,5$ mm) ima uspešen vpliv odziva na ogenj. Premazi (parafin, plastika itd.) pa povečajo požarno intenzivnost,
- staranje lesa (razpoke, krivljenje itd.) ima pozitiven vpliv odziva na ogenj. Razpoke odkrijejo zavarovana območja ali povečajo površine fasadnih sistemov povezane s požarno intenzivnostjo.

Podkonstrukcija

Vrste podkonstrukcij, kot tudi debelina letve, imajo pomemben vpliv na obnašanje v primeru požara:

- manjšo izpostavljenost ognju z zanemarljivim širjenjem požara v horizontalni smeri pričakujemo v prezračevanih kanalih z odmikom med vertikalnimi letvami manj kot 30 mm,
- če se prečne letve uporabijo v prezračevanih kanalih, mora biti horizontalno širjenje požara omejeno s požarnimi zaporami med vsakim oknom, vendar ne več kot 5 m narazen,
- folije, npr. za zaščito pred vlago, imajo zanemarljiv vpliv na obnašanje fasadnega sistema med požarom.

Struktura zunanje stene

Negorljivi zunanji opaži se zahtevajo samo za večnadstropne stavbe z več kot tremi nadstropji, tako da ne pride, kot posledica izpostavljenosti zunanjemu ognju, do vžiga nosilnega sistema. Ta omejitev pa ne velja za vse evropske države.

Prezračevana fasada

V primeru prezračevane fasade mora biti toplotnoizolacijski material za izdelavo prezračevanih fasad negorljiv, razreda A1 ali A2-s1,d0, tako, kot nam to narekuje tehnična smernica požarne varnosti v stavbah TSG. Če je podkonstrukcija prezračevanih fasad lesena, spadajo te fasade med lesene fasade. Pri takih stavbah z višino nad 10 m ali z več kot tremi etažami nad terenom so potrebni dodatni ukrepi kot (SZPV, 2012):

- izvedba fasade brez praznih prostorov, skozi katere bi se lahko širil požar,
- zunanji zaključni sloj iz negorljivega materiala, debeline najmanj 0,5 mm,
- notranja stena s požarno odpornostjo najmanj EI 30.

Preglednica 13 prikazuje minimalne zahteve fasadnih proizvodov glede odziva na ogenj za stavbe, ki ne spadajo med visoke stavbe, v odvisnosti od njene namembnosti in višine.


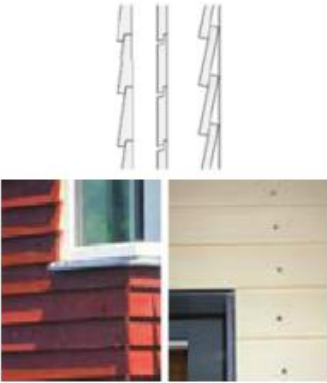
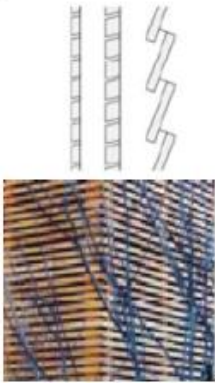



Preglednica 13: Minimalne zahteve za klasifikacijo proizvodov za fasade glede odziva na ogenj za stavbe, ki ne spadajo med visoke stavbe, v odvisnosti od namembnosti in višine. Pri visokih stavbah velja zahteva po klasifikaciji A1 ali A2-s1,d0 (SZPV, 2012)

Stavbe iz skupin CC-SI:	Višina stavbe, klasifikacija stavbe	
	do 10 m	od 10 m do visokih stavb
112 - Večstanovanjske stavbe 1121 - Dvostanovanjske stavbe 1122 - Tri- in večstanovanjske stavbe	D-s3,d2	B-d0
122 - Poslovne in upravne stavbe 1220 - Poslovne in upravne stavbe 12201 - Stavbe javne uprave 12203 - Druge poslovne stavbe	D-s3,d2	B-d0
125 - Industrijske stavbe in skladišča brez nevarnih kemikalij in s požarno obremenitvijo pod 1000 MJ/m ²	D-d0	C-s3,d0
125 - Industrijske stavbe in z nevarnimi kemikalijami (kemična industrija) 125 - Industrijske stavbe s požarno obremenitvijo, enako ali večjo kot 1000 MJ/m ²	A1 ali A2	A1 ali A2

Nekatere lesene fasade so s stališča širjenja požara bolj varne kot druge. Odmik med posameznimi deli, oblika letev, razmak med letvami, velikost zračnega sloja ipd. zelo vplivajo na hitrost prenosa požara preko lesene fasade. Pri fasadi je pomemben predvsem tip fasade (slika 41), izvedba (prezračevana, neprezračevana...) (slika 42) in način postavitve obloge. Kot optimalno lahko štejemo fasado v prvem stolpcu, kot kritične ali s požarnega vidika neugodne pa so fasade v tretjem stolpcu.

Tip fasade		
Optimalno	Dobro	Kritično
fasada s steklom 	ravna fasada 	razgibana fasada 
prekinjena fasada z negorljivim pasom 	polna fasada 	dva nivoja gorljive fasade 

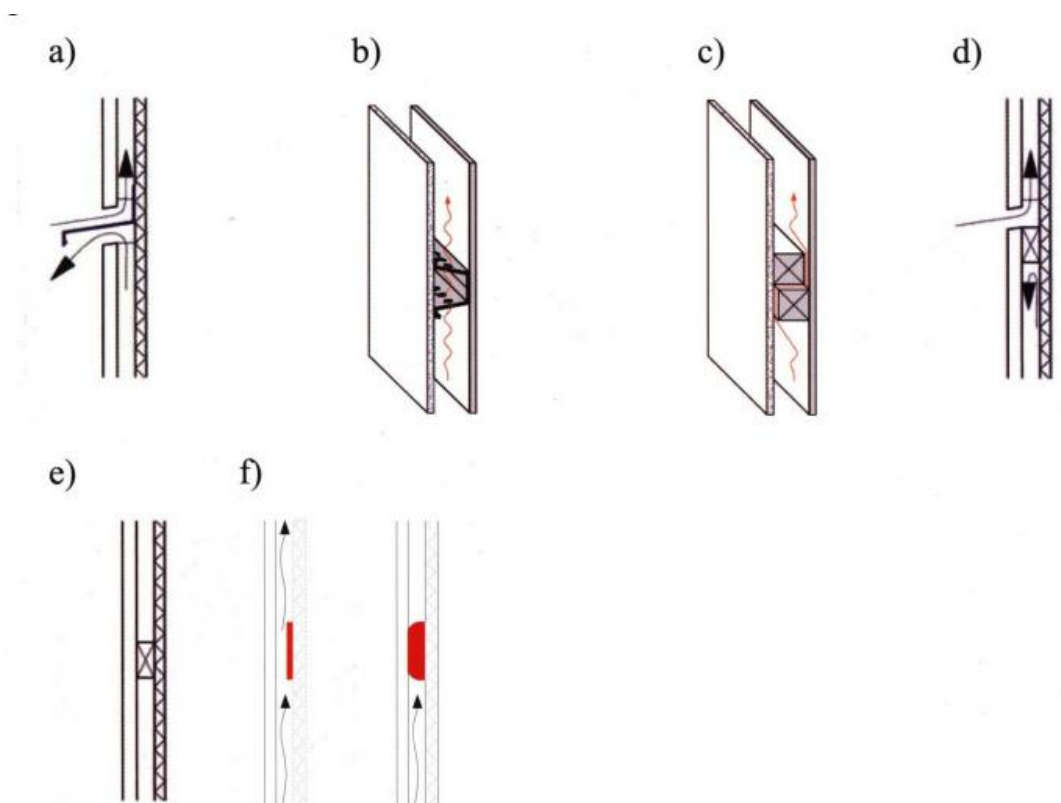
Slika 41: Ustreznost fasade glede na širjenje požara po fasadi (SZPV, 2012)

Izvedba fasade		
Optimalno	Dobro	Kritično
plošče iz lesa 		odprto 
Postavitev obloge		
Optimalno	Dobro	Kritično
horizontalna 	vertikalna 	v več slojih 

Slika 42: Ustreznost fasade glede na širjenje požara po fasadi (nadaljevanje)

Pomemben faktor fasade je učinkovitost požarne zapore. Požarna zapora za opažem pomaga, da se širjenje požara za in pred fasado omeji. Pri tem je pomembno tudi zmanjševanje širjenja požara preko več nadstropij (slika 43). Požarne zapore v fasadi imajo naslednje prednosti (Östman, 2010):

- preprečitev nakopičenega učinka v prezračevalnih kanalih,
- odklon plamenov iz fasadnih površin,
- zmanjševanje vnosa požara znotraj prezračevalnih kanalov.



Slika 43: Osnovna načela požarne zapore v fasadi: a) protipožarna zaščita, b) prezračevalni kanali za opažem z negorljivo požarno zaporo (profil), c) prezračevalni kanali za opažem z gorljivo požarno zaporo (minimalni prehod med profiloma), d) prezračevalni kanal, e) brez prezračevalnega kanala (oviran prehod), f) samostojno razširljivi material (Östman, 2010)

Obravnavali smo predvsem fasade, pri katerih so zunanja površina in prezračevalni kanali narejeni iz gradbenega materiala na osnovi lesa. Tu predstavlja grožnja predvsem zunanji vžig. Najpomembnejša tehnična težava pri vključevanju požarne zapore v prezračevalnih kanalih za fasado je predvsem to, da mora struktura ohraniti svojo funkcionalno zaščito.



Slika 44: Primer zaščite, ki določen čas preprečuje vertikalni prenos požara po leseni fasadi (SZPV, 2012)

5.1.2.2 Širjenje požara po notranjosti stavbe

Tehnična smernica TSG zahteva, da mora biti na zaščitenih poteh minimalni razred odziva oblog na ogenj odčitani iz preglednice 14.

Preglednica 14: Minimalni razred odziva oblog na ogenj po SIST EN 13501-1

Prostor	Stavbe z več kot tremi etažami	
	Stene in stropi	Tla
Hodniki	A2-s1,d0	Cfl-s1
Stopnišča	A2-s1,d0	Bfl-s1

Ne glede na namembnost prostorov pa mora minimalni razred odziva na ogenj v prostorih za veliko uporabnikov ustrezati zahtevam v preglednici 15.

Preglednica 15: Minimalni razred odziva oblog na ogenj v prostorih z veliko uporabnikov

Velikost prostora	Brez sprinklerskega sistema		S sprinklerskim sistemom	
	stene in stropi	tla	stene in stropi	tla
Prostori do 1000 m ²	B-s1,d0	Bfl-s2	D-s2,d0	Cfl-s2
Prostori nad 1000 m ²	A2-s1,d0	A2fl-s1	B-s1,d0	Bfl-s1

Upoštevanje različnih namembnosti prostorov v stavbi je torej pomembno. Za obloge znotraj prostorov je treba uporabiti material, ki ustreza namenu prostora, za obloge na evakuacijskih poteh pa material, ki ustreza najvišji zahtevi za posamezen namen uporabe znotraj stavbe ali znotraj tistega dela stavbe, ki je vezan na obravnavano evakuacijsko pot. Glede zahtev širjenja požara po notranjosti stavbe se slovenska tehnična smernica TSG sklicuje tudi na

nemško smernico M-HFHolzR. Potrebno je upoštevanje zahtev glede lesenih gradbenih elementov, ki so predstavljeni v nadaljevanju.

Stene in stropi

V primeru notranje stene s požarno zaščitno oblogo in 60-minutno požarno odpornostjo, ki se lahko uporabljajo namesto požarnih sten, in stene s požarno zaščitno oblogo in 60- minutno požarno odpornostjo, ki omejujejo zaščitna stopnišča, morajo biti po DIN EN 13501-2 klasificirane na osnovi rezultatov preskušanja požarne odpornosti kot REI 60 oziroma EI 60. Stene s 60-minutno požarno odpornostjo morajo biti z vseh strani obdane s požarno zaščitno oblogo. Po obodu sten morajo biti položene lesene grede, vmesni votli prostori pa morajo biti tesno zapolnjeni s trdno stikovanim izolacijskim materialom (izolacijski materiali s tališčem nad 1000°C v skladu z DIN 4102-17:1990-12) (IZS MST, 10/2014).

V primeru stropov s 60-minutno požarno odpornostjo v skladu z M-HFHolzR pa morajo ti imeti na spodnji strani požarno zaščitno oblogo, ki mora najmanj 60 minut preprečevati, da bi se nosilni gradbeni elementi in ojačitve iz lesa in lesnih tvoriv vneli. Pri stropih iz lesenih okvirjev ali lesenih plošč je potrebno po obodu med stropne nosilce ali rebra namestiti lesene profile (tako imenovane distančnike).

Obloge notranjih sten

V primeru obloge lesene nosilne konstrukcije je potrebno poskrbeti, da ustrezno omejimo širjenje požara. Eno izmed sredstev proti zaščiti lesa in s tem posledično širjenju požara po stavbi so požarno odporni premazi, ki pospešijo pooglenitev površine lesa in s tem upočasnijo segrevanje notranjosti. Pri uporabi tega zaščitnega sredstva pa se je potrebno zavedati, da premazi ne zagotavljajo negorljivega lesa, temveč upočasnijo proces termične razgradnje lesa. Drugi način zagotavljanja požarne zaščite so požarne obloge. Tipičen predstavnik je mavčno-kartonska plošča (faktor K1 in K2) in je učinkovita tako dolgo, dokler se najvišja temperatura ne dvigne nad temperaturo površine (Östman, 2010). Evropski sistem razreda K za sposobnost požarne zaščite gradbenih plošč (tj. mavčno-kartonastih plošč) je opredeljen v EN 13501-2. K razred temelji na testiranju požarne odpornosti plošč v vodoravnem položaju, kot je to opredeljeno v EN 14135. Glavni parameter je temperatura za ploščo po različnih časovnih intervalih (10, 30 in 60 minutah). Sposobnost protipožarne zaščite K, je sposobnost stene, stopov ali tal in zajema zagotavljanje zaščite obloge pred vžigom, pooglenitvijo ali druge škode za določeno časovno obdobje. Cilj K razreda je zagotavljanje požarne zaščite osnovnih delov konstrukcije, tj. izolacije v steni ali na tleh. Poznamo dve vrsti K razreda (preglednica 16), glede na podlago za seboj. Razred K₁10 vključuje podlago z gostoto manj kot 300 kg/m³, medtem ko razredi K₂10 – K₂60 vključujejo vse podlage. V praksi bi morali biti razred K₂ dovolj za lesene izdelke.

Preglednica 16: Pregled evropske klasifikacije za K razrede v skladu z EN 13501-2

Razred	Pogoji preizkusa; podlaga zadaj	Temperatura za podlago [°C]	Merilo uspešnosti			Testna metoda
			Brez razpada	Brez gorenja podlage	Čas [min]	
K1 10	običajna iverna plošča ali podlaga ≤ 300 kg/m ³	< 250	x	x	10	EN 14135
K2 10	običajna iverna plošča	< 250	x	x	10	EN 14135
K2 30	običajna iverna plošča	< 250	x	x	30	EN 14135
K2 60	običajna iverna plošča	< 250	x	x	60	EN 14135

V nadaljevanju je prikazana podrobnejša preglednica razredov sposobnosti požarne zaščite za plošče na osnovi lesa in za pokrivne stenske in stropne plošče (preglednica 17), ki temeljijo predvsem na razredu K₂.

Preglednica 17: Razredi sposobnosti požarne zaščite za plošče na osnovi lesa in pokrivne plošče (The European commission, 2014)

Proizvod	EN standard	Podrobnost proizvoda	Najmanjša povprečna gostota [kg/m ³]	Najmanjša debelina [mm]	K razred
Lesonit	EN 13986	z in brez utora in peresa	800	9	K ₂ 10
OSB	EN 13986	z in brez utora in peresa	600	10	K ₂ 10
Iverna plošča	EN 13986	z utorom in peresom	600	10	K ₂ 10
Iverna plošča	EN 13986	z in brez utora in peresa	600	12	K ₂ 10
Vezana plošča	EN 13986	z in brez utora in peresa	450	12	K ₂ 10
Plošče iz masivnega lesa	EN 13986	z in brez utora in peresa	450	12	K ₂ 10
Iverna plošča	EN 13986	z utorom in peresom	600	25	K ₂ 30
OSB	EN 13986	z utorom in peresom	600	30	K ₂ 30

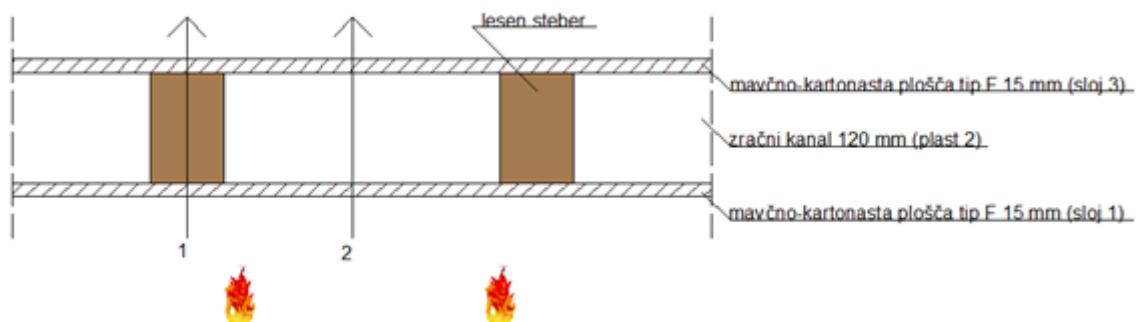
Se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 17

Vezana plošča	EN 13986	z utorom in peresom	450	26	K ₂ 30
Plošče iz masivnega lesa	EN 13986	z utorom in peresom	450	26	K ₂ 30
Plošče iz masivnega lesa	EN 13986	z utorom in peresom	450	53	K ₂ 60
Plošče iz masivnega lesa za opaž in plohe	EN 14915	z utorom in peresom	450	15	K ₂ 10
Plošče iz masivnega lesa za opaž in plohe	EN 14915	z utorom in peresom	450	27	K ₂ 30
Plošče iz masivnega lesa za opaž in plohe	EN 14915	z utorom in peresom	450	2x27	K ₂ 60

Primer izračuna požarne odpornosti lesene stene po SIST EN 1995-1-2:2005

Lesena stena je sestavljena iz stebrov in mavčno-kartonastih oblog tipa F (ognje odporne mavčne plošče). Med stebri so votli deli (slika 45). Zahtevana požarna odpornost takšnega tipa stene je EI 60. Preverili bomo, ali požarna odpornost prereza 2, ki je bolj kritičen z vidika zahteve EI, zadošča tem zahtevam.



Slika 45: Prerez stene

Izolativni čas t_{iz} je potrebno izračunati za različne prenose toplote. Izolativni čas mora biti izračunan za vse sloje stene, medtem ko je čas zaščite t_z izračunan samo za prvo plast, ki nudi zaščito pred požarom. Osnovni enačbi izračuna sta:

$$t_{z,1} = (t_{z,0,1} \cdot k_{p,izp,1} \cdot k_{p,neizp,1} + \Delta t_1) \cdot k_{j,1}$$

$$t_{iz,3} = (t_{iz,0,3} \cdot k_{p,izp,3} + 3 \cdot \Delta t_3) \cdot k_{j,3}$$

V izračunu se pojavijo koeficienti predstavljeni v preglednici 18, enačbe zanje pa najdemo v učbeniku Fire safety in timber buildings.

Preglednica 18: Koeficienti metode projektiranja dovoljujejo zamenjavo tabeliranih podatkov, navedenih v EN 1995-1-2.

$t_{z,0,i}$	osnovni zaščitni čas v minutah, za sloj i
$t_{iz,0,n}$	osnovni izolativni čas v minutah, za zadnji sloj sklopa n; na strani, ki ni izpostavljena požaru
$k_{p,izp,i}, k_{p,izp,n}$	koeficient položaja, ki upošteva vpliv plasti pred plastjo
$k_{p,neizp,i}$	koeficient položaja, ki upošteva vpliv plasti za plastjo
$\Delta t_i, \Delta t_n$	popravek časa v minutah za zaščitene plasti z mavčno-kartonastimi ali mavčno-vlaknenimi ploščami tipa F
$k_{j,i}, k_{j,n}$	skupni koeficient

Čas zaščite za mavčno-kartonasto ploščo tipa F (sloj 1)

$$t_{z,0,1} = 30 \cdot \left(\frac{h_1}{15}\right)^{1,2} = 30 \cdot \left(\frac{15}{15}\right)^{1,2} = 30,0 \text{ min}$$

$$k_{p, izp,1} = 1,0 \quad (\text{ni plasti pred mavčno-kartonasto ploščo})$$

$$k_{p, neizp,1} = 0,5 \cdot h_1^{0,15} = 0,5 \cdot 15^{0,15} = 0,75 \quad (\text{zračni kanal varuje mavčno-kartonasto ploščo})$$

$$k_{j,1} = 1,0 \quad (\text{mavčno-kartonasta plošča brez spojev})$$

$$t_{z,1} = (t_{z,0,1} \cdot k_{p,izp,1} \cdot k_{p,neizp,1} + \Delta t_1) \cdot k_{j,1} = (30,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 + 0) \cdot 1,0 = \mathbf{22,5 \text{ min}}$$

Izolativni čas mavčno-kartonaste plošče tipa F (sloj 3, zadnji sloj)

$$t_{iz,0,3} = 24 \cdot \left(\frac{h_3}{15}\right)^{1,4} = 24 \cdot \left(\frac{15}{15}\right)^{1,4} = 24,0 \text{ min}$$

$$\sum_{i=1}^{i=1} t_{z,i} > \frac{t_{iz,0,3}}{2} \rightarrow k_{p,izp,3} = 1,6 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{\frac{t_{iz,0,3}}{\sum_{i=1}^{i=1} t_{z,i}}} \Rightarrow 22,5 \text{ min} > \frac{24,0 \text{ min}}{2}$$

$$\rightarrow k_{p,izp,3} = 1,6 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{\frac{24,0}{22,5}} = 0,83$$

$$t_{iz,0,3} \geq 12 \text{ min} \rightarrow 3 \cdot \Delta t_3 = 3 \cdot (0,22 \cdot t_{z,1} - 0,1 \cdot t_{iz,0,2} + 4,7) =$$

$$= 3 \cdot (0,22 \cdot 22,5 - 0,1 \cdot 24,0 + 4,7) = 21,8 \text{ min}$$

$$k_{j,3} = 1,0 \quad (\text{mavčno-kartonasta plošča brez spojev})$$

$$t_{iz,3} = (t_{iz,0,3} \cdot k_{p,izp,3} + 3 \cdot \Delta t_3) \cdot k_{j,3} = (24,0 \cdot 0,83 + 21,8) \cdot 1,0 = \mathbf{41,7 \text{ min}}$$

Izolativni čas t_{iz} lesene stene (požarna odpornost)

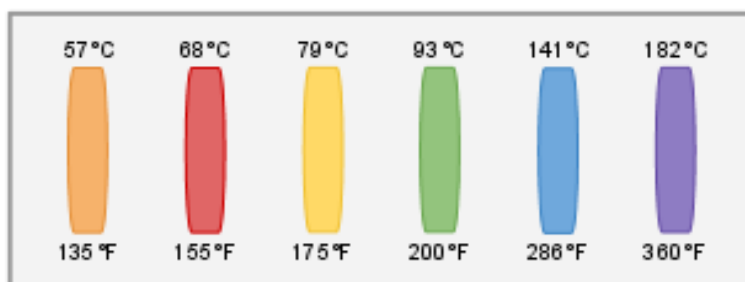
$$t_{iz} = \sum_{i=1}^{i=1} t_{z,1} + t_{iz,3} = t_{z,1} + t_{iz,3} = 22,5 \text{ min} + 41,7 \text{ min} = \mathbf{64,2 \text{ min}} \geq t_{req} = 60 \text{ min}$$

Kot je razvidno, je rezultat izolativni čas lesene stene t_{iz} večji od zahtevanega t_{req} . S tem smo zahtevani požarni odpornosti stene zadostili.

5.1.2.3 Aktivna požarna zaščita

Zaščita življenj je osnovna naloga požarnega varstva v vseh predpisih in zakonih posameznih evropskih držav. Kot dopolnilo k pasivni požarni zaščiti, se aktivna požarna zaščita uporabi za povečanje ravni požarne varnosti v stavbah za posebne skupine, npr. starejše in invalidne osebe, industrijske in javne objekte ali za izpolnjevanje zahtev v zvezi z zavarovanjem. Med aktivno požarno zaščito spadajo alarmni sistemi, naprave za odkrivanje požara in avtomatski sistemi za gašenje požarov. Bistveno je, da se požar odkrije v njegovi zgodnji fazi, tako da se stanovalci lahko varno umaknejo v najkrajšem možnem času.

Sprinklerji in visokotlačni sistemi se pogosto uporabljajo v procesu zagotavljanja varstva pred požarom. Namen avtomatskih sistemov za gašenje požara je zaviranje razvoja požara oziroma ga nadzorovati, dokler tega ne prevzamejo usposobljeni gasilci. Sprinklerski sistemi omogočajo večjo fleksibilnosti pri oblikovanju in uporabi stavbe in so običajno del paketa previdnostnih ukrepov v objektih. Sestavljeni so iz zanesljivega vodnega vira, ki hranijo posamezne škropilne glave, nameščene v pravilnem razmaku primerno velikega omrežja hidravličnih cevi. Vsaka sprinklerska glava deluje kot posamezni toplotni detektor in kot celota ne delujejo v sozvočju. Njihova odzivna (delovna) temperatura (slika 46) je odvisna od tipa sprinklerske glave (barve). Temperatura, ki se običajno uporablja je 68°C. Ko požarni plini dosežejo to temperaturo v bližini sprinklerske glave, se le-te aktivirajo in odvajajo vodo v požarni prostor. Sprinklerski sistem mora biti izveden v skladu s standardom SIST EN 12845 ali projektiran in vgrajen s smernico Vds CEA 4001.



Slika 46: Temperature požarnih sprinkerjev glede tip (barvo) (Fire Sprinkler Bulb Temperature)

Slovenska tehnična smernica TSG predpisuje dovoljene velikosti požarnih sektorjev, ki so odvisni od namembnosti stavbe ali prostorov v njej in so lahko večji, če so v stavbi vgrajeni sistemi aktivne požarne zaščite. Mejne vrednosti za površine požarnih sektorjev [m²] so določene v preglednici 19.

Preglednica 19: Velikosti požarnih sektorjev [m²], glede na namembnost stavbe po TSG

Namembnost stavbe ali dela stavbe (CC-SI)	Brez AJP in brez sprinklerskega sistema	AJP	Sprinklerski sistem	Požarni sektor se lahko razteza skozi več etaž
121 - Gostinske stavbe 1261 - Stavbe za kulturo in razvedrilo 1262 - Muzeji in knjižnice	1000	2400	4000 + AJP	da
122 - Upravne in pisarniške stavbe 1271 - Nestanovanjske kmetijske stavbe	1000	2400	4000	da
123 - Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti 1241 - Postaje, terminali, stavbe za elektronske komunikacije in z njimi povezane stavbe 1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo 1265 - Športne dvorane	1000	2400	10000 + AJP	da
1272 - Stavbe za verske obrede, pokopališke stavbe				
1242 - Podzemne garažne stavbe	500	4000	8000	da
1242 - Zaprte garažne stavbe	500	4000	8000	da
1242 - Odprte garažne stavbe	8000	ni omejitev	ni omejitev	da
125- Industrijske stavbe in skladišča (< 300 MJ/m ²), razen VRS	2000	10000	ni omejitev	da
125 - Industrijske stavbe in skladišča (≥ 300 MJ/m ² in < 1000 MJ/m ²), razen VRS	1000	5000	20000	da
125 - Industrijske stavbe in skladišča (≥ 1000 MJ/m ²), razen VRS	400	1000	8000	ne
1264 - Stavbe za zdravstvo 1274 - Nestanovanjske stavbe, ki niso uvrščene drugje 113 - Stanovanjske stavbe za posebne namene	1000	2400	5000	ne
Visokoregalna skladišča (VRS)	ni dovoljeno	1000	8000	ne

AJP – Avtomatski sistem za odkrivanje in javljanje požara ter alarmiranje

Razvidno je, da za večstanovanjske oziroma večnadstropne stavbe tehnična smernica nima definiranih vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite. V primeru poslovnih stavb iz lesene nosilne konstrukcije pa bi se, z upoštevanjem slovenske tehnične smernice, pri določitvi velikosti požarnih sektorjev sklicevali na preglednico 19. Omenimo še, da vgrajeni sprinklerski sistem lahko vpliva na zmanjšanje kriterijev požarne odpornosti nosilne konstrukcije in vgrajenih elementov (glej preglednici 10 in 11).

Sistemi za požarno javljanje in alarmiranje (AJP)

Avtomatski sistem za odkrivanje in javljanje požara ter alarmiranje (AJP) je požarni alarmni sistem, ki avtomatsko zazna požar, aktivira požarni alarm in sproži druge predvidene ukrepe. Mejne vrednosti požarnih sektorjev z/brez vgrajenega sistema AJP, ki jih slovenska tehnična smernica dovoljuje, smo predstavili v preglednici 19. V kolikor ima stavba več požarnih sektorjev, se mora ta sistem namestiti v celotni stavbi. Celoten sistem AJP mora biti projektiran v skladu s smernico VdS 2095, oprema in naprave pa morajo biti skladne s tistimi deli standarda SIST EN 54, ki se nanje nanaša. Stavbe, v katerih je nameščen sistem AJP, morajo imeti tudi alarmiranje, ki mora biti prilagojeno uporabnikom in načinu uporabe stavbe (zvočni alarm in/ali svetlobni alarm). Pri stavbah za veliko uporabnikov je treba glede alarmiranja upoštevati tudi zahteve smernice MVStättV. Podrobnejših zahtev za višje stavbe (do 22 m) glede sistemov za požarno javljanje in alarmiranje slovenska tehnična smernica ne podaja.

5.1.3 Evakuacijske poti

Slovenska tehnična smernica vsebuje tudi sklop, ki obravnava evakuacijske poti. Pri tem morajo biti stavbe projektirane in grajene tako, da je ob požaru na voljo zadostno število ustreznih evakuacijskih poti in izhodov na ustreznih lokacijah, ki omogočajo uporabnikom hitro in varno zapustiti stavbo. Pri projektiranju evakuacijskih poti je potrebno upoštevati:

- število uporabnikov,
- število in velikost etaž,
- površino in namembnost stavbe ter njena razdelitev v požarne sektorje.

Podrobnejše razdelitve in zahtev glede projektiranja evakuacijskih poti za višje (več-etažne) stavbe, tehnična smernica ne podaja. Podaja pa zahteve glede oblikovanja evakuacijskih poti (osnovne zahteve, število in razporeditev ter dolžine in širine evakuacijskih poti ipd.). Za zagotovitev hitre in varne evakuacije uporabnikov stavbe ter hitrega posredovanja gasilcev pa morajo biti v stavbi vgrajeni sistemi za požarno javljanje in alarmiranje.

5.1.3.1 Zaščitena stopnišča

Zaščiteno stopnišče je stopnišče znotraj ali zunaj stavbe, ki je požarno ločeno od ostalih delov stavbe in predstavlja varen del evakuacijske poti. Smernica TSG glede zaščiteneh stopnišč podaja naslednje zahteve:

- če so površine zunanjih sten zaščitene stopnišča iz negorljivih materialov ali materialov, razreda najmanj B-s2,d1, se le-ta ne upoštevajo kot požarno zaščitene površine,

- zaščitena stopnišča morajo biti požarno ločena,
- izolacija (tudi parne zapore, folije, premazi in obloge) morajo biti na evakuacijskih poteh (zaščitene hodnikih, stopniščih) iz negorljivega materiala,
- zaščitena stopnišča v notranjosti stavb z več kot dvema etažama in vsa druga stopnišča, širša od 2,4 m, je potrebno opremiti z napravami za nadtlčno kontrolo dima (NKD),
- v večstanovanjskih stavbah, upravnih in pisarniških stavbah z največ 4 etažami požarna ločitev zaščitene stopnišča od hodnika ni zahtevana, če je hodnik proti sosednjim prostorom požarno ločen s požarno odpornostjo, ki je zahtevana za zaščiteno stopnišče, in če bruto tlorisna površina posamezne etaže ne presega 600 m²,
- požarni sektor, ki se načrtuje za horizontalno evakuacijo v etaži, mora imeti neposreden izhod v zaščiteno stopnišče
- v stavbah z leseno nosilno konstrukcijo, kjer se ljudje lahko stalno zadržujejo tudi v prostorih, ki so več kot 11 m nad nivojem terena, mora imeti stopnišče konstrukcijo iz negorljivih materialov.

5.1.3.2 Visoke stavbe

Za primer visokih stavb (to je stavba, ki ima višino poda zadnje etaže, v kateri se lahko zadržujejo uporabniki, več kot 22 m nad nivojem terena) pomeni, da je pri načrtovanju ukrepov za takšno stavbo potrebno upoštevati zahteve točke 1 smernice TSG Širjenje požara na sosednje objekte in zahteve točke 4 smernice TSG Naprave za gašenje in dostop gasilcev.

V zvezi z izpolnjevanjem zahtev za zagotavljanje nosilne konstrukcije, omejevanjem širjenja požara po stavbi ter v zvezi z evakuacijskimi potmi in sistemi za javljanje in alarmiranje pa je treba v celoti upoštevati zahteve podpornega dokumenta MHHR Vzorčne smernice za visoke stavbe oziroma »Muster-Richtlinien über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise, M-HFHolzR« (Smernica M-HFHolzR). To smernico je potrebno upoštevati tudi za zagotavljanje požarnovarnostnih zahtev za lesene požarno odporne gradbene elemente.

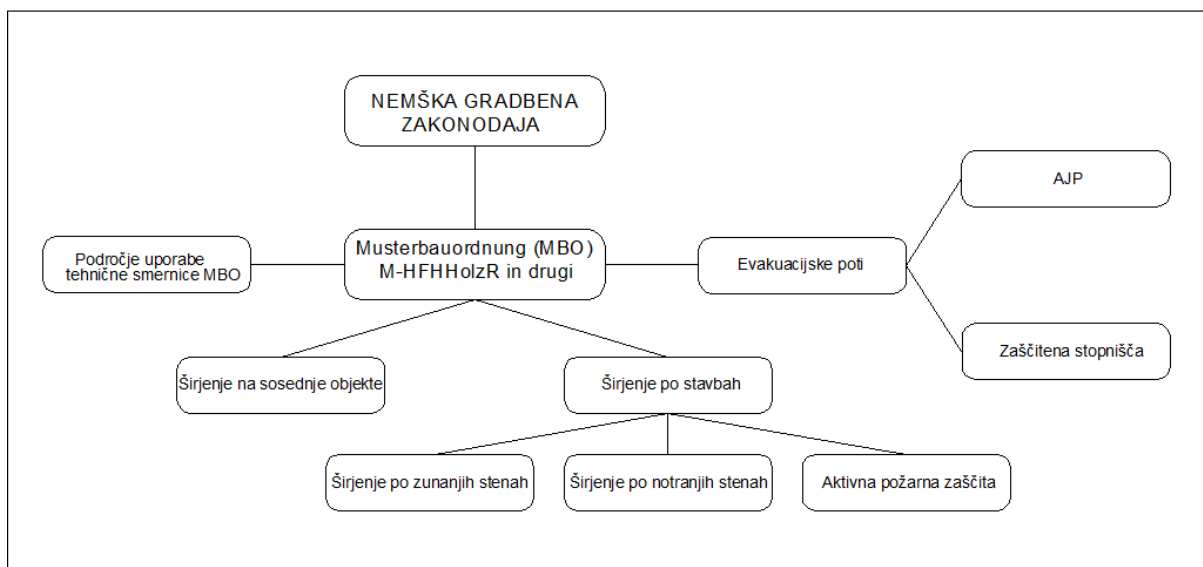
Organizacijski ukrepi

Čeprav organizacijski ukrepi varstva pred požarom niso predmet tehnične smernice TSG, pa jih je bilo treba upoštevati pri določitvi njene vsebine, ker v njej predlagani gradbeni ukrepi zagotavljajo potrebno požarno varnost zgolj ob predpostavki ustrezno izvedenih in izvajanih organizacijskih ukrepov v času uporabe stavbe. Le delujoči vgrajeni sistemi aktivne požarne zaščite, kot so sistemi za javljanje požara in alarmiranje, za nadzor dima in toplote in za gašenje požara, so zagotovilo, da bodo tudi izbrani gradbeni ukrepi varstva pred požarom resnično odigrali svojo vlogo in s tem upravičili vložena sredstva. To velja tudi za trajno vzdrževanje ravni preventivnih ukrepov, ki so bili uvedeni v času graditve in so povezani z izbiro gradbenih materialov in elementov (npr. obloge, požarna vrata in požarne lopute). Organizacijski ukrepi, katerih izvajanje sicer časovno sledi izvedbi gradbenih ukrepov, so

zato neločljivo povezani s slednjimi in le součinkovanje obojih privede do predpisane ravni požarne varnosti v stavbah (povzeto po TSG).

5.2 Nemška tehnična smernica

Nemčija za zagotavljanje požarne varnosti (slika 47) visokih stavb iz lesene nosilne konstrukcije uporabljajo smernico »Musterbauordnung (MBO), 2002« in »Muster-Verordnungen«. MBO predstavlja osnovo smernici o požarnovarnostnih zahtevah za gradbene elemente s 60-minutno požarno odpornostjo v lesenih konstrukcijah »M-HFHHolzR« iz julija 2004, ki omogoča gradnjo stavb višine do 13 m. V nadaljevanju so prikazane bistvene zahteve omenjenih smernic.



Slika 47: Ravni nemške tehnične smernice

5.2.1 Področje uporabe tehnične smernice

MBO se med drugim uporablja za stavbe, ki vsebujejo leseno nosilno konstrukcijo ali posamezne lesene dele konstrukcije. To velja tudi za zgoraj omenjeno smernico M-HFHHolzR. Sestavljena sta iz naslednjih gradbenih zahtev:

- visokega zadrževanje širjenja požara,
- na vseh straneh požarne zaščite morajo biti obloge iz negorljivih snovi,
- izolacijski materiali morajo biti sestavljeni iz negorljivih materialov.

Nemški gradbeni zakonik (»Musterbauordnung«) in modelni predpis (»Muster-Verordnungen«) služita kot smernici pri zagotavljanju požarne varnosti v stavbah. Podobno kot v TSG se tudi v Nemčiji stavbe delijo v kategorije (preglednica 20).

Preglednica 20: Klasifikacija objektov

Klasifikacija objektov (KO)			
KO 1	(a) prostostoječe stavbe	višine ≤ 7 m ≤ 2 različnima enotama ali vrstama rabe skupno ≤ 400 m ² bruto tlorisne površine	preprečevanje širjenja ognja
	(b) prostostoječi kmetijski ali gozdarski objekti		
KO 2	stavbe, ki niso prostostoječi	višine ≤ 7 m ≤ 2 različnima enotama ali vrstama rabe skupno ≤ 400 m ² bruto tlorisne površine	preprečevanje širjenja ognja
KO 3	preostale stavbe	višine ≤ 7 m	preprečevanje širjenja ognja
KO 4	stavbe	višine > 7 m ≤ 13 m ena vrsta rabe ≤ 400 m ² bruto površine	strogo zaviranje širjenja ognja
KO 5	Preostale stavbe, vključno s podzemnimi stavbami, do višine 22 m		požarno odporni objekti

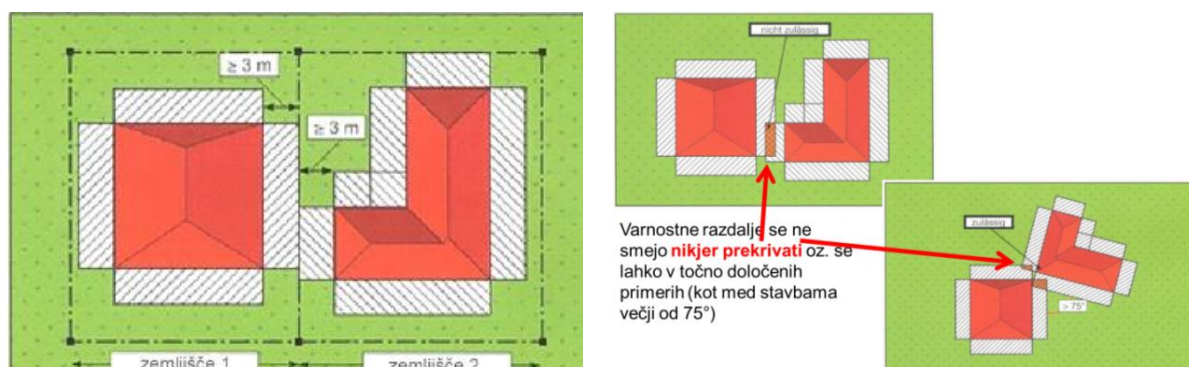
Delitev KO je odvisna od vrste, višine in površine stavbe. Velja pa naslednje: višji kot je KO razred, višje so zahteve za požarno varnost.

5.2.2 Širjenje požara na sosednje objekte

V tem primeru nemška smernica podaja zahteve glede minimalnega odmika med stavbami oziroma izvedbo požarnih sten med različnimi sklopi zgradbe. Vsi ukrepi so za lažje razumevanje in boljše preglednost prikazani grafično (sliki 48 in 49). V primeru kompleksnih prostorskih ločitev so potrebne minimalne razdalje podane v preglednici 21.

Preglednica 21: Minimalne razdalje v primeru kompleksnih prostorskih ločitev (VdS, 2012)

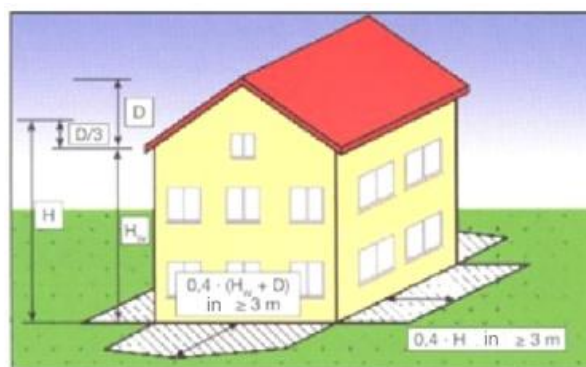
Kompleksne prostorske ločitve	Minimalna razdalja
Med stavbami višine od 5 do 20 m	višina višje stavbe
Za skladiščenje gorljivih snovi na prostem	20 m
Med drugimi zgradbami in/ali objekti	5 m



Slika 48: Minimalni odmiki med stavbami po MBO (Glavnik, 2011)

MBO za minimalne odmike med stavbami podaja zahteve, ki so grafično prikazane na sliki 49. Varnostne razdalje se ne smejo nikjer prekrivati oziroma se lahko prekrivajo le v točno določenih primerih (kot med stavbama mora biti večji od 75°) (glej sliko 46, desno). Odmik med stavbami se izračuna v odvisnosti od višine stavbe H. Ta po MBO predstavlja osnovo za izračun:

$$0,4 H \text{ ali } >3 \text{ m}$$



Določitev višine H pa je odvisna od naklona strehe. Slika 49: Odmik med stavbami (IZS, 2010)

5.2.3 Širjenje požara po stavbah

Za visoke stavbe (do 22 m) iz lesene nosilne konstrukcije, Nemčija predpisuje razrede požarne odpornosti na osnovi lesa. Požarna odpornost se pri nosilnih gradbenih elementih in togostnih ojačitvah nanaša na njihovo stabilnost v požaru, pri gradbenih elementih, ki omejujejo požarni sektor, pa na odpornost proti širjenju požara. Ker les in materiali na osnovi lesa v primeru požara sproščajo toploto, pripada zaradi svoje gorljivosti po DIN 4102 v gradbeni material razreda B1/B2. Čeprav les spada med vnetljive materiale, se šteje, da ima zaradi svojih lastnosti v primeru požara razmeroma ugodno vedenje. V smislu vnetljivosti so torej gradbeni materiali grobo razdeljeni v dve skupini (Bisotherm, 2013):

A – negorljivi gradbeni materiali

B – gorljivi gradbeni materiali

Preglednica 22: Klasifikacija gradbenih materialov glede na gorljivost

Klasifikacija gradbenih materialov	Oznaka po DIN 4102-1:1998-05	Primer
A	Negorljivi gradbeni materiali	
A1	Ni nobenih gorljivih predmetov	Beton, opeka, plošče iz mineralnih vlaken
A2	Dovoljeni majhni deleži trdih snovi	Mavčno-kartonaste plošče
B	Gorljivi gradbeni materiali	
B1	Težko gorljivi gradbeni materiali	Lesna volna, iverne plošče
B2	Normalno gorljivi gradbeni materiali	Les, strešne plošče
B3	Lahko gorljivi gradbeni materiali	
AB	Nosilni deli iz negorljivih gradbenih materialov	

5.2.3.1 Širjenje požara po zunanji stenah

Za protipožarno zaščito veljaven nemški standard DIN 4102 (03/94) opredeljuje obnašanje gradbenih materialov in njihovih komponent v primeru požara in temu pripadajoče koncepte, zahteve in predpise. V 4 razdelku smernice MBO so opredeljena najpomembnejša merila glede definiranja nosilnih in zunanji sten ter stropov. Nosilne stene, ojačitvene stene in stebri morajo v požaru ostati dovolj dolgo stabilni. V stavbah

- razreda 5 morajo biti požarno odporni najmanj 90 minut,
- razreda 4 morajo biti požarno odporni najmanj 60 minut,
- razredov 2 in 3 morajo biti požarno odporni najmanj 30 minut.

Nenosilne zunanje stene in nenosilni zunanji deli nosilnih zunanji sten morajo biti iz negorljivih materialov; iz gorljivih materialov so lahko le, če so kot gradbeni elementi, ki omejujejo požarni sektor, požarno odporni najmanj 30 minut.

Stropi morajo biti kot nosilni gradbeni elementi, ki obenem požarno ločujejo nadstropja, dovolj dolgo stabilni in odporni proti širjenju požara. V stavbah

- razreda 5 morajo biti požarno odporni najmanj 90 minut,
- razreda 4 morajo biti požarno odporni najmanj 60 minut,
- razredov 2 in 3 morajo biti požarno odporni najmanj 30 minut.

MBO glede na število etaž in razred stavb predpisuje požarne odpornosti, kot jih prikazuje preglednica 23.

Preglednica 23: Zahteve za požarno odpornost po MBO, 2002

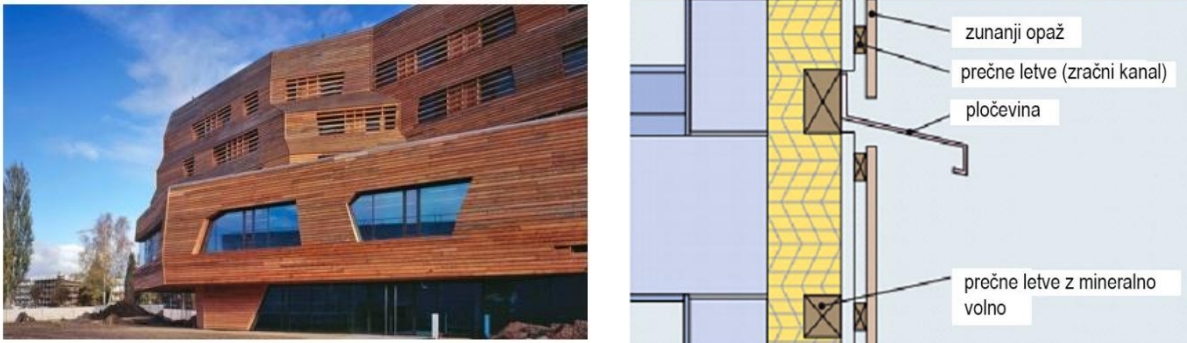
Število etaž	Zahteve za požarno odpornost po MBO (nosilne stene in etažne plošče)				
	9 in več				
8					R 90
7					
6					
5				R 60	
4					
3	brez zahtev	R 30	R 30	R 60	R 90
2					
1					
	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4	Razred 5

Vsi deli nenosilnih zunanjih sten in vsi nenosilni deli nosilnih zunanjih sten morajo biti iz negorljivih gradbenih materialov. Zahteva velja predvsem za KO5, iz zunanjih sten pa so izključeni:

- okenski profili,
- izolacijske snovi v negorljivih zaprtih profilih,
- tesnilni materiali za tesnjenje fug med zasteklitvijo in nosilnimi rebri,
- manjši deli brez nosilne funkcije, ki ne prispevajo k širjenju požara.

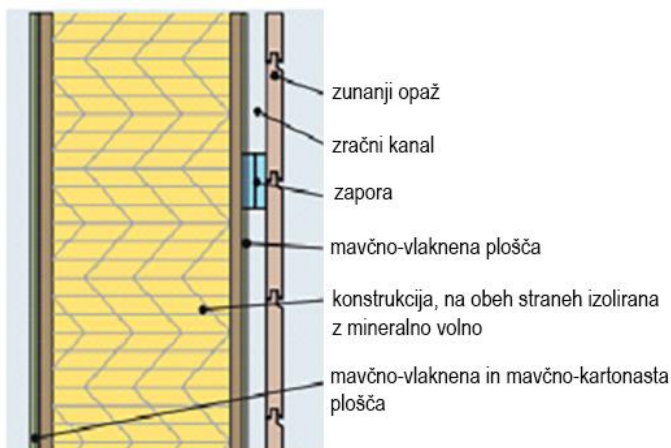
Fasada

Zunanost in zunanji deli stavbe morajo omogočati, da je širjenje požara v teh delih upočasnjeno oziroma omejeno. Pri podkonstrukciji zunanjih sten s poseganjem v nadstropje z votlimi ali zračnimi prostori (v smislu dvoje fasade) in prezračevanimi zunanjimi stenami, je potrebno sprejeti posebne previdnostne ukrepe, ki omejujejo širjenje požara po stavbi. V takšnih primerih so potrebne požarne stene (MBO, 2002). Izključitev vnetljivih snovi iz komponent zunanjih sten stavbe, kot tudi sprednjega dela fasade je nujno potrebna. Eden izmed sprejetih ukrepov je delitev lesene fasade. Kot konstrukcijski ukrep, ki ga uporabljajo v Nemčiji, je namreč izvedba večnadstropne lesene fasade z učinkovito požarno zaščito v obliki požarne izolacije. To nam podaja primer izvedbe 5 nadstropne lesene stavbe v Hamburgu (slika 50), kjer se v ozadju lesenega opaža v horizontalni smeri med vmesnimi nadstropji nahaja kamena volna. Širjenje požara pa je potrebno na fasadi preprečiti tudi s sredstvi za gašenje (sprinklerji, ki so bili pritrjeni pred fasadnimi odprtinami) (iBMB MPA, 2013).



Slika 50: Lesena fasada (Hamburg, Wälderhaus) (iBMB MPA, 2013) ter detajl izvedbe (Flumroc)

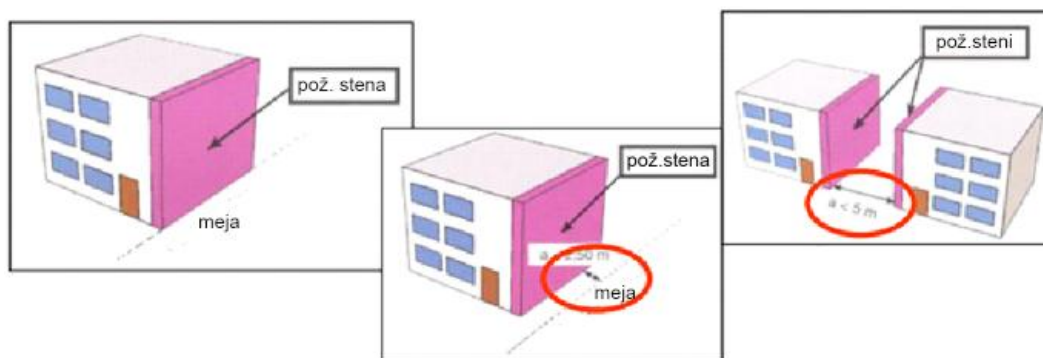
Primeren konstrukcijski ukrep lesene fasade pa je tudi obloga lesenih elementov fasade z mavčno-vlaknenimi ploščami, detajl je prikazan na sliki 51. V primeru podkonstrukcije lesene fasade, se lahko zahtevajo negorljivi izolacijski materiali samo za večnadstropne stavbe z več kot tremi nadstropji (KO4 ali višji), tako, da ne pride do vžiga in neobvladljivega širjenja požara v izolacijski sloj, kot posledica izpostavljenosti zunanjemu ognju.



Slika 51: Detajl obloge elementov fasade z mavčno-vlaknenimi ploščami (Flumroc)

Požarne stene

Kot smo omenili že zgoraj, so posebni previdnostni ukrep pri fasadah požarne stene. Slika 52 prikazuje možne odmike ter njihove vrednosti le-teh od relevantne meje.



Slika 52: Požarne stene

Požarne stene morajo biti iz negorljivih materialov tudi pri dodatni mehanski obtežbi požarno odporne najmanj 90 minut. Namesto požarnih sten, ki zaključujejo stavbe ali, ki delijo notranjost stavbe na požarne sektorje, so dopustne:

- za stavbe razreda 4 stene, ki so tudi pri dodatni mehanski obtežbi požarno odporne najmanj 60 minut,
- za stavbe razredov od 1 do 3 stene z najmanj 60 - minutno požarno odpornostjo,
- za stavbe razredov od 1 do 3 zaključne stene stavb, ki imajo od znotraj navzven enako požarno odpornost kot nosilni elementi in togostne ojačitve, najmanj 30 – minutno, od zunaj navznoter pa najmanj 90 – minutno požarno odpornost gradbenih elementov.

Gradbeni elementi iz gorljivih materialov ne smejo segati nad požarne stene. Konstrukcije zunanjih sten, ki bi utegnile omogočiti bočno širjenje požara, kot so dvojne fasade ali prezračevane obloge zunanjih sten, brez posebnih preventivnih ukrepov ne smejo segati nad požarne stene. Gradbeni elementi smejo segati v požarno steno samo, če ne zmanjšujejo njene požarne odpornosti.

Praktične izkušnje in požarni preizkusi so pokazali, da z vključitvijo fasadnega območja v samodejni sistem za gašenje požara učinkovito omejuje požarni preskok iz nadstropja v nadstropje (MHHR, 2008).

5.2.3.2 Širjenje požara po notranjih stenah

V nemškem standardu DIN EN 13501-2 je zapisana spodnja preglednica, ki predstavlja požarno odpornost posameznih komponent konstrukcije (Baunetz wissen Brandschutz).

Preglednica 24: Požarna odpornost posameznih komponent konstrukcije po DIN EN 13501-2

Zahteva gradbenega nadzora	Nosilna komponenta		Nenosilne notranje stene	Nenosilne zunanje stene	Dvojna tla	Spuščeni stropi
	Brez zaključka	Z zaključkom				
Materiali za preprečevanje širjenja ognja	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i→o) in EI 30* (i←o)	REI 30	EI 30 (a↔b)
Materiali za onemogočeno širjenje ognja	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i→o) in EI 60* (i←o)		EI 60 (a↔b)
Požarno odporni materiali	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i→o) in EI 90* (i←o)		EI 90 (a↔b)
Požarna odpornost 120 min	R 120	REI 120	–	–		–
Požarni zid	–	REI 90 - M	EI 90 - M	–		–

* obremenitev brez ognja

(i→o)/(i←o) : smeri klasifikacije trajanja odpornosti (noter-ven)

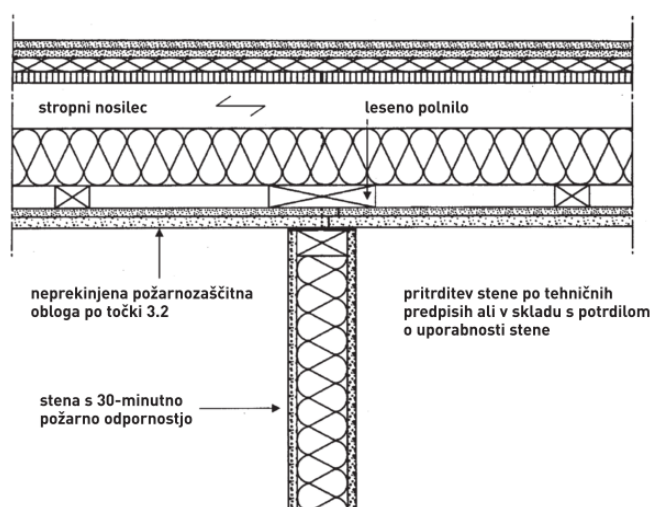
(a↔b): smeri klasifikacije trajanja odpornosti (zgoraj-spodaj)

Obloge

Nemški predpisi opozarjajo na slednje: z uporabo požarno odpornih premazov se vnetljivost ne zmanjša, vendar se vnetljivost po DIN 4102 spremeni samo v gradbenih materiali razreda B2 («normalna vnetljivost») in B1 («ognjevarni materiali»). Vsako protipožarno sredstvo mora imeti opravljen preizkus in ustrezen certifikat zagotavljanje požarne odpornosti (Baumarkt).

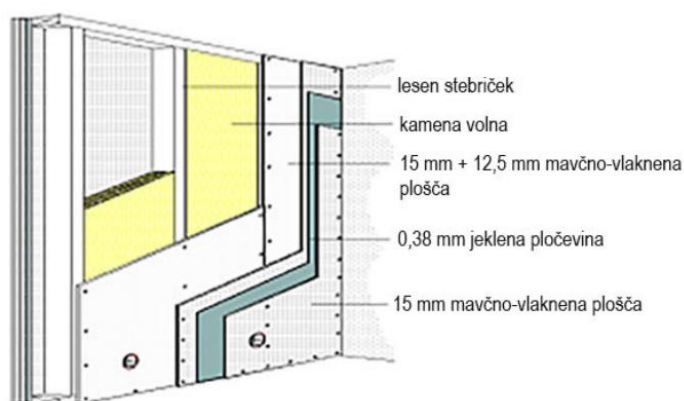
V smernici o požarnovarnostnih zahtevah za gradbene elemente s 60-minutno požarno odpornostjo v lesenih konstrukcijah (IZS MST 10/2014) morajo požarno zaščitne obloge najmanj 60 minut preprečevati, da bi se nosilni gradbeni elementi in ojačitve iz lesa ali lesnih tvoriv vneli, in mora biti po DIN EN 13501-2 klasificirana kot K₂60¹. Požarno zaščitna obloga mora biti iz negorljivega materiala; nameščena mora biti neprekinjeno na vseh straneh. Izdelati jo je treba z zapolnjenimi topimi stiki, s stopničastimi stiki ali s stiki na pero in utor. Slika 53 nazorno prikazuje pravilno priključitev nenosilne stene s 30-minutno požarno odpornostjo s funkcijo požarnega ločevanja na nosilni gradbeni element (v tem primeru strop). Kot je razvidno, požarna zaščita poteka (neprekinjeno) preko celotnega dela nosilne konstrukcije. To omogoča popolno zaščito in preprečevanje prehitrega širjenja požara po nosilnih delih konstrukcije.

¹ Razredi za klasificiranje požarno zaščitnih oblog po Sklepu Evropske komisije 2003/629/Es v DIN EN 13501-2 še niso upoštevani.



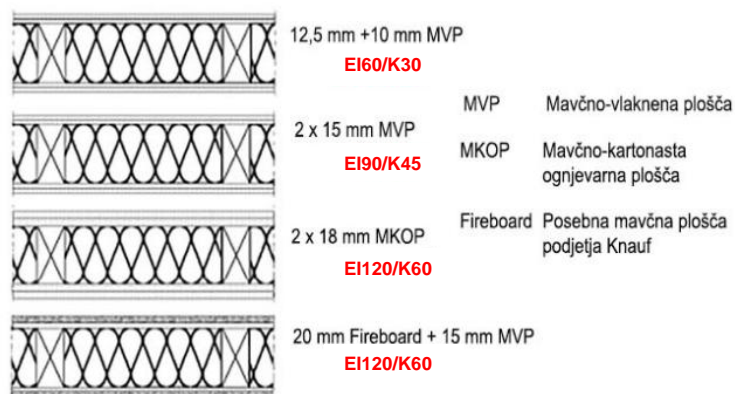
Slika 53: Priključek nenosilne stene na strop z neprekinjeno požarno zaščitno oblogo (IZS MST 10/2014)

Sicer pa je ena izmed možnih variant sestave lesene stene po »MBO Holzbaurichtlinie, 2005« prikazana na sliki 54 (Kruse&Partner, 2015), kjer so med drugim zahtevani tudi negorljivi izolacijski materiali ter neprekinjene fuge pri izvedbi npr. stena/strop.



Slika 54: Sestava lesene stene (Kruse&Partner, 2015)

Poleg klasifikacije oblog K_260 obstajajo tudi druge možnosti oblog z zmanjšano vrednostjo. V DIN EN 13501-2 obstajajo tudi razredi K_230 , K_210 in K_110 . Proizvode in njihove klasifikacije smo predstavili že v preglednici 17. Slika 55 pa prikazuje načine oblog, ki so v fazi preizkušanja.



Slika 55: Načini oblog (iBMB MPA, 2013)

5.2.3.3 Aktivna požarna zaščita

Aktivna požarna zaščita sistemov pomeni višje stroške gradnje in dodatne vzdrževalne in informacijske posege v sistem za kasnejšo možnost uporabe. Hitro zavedanje o nevarnosti v primeru požara je za prebivalce objekta ključnega pomena za pravočasen pobeg. To pomeni pravočasno opozorilo na nevarnost, ter seveda njegovo hitro razumevanje.

Visoke stavbe morajo imeti vgrajene sisteme za gašenje požara, ki dovolj dolgo preprečujejo širjenje požara po etažah in iz etaže v etažo. Izpad vgrajenih gasilnih naprav na nivoju ene etaže ne sme vplivati na delovanje vgrajenih gasilnih naprav v drugih etažah. Pokazalo se je, da je raven varnosti v večnadstropnih lesenih stavbah z uporabo aktivne požarne zaščite dosežena. Rezultati so prispevali k temu, da se je v okviru spremembe nemškega gradbenega zakonika MBO v letu 2002 pokazala priložnost zgraditi do pet nadstropno leseno zgradbo. V okviru približevanja temeljnih zahtev v Evropi so bile narejene ponovne ocene varnostnih zahtev. Nemčija od leta 2009 uporablja nov evropski standard DIN EN 12845, ki pokriva sprinklerske sisteme. O zahtevah glede števila etaž z/brez sprinklerskega sistema, tekom izdelave magistrskega dela nismo zasledili, zato podajamo švicarski primer uporabe gradnje lesenih konstrukcij (preglednica 25). Merilo negorljivo (»ng«) je nekaj, kar je po definiciji strožjega pomena od oznake požarne varnosti K po EN 13501-2. V direktivi protipožarne zaščite VKF za gradbene materiale in komponente obstaja sestavni del z dodatkom »ng«, ki je:

- iz negorljivega materiala ali
- če je delno izdelan iz vnetljive snovi, njegova površina pa v predpisanem času ni poškodovana.

Preglednica 25: Zahteve požarne zaščite po švicarskih predpisih (Wabl, 2012)

Število etaž nad terenom		5 – 6		7 – 8 brez visokih stavb	
Uporaba	Koncept	NK	Razred požarne odpornosti	NK	Razred požarne odpornosti
Stanovanja Pisarne	Struktura	R60/EI 30 (ng)	EI 60/EI 30 (ng)	R 60 (ng)	EI 60 (ng)
	Sprinkler	R 60	EI 60		
Industrijske/poslovne stavbe, s požarno obremenitvijo q do 1000 MJ/m ²	Struktura	R 60	EI 60	R 60 (ng)	EI 60 (ng)
	Sprinkler	R 60 (ng)	EI 60 (ng)		
Industrijske/poslovne stavbe, s požarno obremenitvijo q od 1000 MJ/m ² ; stavbe z neznano uporabo	Struktura	R 90 (ng)	EI 90 (ng)	R 90 (ng)	EI 90 (ng)
	Sprinkler	R 60 (ng)	EI 60 (ng)	R 60 (ng)	EI 60 (ng)

	lesene komponente
	lesene komponente na obeh straneh negorljive obloge
	ni lesene gradnje

Avtomatsko javljanje požara

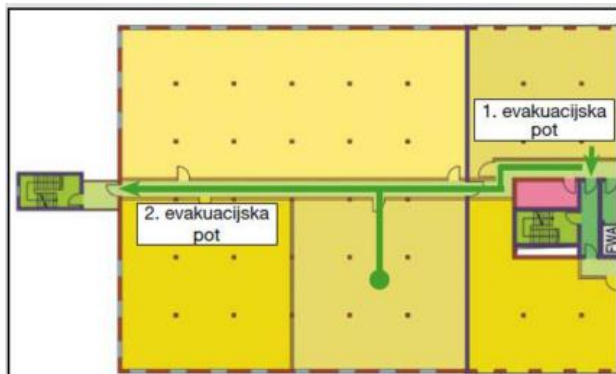
Hitro, pretočno in avtomatsko obveščanje o požaru v stavbah je zelo pomembno, ker je to edini ukrep, ki zanesljivo obvesti gasilce. Pomembno je spremljanje požara v vseh prostorih, vključno z prazninami v stenskih oblogah in stopih, kjer so prisotne vnetljive snovi. Avtomatski javljalniki požara je torej še posebej potreben pri vidnih lesenih oblogah (Gerard, 2013). V posebnih primerih predstavljajo nadomestni ukrep, ki pripomore k boljši požarni zaščiti objekta. Vgradnja avtomatskih javljalnikov požara je v splošnem odvisna od namembnosti objekta ter potrebna v objektih, kjer se ljudje lahko zbirajo. Pri visokih objektih vključno z lesenimi visokimi objekti, pa je vgradnja avtomatskih javljalnikov požara povezana s povečano požarno obtežbo.

5.2.4 Evakuacijske poti

Za evakuacijske poti velja, da se ne smejo nahajati na nevarnih območjih, izhodi ne smejo biti ovirani. Talne, stenske in stropne površine na evakuacijskih poteh morajo biti iz težko gorljivih materialov (razreda B in C). V primeru nevarnosti morajo biti evakuacijske poti enostavne in jasno prepoznavne (Markhart, 2015). Svetla širina vseh delov evakuacijskih poti mora biti najmanj 1.20 m.

V vsaki etaži morata obstajati dve evakuacijski poti na prosto, od koder so dostopne javne prometne površine. To velja tako za etaže z uporabniškimi enotami kot za etaže brez bivalnih

prostorov. Velja tudi, da obe evakuacijski poti lahko vodita znotraj enega nadstropja preko istega zaščitene hodnika. Za visoke stavbe je priporočena evakuacijska razdalja med katerokoli točko v etaži do stopnic ali na prosto 25 m (slika 56).



Slika 56: Evakuacijska pot (IZS, 2010)

Zahteve v preglednici 26 veljajo kot standard. Odstopanja od teh, ki so zapisana na podlagi 11. člena standarda o požarni varnosti iz švicarske direktive o požarni varnosti (VKF, 2015) se omogoča samo z ustreznimi dokazili.

Preglednica 26: Požarna odpornost zasilnih izhodov po VKF, 2015

Kategorija stavb		Stavbe nizkih višin (do 11 m skupne višine)			
Uporaba	Zasnova	Struktura ^[1]	Požarna kategorija etažnih stropov	Požarna kategorija sten in horizontalnih zasilnih izhodov	Vertikalni zasilni izhodi
Stanovanja Poslovni prostori Šole Parkirni prostori Industrija (q do 1000 MJ/m ²)	Struktura	R 30 ^[2]	REI 30	EI 30	REI 30
	Sistem za gašenje	* ^[3]	EI 30	EI 30	REI 30
Stavbe srednjih višin (do 30 m skupne višine)					
Stanovanja Poslovni prostori Šole Parkirni prostori Industrija (q do 1000 MJ/m ²)	Struktura	R 60	REI 60	EI 30	REI 60
	Sistem za gašenje	R 30	REI 30	EI 30	REI 60

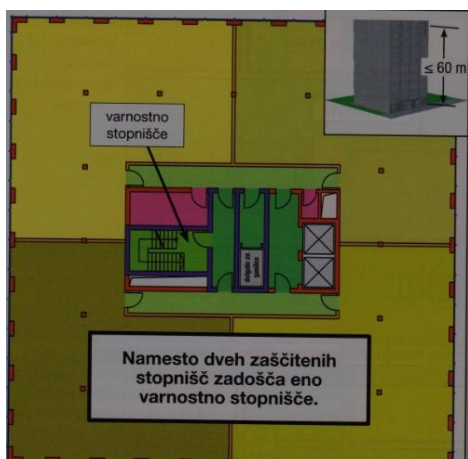
^[1] V enonadstropni stavbi in zgornjem nadstropju večnadstropne stavbe ni zahtev za požarno odpornost nosilnih delov konstrukcije

^[2] V dvonadstropnih stavbah s skupno tlorisno površino največ 2400 m² se lahko požarna odpornost zmanjša za 30 minut

^[3] Glede požarne odpornosti nosilnih delov konstrukcije ni zahtev

5.2.4.2 Zaščitena stopnišča

V primeru zaščiteneh stopnic so te požarno odporne, njeni nosilni deli pa morajo biti iz negorljivih materialov. Stene stopnišč so izdelane kot požarne stene (Kabat, 2008). Zahtev glede oblog zaščiteneh stopnišč tekom izdelave magistrskega dela nismo zasledili. Še posebej so pomembna v visokih stavbah ($h > 22$ m). MBO narekuje, da druga evakuacijska pot ni zahtevana, če je možen umik preko varno dosegljivega stopnišča (slika 57), v katerega dim in ogenj ne moreta vdreti (varnostno stopnišče).

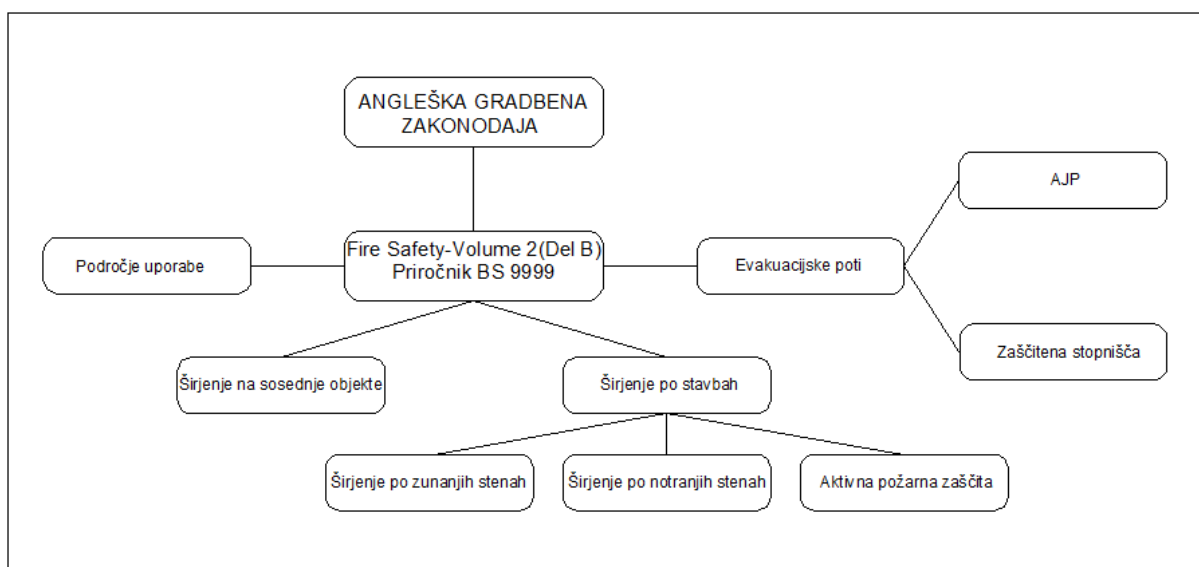


Slika 57: Zaščiteno stopnišče (IZS, 2010)

Če izhod iz zaščitene stopnišča ne vodi neposredno na prosto, mora prostor med zaščiteno stopniščem in izhodom na prosto:

- biti brez odprtih v druge prostore,
- imeti stene, ki izpolnjujejo zahteve za požarno odpornost sten stopnišča.

5.3 Angleška tehnična smernica



Slika 58: Ravni angleških priročnikov in standardov

5.3.1 Področje uporabe

Standardi za požarno varnost pri načrtovanju novih stavb so določeni v okviru gradbenih predpisov. Kljub temu pa so nekateri deli v Angliji, ki lahko uporabljajo različne določbe. Okoli 23 lokalnih aktov imajo eno ali več določb, ki se nanašajo na požarno varnost. Ti lokalni akti pa zahtevajo dodatne ukrepe za posamezne vrste stavb (npr. skladišča, visoke stavbe in parkirišča). Takšni ukrepi določajo gradnjo, vzdrževanje in administrativne stroške (Department, 2012).

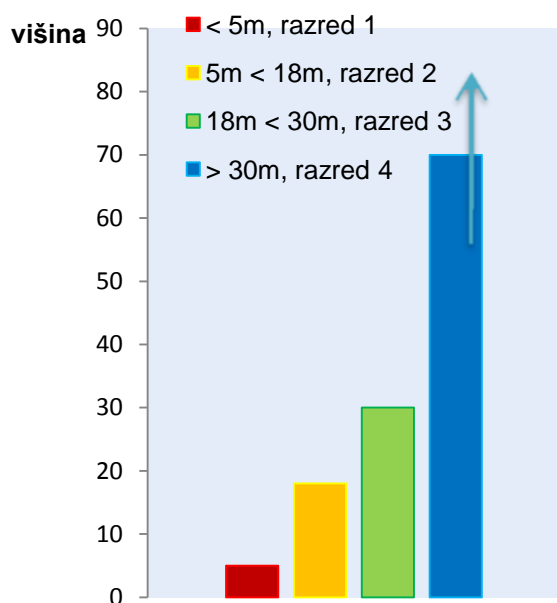
Tako kot druge države, se tudi Anglija navezuje na nacionalne akte. Eden izmed njih je »Building Act 1984«, ki je osnova za veliko drugih dokumentov, pravil in predpisov. V letu 2004 je bil razširjen v »Sustainable and Secure Buildings Act«. Za protipožarno zaščito velja dokument »Fire and Rescue Service Act 2004«. Uravnava funkcije in obnašanje požara, preventivne požarne organe, kot tudi odgovornosti delavcev in delodajalcev v primeru požara. Poleg tega skrbi za požarnovarnostno usposabljanje ter preventivne ukrepe za preprečevanje lažnih alarmov in za zagotavljanje oskrbe z vodo (Wabl, 2012). Od oktobra 2006 obstaja novejša oblika dokumenta »Fire Precautions Act«, in sicer »The Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005«. Ukvarja se z odgovornostmi ter obveznostmi glede vprašanja požarne varnosti.

V dokumentu »National Building Regulations 2010« je 14 različnih potrjenih dokumentov. V delu B »Fire Safety - Volume 2« (slika 58) je obravnavana požarna varnost v stavbah, v gospodinjstvih z več kot 6 ljudmi. V tem delu dokumenta ni neposredne razlike med lesom in mineralno strukturo. Temu, ter priložniku Učinkovite požarne varnosti pri načrtovanju, upravljanju in uporabi stavb »The BS 9999 Handbook: Effective fire safety in the design, management and use of buildings« (2010) bomo v nadaljevanju posvetili največjo pozornost.

Klasifikacija stavb

Objekti so glede na klasifikacijo po višini (Wallasch, 2009) razdeljeni v kategorije, kot jih prikazuje slika 59. Klasifikacija je nekoliko preoblikovana pri priporočilih za notranje gasilske določbe glede požarnih ukrepov (glej sliko 65).

Največ večnadstropnih, nestanovanjskih stavb v Angliji je 2, 3 ali 4 nadstropnih, torej manjših od 18 m. Večina teh je poslovnih in trgovskih prostorov. To pomeni, da je prevladujoča požarna odpornost, ki jo je potrebno zagotoviti 60 minut. Stavbe z več kot 30 m višine (razred 4) bi morale biti opremljene s sprinklerskimi sistemi, nameščenimi v skladu s britanskimi standardi (»Approved Document 1«). Prisotnost teh sistemov omogoča zmanjšanje zahtev požarne odpornosti za elemente v stavbah manjših od 30 m. Značilno, uporabi se lahko redukcija za 30 minut (Structural fire resistance requirements, 2015).



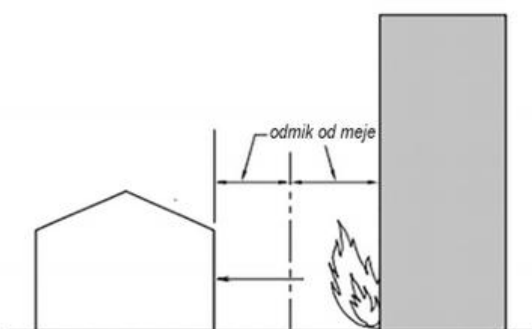
Slika 59: Klasifikacija objektov po višini - Anglija in Wales (Wallasch, 2009)

5.3.2 Širjenje požara na sosednje objekte

Tveganje požarne izpostavljenosti na objektih lahko nastanejo zaradi toplotnega sevanja ali širjenja požara na sosednje objekte zaradi njihove bližine:

- na stavbe enakih višin,
- na stavbe večjih višin,
- na stavbe manjših višin,
- stavbe, ki vsebujejo prostore z nevarnimi snovmi ipd.

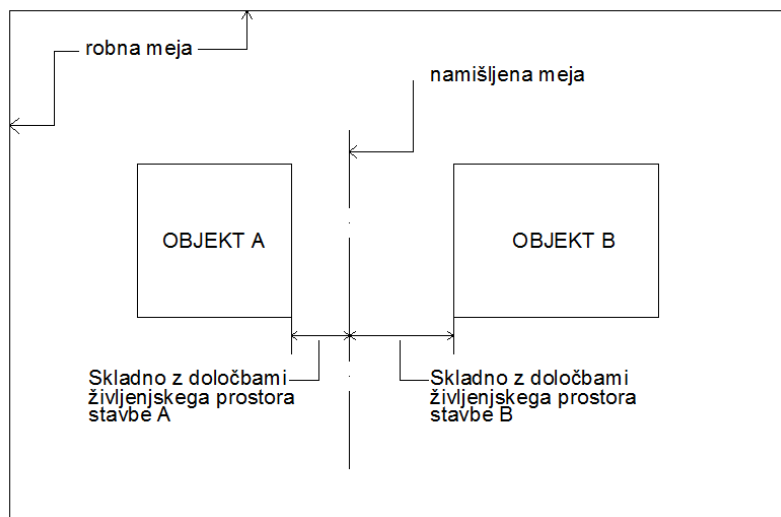
Med stavbami obstajajo ločilne razdalje (slika 60), ki za namen preprečevanja širjenja požara delijo stavbe med seboj.



Slika 60: Zunanja izpostavljenost ognja iz sosednje stavbe na zunanjo steno (FPA, 1999)

Stavbe brez sprinklerskega sistema so minimalno od ustrezne meje lahko oddaljene 1 m. Širjenje plamena v tem primeru se smatra kot primarni mehanizem širjenja ognja. Od te razdalje naprej pa kot toplotno sevanje. Zunanje stene in njeni deli morajo biti izdelani tako,

da izpolnjujejo ustrezno obdobje požarne odpornosti. Izjema so majhna nezaščitena področja, ki izpolnjujejo priporočila, podana na sliki 61.

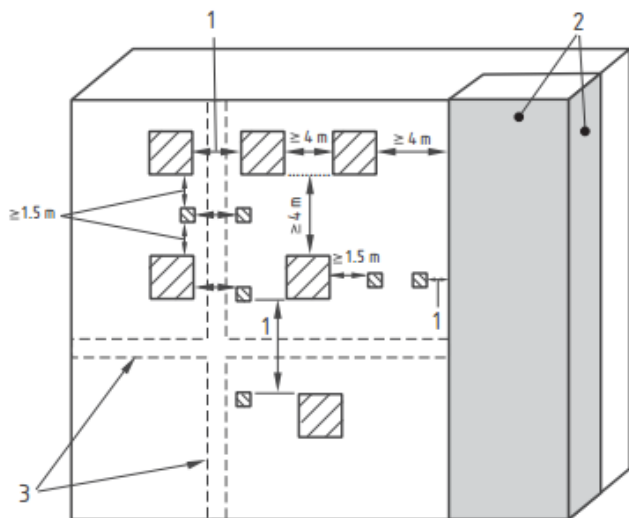


Slika 61: Meje med stavbami

Namišljena meja bi morala biti določena v območju med objektoma z uporabo naslednjih pravil:

- Namišljena meja se predpostavlja, da je prostor med stavbami in je postavljena tako, da je ena izmed stavb v skladu z določbami za prostorsko ločevanje ob upoštevanju deleža nezaščitene površine. V praksi, če bi ena stavba že obstajala, bo pozicija meje določala prostorske faktorje te stavbe.
- Postavitev nove stavbe ali dveh stavb, če sta obe novi, se lahko preveri – uporaba namišljene meje kot ustrezne meje druge stavbe.

Uporaba oddaljenosti od meje, namesto oddaljenosti od druge stavbe (pri merjenju varnostne razdalje) omogoča izračun dovoljenega deleža nezaščitene površine (slika 62).





LEGENDA:

1 – neomejeno

2 – zunanji steni jaška z najmanj 60 minutno požarno odpornostjo na notranji strani stene

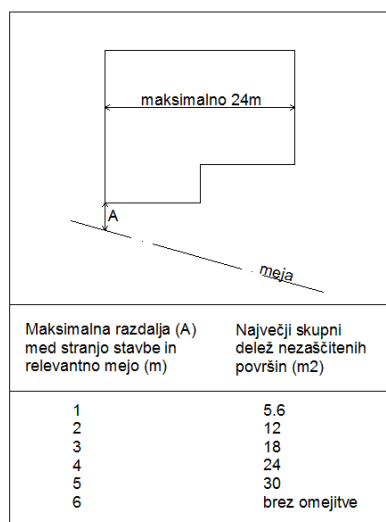
3 - meje prostorov

 predstavlja nezaščiteno površino največ 1 m², ki je lahko sestavljena iz dveh ali več manjših površin velikost 1000 mm x 1000 mm

 predstavlja območje, ki ni večje od 0,1 m²

Slika 62: Nezaščitena področja (Green, 2010)

»Approved Document B« podaja dve metodi izračuna sprejemljivih deležev nezaščitenih površin. Prva metoda velja le za stanovanjske stavbe, ki so od katerekoli točke od meje oddaljene 1m ali več. Stavbe ne smejo presegati 3 nadstropja (kleti niso vštete) ali več kot 24 m dolžine. Potrebno je izpolnjevati meje prikazane na sliki 63. Vse dele objekta, ki presegajo največje dovoljene deleže nezaščitenih površin, je potrebno izvesti kot ognje odporne.



Slika 63: Dovoljeni deleži nezaščitenih površin v majhnih stanovanjskih stavbah (HM Government, 2007)

Druga metoda je primerna za katerokoli stavbo, ki ni manj kot 1 m oddaljena od ustrezne meje. Pravila za določanje deleža nezaščitenih površin lahko razberemo iz slike 64, kjer stavba ne sme presegati 10 m v višino. Za stavbe, ki so višje od 10 m, pa se oddaljenosti od ustrezne meje določa na podlagi poročila »Building separation and boundary distance« (R E H Read, 1991). V tem poročilu je predstavljena tabela, ki prikazuje vrednosti minimalne oddaljenosti od ustrezne meje v odvisnosti od širine in višine pravokotnika stavbe ter deleža nezaščitenih površin. Na primer: Poslovna stavba višine 18 m, širine 9 m ter 30% deležem nezaščitenih površin je lahko od meje oddaljena najmanj 6 m (oziroma 3,5 m) (R E H Read, 1991).

Minimalna razdalja med stranjo stavbe in relevantno mejo (m)	Največji skupni delež nezaščitenih površin (%)	
Namen skupine		
Stanovanja, pisarne, dvorane in rekreacijski prostori	Trgovine, industrija, skladišča in nestanovanjski prostori	
(1)	(2)	(3)
ni določeno	1	4
1	2	8
2.5	5	20
5	10	40
7.5	15	60
10	20	80
12.5	25	100

Slika 64: Delež nezaščitenih površin v stavbah, različnih namembnosti (HM Government, 2007)

Preglednica 27 prikazuje minimalne vrednosti požarne odpornosti za posamezno kategorijo stavbe, v odvisnosti od njene višine.

Preglednica 27: Minimalne vrednosti požarne odpornosti (HM Government, 2007)

Skupina stavbe	Minimalna požarna odpornost v minutah					
	Kletne etaže, vključno z nadstropjem nad kletjo		Tla ali višja nadstropja			
	Globina (m) najnižje kleti		Višina (m) najvišjega nadstropja v stavbi ali ločenega dela stavbe			
	več kot 10	ne več kot 10	ne več kot 5	ne več kot 18	ne več kot 30	več kot 30
1. Stanovanjske:						
a. Stanovanjski bloki						
– brez sprinklerjev	90	60	30	60†	90	ni dovoljeno
– s sprinklerji	90	60	30	60†	90	120
b. Izobraževalne	90	60	30	60	90	120
c. Druge	90	60	30	60	90	120
2. Pisarne:						
– brez sprinklerjev	90	60	30	60	90	ni dovoljeno
– s sprinklerji	60	60	30	30	60	120
3. Trgovine in poslovne:						
– brez sprinklerjev	90	60	60	60	90	ni dovoljeno
– s sprinklerji	60	60	30	60	60	120
4. Dvorane in objekti za rekreacijo:						
– brez sprinklerjev	90	60	60	60	90	ni dovoljeno
– s sprinklerji	60	60	30	60	60	120

Se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 27

5. Industrijske:						
– brez sprinklerjev	120	90	60	90	120	ni dovoljeno
– s sprinklerji	90	60	30	60	90	120

	povečana na najmanj 60 minut za stene, ki ločujejo stavbe
	zmanjšana na 30 minut za vsako nadstropje (za stavbe z več nadstropji), vendar ne, če tla prispevajo k nosilnosti stavbe
	zmanjšana na 90 minut, za elemente, ki niso del nosilnega okvira

† če obstoječe hiše ali druge stavbe preoblikujemo v stanovanja, smo spremenili uporabo, za katero velja uredba dela B. Če ima obstoječa stavba lesena tla in jih je potrebno ohraniti, je določbe požarne odpornosti morda težko izpolniti.

V visokih stavbah (> 22 m višine) je potrebno za omejevanje širjenja požara ločiti posamezna nadstropja.

5.3.3 Širjenje požara po stavbah

Za zmanjšanje možnosti požara oziroma njegovih posledic v stavbi, je potrebno dosežati naslednje spodaj predpostavljene cilje:

- prva ovira za ohranjanje imetja je ustrezna raven preprečevanja požara v stavbi. Vžigi in morebitne nevarnosti so odpravljene ali pod nadzorom, operacije v stavbi so ustrezno izvedene,
- upravljanje dima (mehansko, naravno, vzdrževanje zračnega tlaka) je ustrezno,
- med prostori so za zmanjšanje širjenja požara izvedeni prekati in strukturirana protipožarna zaščita. Za ohranitev učinkovitosti prostorov (sten in tal) so potrebna protipožarna vrata, votle ovire, požarna odpornost itd.
- upoštevanje hitrosti odziva ter taktike za zunanje in notranje gašenje požara s strani gasilcev,
- ločevanje stavb in omejeno širjenje požara po zunanjih stenah. Za večino stavb to zadošča, vendar pa je nekaj stavb, ki ima strožje zahteve (npr. upoštevanje visoko zastekljenih fasad),
- samodejni zaviralni sistemi zmanjšanja požarne razpršenosti (npr. sprinklerji).

5.3.3.1 Širjenje požara po zunanjih stenah

V primeru, da je razdalja med stavbami manjša od 10 m, je potrebno upoštevati zagotavljanje ustrezne požarne odpornosti in izolativnosti, kot to prikazujejo spodnje preglednice. Preglednica 28 prikazuje minimalno požarno odpornost (v minutah), priporočljivo za različne konstrukcijske komponente stavbe. Če ta ni na voljo, se sklicujemo na preglednico 27.

Preglednica 28: Minimalna požarna odpornost zunanjih delov stavbe (HM Government, 2007)

Del stavbe	Minimalne določbe testiranja po BS 476 ali po Evropskem standardu, v minutah ¹			Način izpostavljenosti	Minimalne zahteve za R, E, I, testirano po evropskih standardih (min)
	Nosilnost	Celovitost	Izolativnost		
Okvir, greda ali steber	Pregl. 27	ni določeno	ni določeno	izpostavljen sprednji del	R – Pregl. 27
Nosilna stena	Pregl. 27	ni določeno	ni določeno	vsaka stran posamično	R – Pregl. 27
Zunanja stena					
Katerikoli del, ki je manj kot 1 m oddaljen od ustrezne meje	Pregl. 27	Pregl. 27	Pregl. 27	vsaka stran posamično	REI Pregl. 27
Katerikoli del, ki je 1 m ali več oddaljen od ustrezne meje ²	Pregl. 27	Pregl. 27	15	iz notranjosti stavbe	RE Pregl. 27
Vsak del, ki meji na zunanji izhod v sili	30	30	ni zahtev	iz notranjosti stavbe	RE 30

¹ Del 21 za nosilne elemente, del 22 za nenosilne elemente, del 23 za požarno zaščito stopov, del 24 za prezračevalne vode

² Smernica BS 9999: omogoča področja v steni, ki niso ognjeodporna (nezaščitene površine)

Preglednica 29: Profili tveganja (Green, 2010)

Zasedenost	Stopnja rasti požara (primeri)	Profil tveganja
A - stanovalci, ki poznajo zgradbo (pisarne)	1 - Počasna (omejenost gorljivega materiala)	A1
	2 - Srednja (kartonaste škatle, lesene palete)	A2
	3 - Hitra (plastični izdelki, oblačila)	A3
	4 - Zelo hitra (vnetljive tekočine, pena)	A4 (nesprejemljivo v BS 9999)
B - stanovalci, ki ne poznajo zgradbe (trgovine)	1 - Počasna (omejenost gorljivega materiala)	B1
	2 - Srednja (kartonaste škatle, lesene palete)	B2
	3 - Hitra (plastični izdelki, oblačila)	B3
	4 - Zelo hitra (vnetljive tekočine, pena)	B4
C - stanovalci, ki so najverjetneje zaspali (stanovanja)	1 - Počasna (omejenost gorljivega materiala)	C1
	2 - Srednja (kartonaste škatle, lesene palete)	C2
	3 - Hitra (plastični izdelki, oblačila)	C3 (nesprejemljivo v BS 9999)
	4 - Zelo hitra (vnetljive tekočine, pena)	C4 (nesprejemljivo v BS 9999)

Profil tveganja (preglednica 29), povezan s prostorom, je kombinacija karakteristik uporabnika in stopnje rasti požara. Je glavni dejavnik za razvoj požarne varnosti, načrtovanje

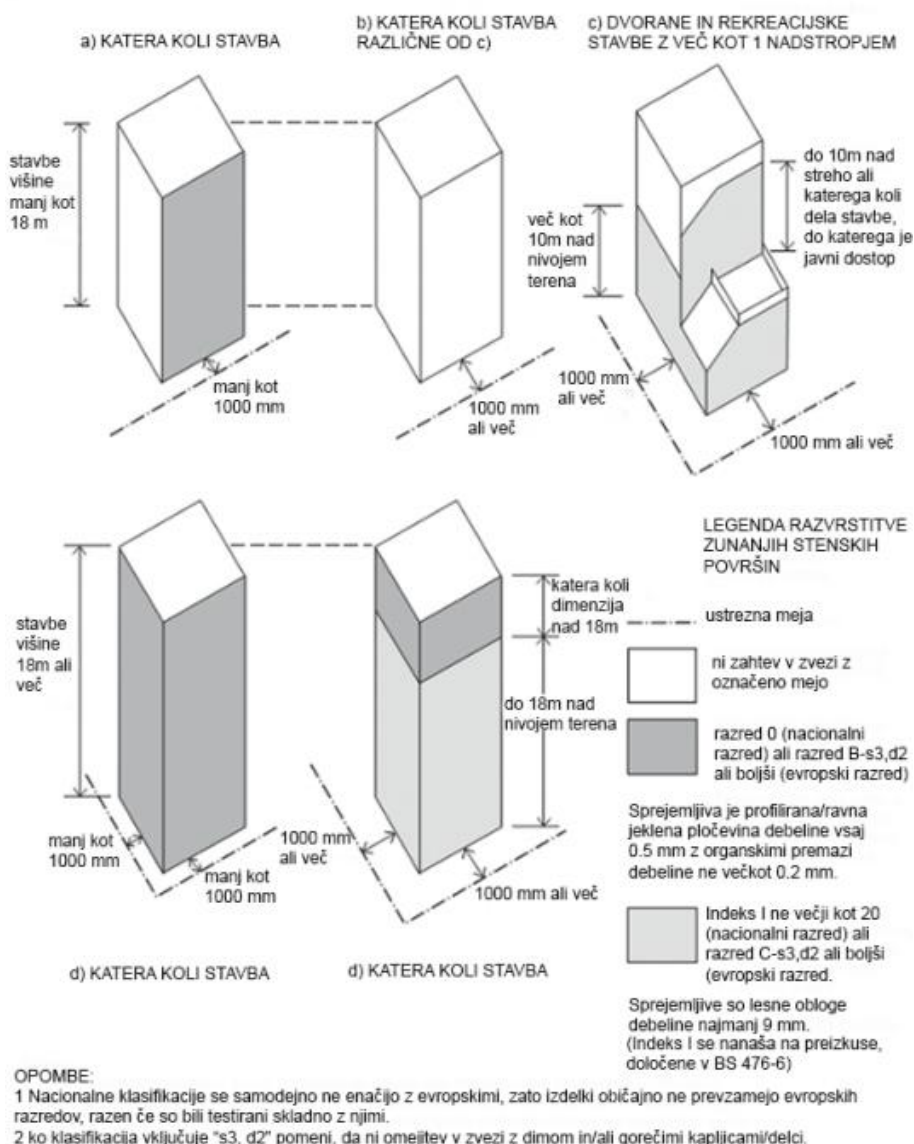
in zagotavljanje ustreznih požarnovarnostnih ukrepov, ki so predstavljeni v priročniku BS 9999. Iz preglednice 30 je na podlagi profila tveganja »A2« znotraj zgradbe, katere višina ni več kot 5 m nad nivojem terena razvidno, da se priporoča najmanj 30 minutna požarna odpornost. Za profil A2, B2 in C2 znotraj zgradbe, katerih višina ne presega 18 m nad nivojem terena, se priporoča najmanj 60 minutna požarna odpornost.

Preglednica 30: Minimalna požarna odpornost posameznega profila tveganja (Green, 2010)

Profil tveganja	Minimalna požarna odpornost, v minutah		
	Višina zasedenega nadstropja nad nivojem terena		
	ne več kot 5 m	ne več kot 11 m	ne več kot 18 m
A1	15	30	30
A2	30	30	60
A3	60	60	90
A4	Ni določeno	Ni določeno	Ni določeno
B1	30	30	30
B2	30	30	60
B3	30	45	75
B4	Ni določeno	Ni določeno	Ni določeno
C1	30	30	30
C2	30	45	60
C3	Ni določeno	Ni določeno	Ni določeno
C4	Ni določeno	Ni določeno	Ni določeno

Fasade

Za razliko od večine predpisov požarne varnosti drugod po Evropi, angleška različica na tem področju ponuja veliko svobode. Glede na višino stavbe ponuja različne izvedbe zunanjih stenskih oblog. Na sliki 65 je lepo videti, kakšen vpliv ima oddaljenost stavbe na zahteve glede zunanjih oblog. Ustrezen odmik stavbe je koristno upoštevati, saj se s tem tveganje prenosa požara na sosednje objekte zmanjša. Sicer pa za fasade veljajo podobne zahteve kot pri slovenski tehnični smernici (glej poglavje 5.1.3.1).



Slika 65: Zahteve za zunanje površine sten (HM Government, 2007)

5.3.3.2 Širjenje požara po notranjih stenah

Merila uspešnosti, ki morajo biti izpolnjena glede na naravo strukturnih elementov in so tipična za večino stavb so naslednja:

- nosilnost je potrebna za vse strukturne elemente, vključno s tlemi, tramovi, stebri in nosilnimi stenami,
- tla zahtevajo izolativnost in celovitost, da varujejo pred ognjem zgornje in spodnje prostore,
- predelne stene potrebujejo izolativnost in celovitost za zaščito sosednjih prostorov,
- stebri zahtevajo samo nosilnost, razen če so vgrajeni v element, ki zahteva izolativnost in celovitost (npr. predelna stena),

- grede zahtevajo samo nosilnost, razen če so vgrajene v tla ali steno, za katero je potrebna izolativnost in celovitost.

Preglednica 31 prikazuje minimalne požarne odpornosti notranjih delov stavbe.

Preglednica 31: Minimalna požarna odpornost notranjih delov stavbe (HM Government, 2007)

Del stavbe	Minimalne določbe testiranja po BS 476 ali po Evropskem standardu, v minutah ¹			Način izpostavljenosti	Minimalne zahteve za R, E, I, testirano po evropskih standardih (min)
	Nosilnost R	Celovitost E	Izolativnost I		
Tla					
Med trgovino in zgornjim stanovanjem	60 ali več	60 ali več	60 ali več	spodnja stran	REI 60 ali Pregl. 27 (večja vrednost)
Katerakoli druga tla	Pregl. 27	Pregl. 27	Pregl. 27	spodnja stran	REI Pregl. 27
Predelne stene					
Predelne stene v zasedenih prostorih, razen pisarne	60 ali Pregl. 27 (manjša vrednost)	60 ali Pregl. 27 (manjša vrednost)	60 ali Pregl. 27 (manjša vrednost)	vsaka stran posamično	REI 60 ali Pregl. 27 (manjša vrednost)
Druge predelne stene	Pregl. 27	Pregl. 27	Pregl. 27	vsaka stran posamično	REI Pregl. 27
Gasilski jašek					
a. Prostor, ki delijo gasilske jaške od ostalega objekta	120	120	120	stran, ki je odmaknjena od jaška	REI 120
	60	60	60	iz strani jaška	REI 60
b. Konstrukcija, ki ločuje gasilske stopnice, dvigalo	60	60	60	vsaka stran posamično	REI 60

Se nadaljuje...

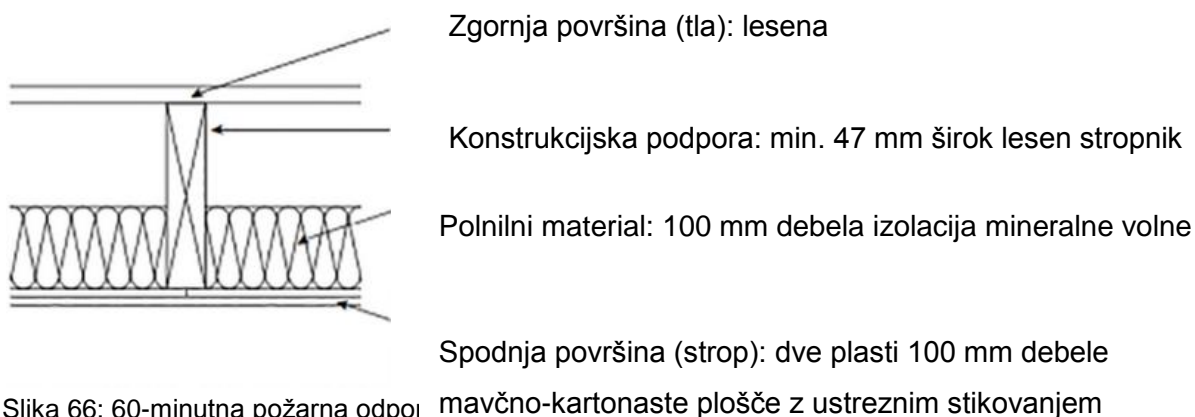
... nadaljevanje preglednice 31

Zaščitene grede					
a. Vse zasteklitve	ni določeno	30	ni zahtev	vsaka stran posamično	E 30
b. Katerikoli drug del med gredami in zaščiten hodnik	30	30	30	vsaka stran posamično	REI 30
c. Katerikoli del, ki ni v a. in b.	Pregl. 27	Pregl. 27	Pregl. 27	vsaka stran posamično	REI Pregl. 27
Ohišje (ki ni del predelnih sten ali zaščiteneh gred)					
a. Zaščiteno stopnišče	30	30	30	vsaka stran posamično	REI 30
b. Dvigalni jašek	30	30	30	vsaka stran posamično	REI 30
Strop	ni določeno	30	30	iz notranjosti stavbe	EI 30

¹ Del 21 za nosilne elemente, del 22 za nenosilne elemente, del 23 za požarno zaščito stopov, del 24 za prezračevalne vode

Obloge

Angleški kodeks »The LPC design guide« in »Fire Safety: Approved document B – Volume 2« zelo natančno pokrivata področje oblog v notranjosti stavbe. Osredotočili se bomo le na bistvene zahteve, ki med drugim obravnavajo tudi lesene obloge. Za obloge iz lesa se ponavadi zahteva 30 do 60 minutna požarna odpornost. Njihova značilnost je težko zagotavljanje ravni širjenja požara po površini. Poznamo različne obloge, od ivernih, vezanih plošč do vlaknenih plošč srednje gostote. Priporočena debelina vgrajenih lesenih oblog je navadno med 10 in 25 mm (FPA, 1999). V primeru talnih lesenih oblog (slika 66), mora biti debelina materiala za prevzem dopustnih obremenitev preko stropnikov najmanj 15 mm. Spoji morajo biti zaščiteni in samostojno zaprti ali s poravnavo talne strukturne sestave (FPA, 1999). Talne obloge sicer redko pomembno prispevajo k požarni obremenitvi.



Slika 66: 60-minutna požarna odpornost talne obloge

Primer obloge stene prikazuje slika 67.



Slika 67: Tipičen žebljan lesen prekat z 90-minutno požarno odpornostjo

Površinske obloge sten in stropov morajo ustrezati klasifikaciji oblog v preglednici 32.

Preglednica 32: Klasifikacija oblog (HM Government, 2007)

Lokacija	Evropska klasifikacija
Sobe, katerih površina ni večja od:	D-s3,d2
a. 4 m ² v stanovanjskih nastanitvah	
b. 30 m ² v nestanovanjskih nastanitvah	
Drugi prostori (vključno z garažami)	C-s3,d2
Prostori v stanovanjih, ki omogočajo prehode	
Drugi prehodni prostori, vključno s skupnimi prostori stanovanj v bloku	B-s3,d2*

*Stenske obloge, ki so v skladu z BS EN 15102:2007 Dekorativne stenske obloge, in so dosegle razred najmanj C-s3,d2 ter so vezane na razred A2-s3,d2 so tudi sprejemljive.

Omejitve protipožarne zaščite stropov so prikazane v preglednici 33.

Preglednica 33: Omejitve protipožarne zaščite stropov (HM Government, 2007)

Višina objekta ali ločenega dela (m)	Tip tal	Omejitve požarne odpornosti (v minutah)	Opis visečih stropov
Manj kot 18	brez oddelkov	60 ali manj	tip W, X, Y ali Z
	z oddelki	manj kot 60	
		60	tip X, Y ali Z
18 ali več	kateri koli	60 ali manj	tip Y ali Z
Brez omejitve	kateri koli	več kot 60	tip Z

Opombe zgornje preglednice (sprememba vrste iz A-D v W-Z je namenjena izogibu zmedi z evropskimi razredi A-D):

- W. Površina stropov, izpostavljena praznini, mora biti nacionalnega razreda 0 ali 1 oziroma evropskega razreda C-s3,d2 ali boljšega,

X. Površina stropov, izpostavljena praznini, mora biti nacionalnega razreda 0 oziroma evropskega razreda B-s3,d2 ali boljšega,

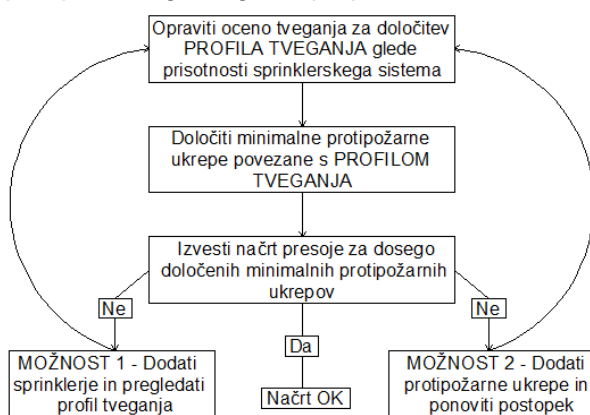
Y. Površina stropov, izpostavljena praznini, mora biti nacionalnega razreda 0 oziroma evropskega razreda B-s3,d2 ali boljšega. Stropi ne smejo vsebovati enostavno odprljivih in dostopnih plošč,

Z. Stropi morajo biti iz materiala z omejeno gorljivostjo oziroma evropskega razreda A2-s3,d2 ali boljšega. Ne smejo vsebovati enostavno odprljivih in dostopnih plošč. Vsa izolacija nad stropom mora biti iz materiala z omejeno gorljivostjo ali evropskega razreda A2-s3,d2.

- dostopi do plošč, v protipožarni zaščiti stopov tipa Y ali Z, morajo biti pritrjeni na mestu in z materiali za katere je potrebno dokazati, da so preizkušeni v strukturi stopa.
- nacionalne klasifikacije se samodejno ne enačijo z evropskimi, zato izdelki običajno ne prevzamejo evropskih razredov, razen če so bili testirani skladno z njimi. Ko klasifikacija vključuje »s3,d2« pomeni, da ni omejitev v zvezi z dimom in/ali gorečimi kapljicami/delci.

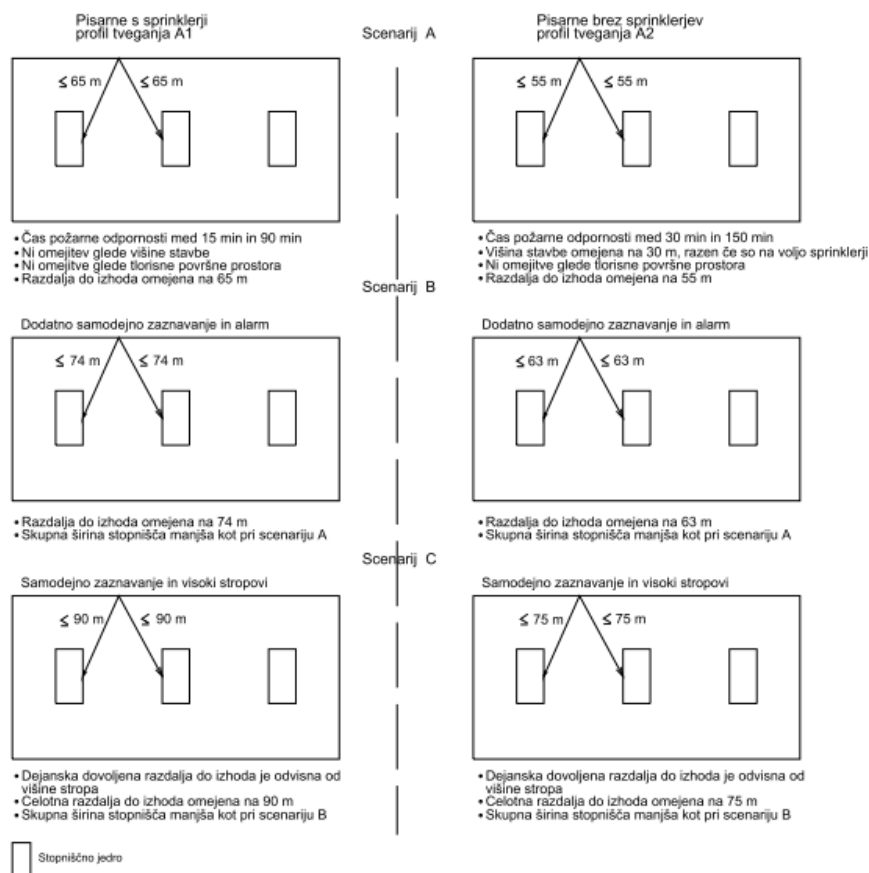
5.3.3.3 Aktivna požarna zaščita

Minimalne vrednosti požarne odpornosti v posamezni skupini stavb glede na njeno višino z/brez sprinklerskega sistema smo prikazali že v preglednici 27. Slika 68 pa prikazuje postopek pravilnega zagotavljanja protipožarne zaščite v stavbah.



Slika 68: Grafikon odločitve o protipožarni zaščiti (Green, 2010)

Prilagodljivost in oprijemljive koristi, ki jih lahko dosežemo z uporabo priročnika BS9999 prikazujemo na sliki 69. Prikazan je primer pisarne z ali brez sprinklerskega sistema za profila tveganja A1 in A2 (glej preglednico 29). Neposredna razlika med njima je manjše število izhodov v sili iz stavbe. Samodejno zaznavanje požara in alarmni sistem bi povečala razdaljo do izhoda in njegovo širino. V povezavi s tem in višino stropov, bi lahko povečali razdaljo do izhoda in posledično zmanjšali število izhodnih poti v sili (Green, 2010).

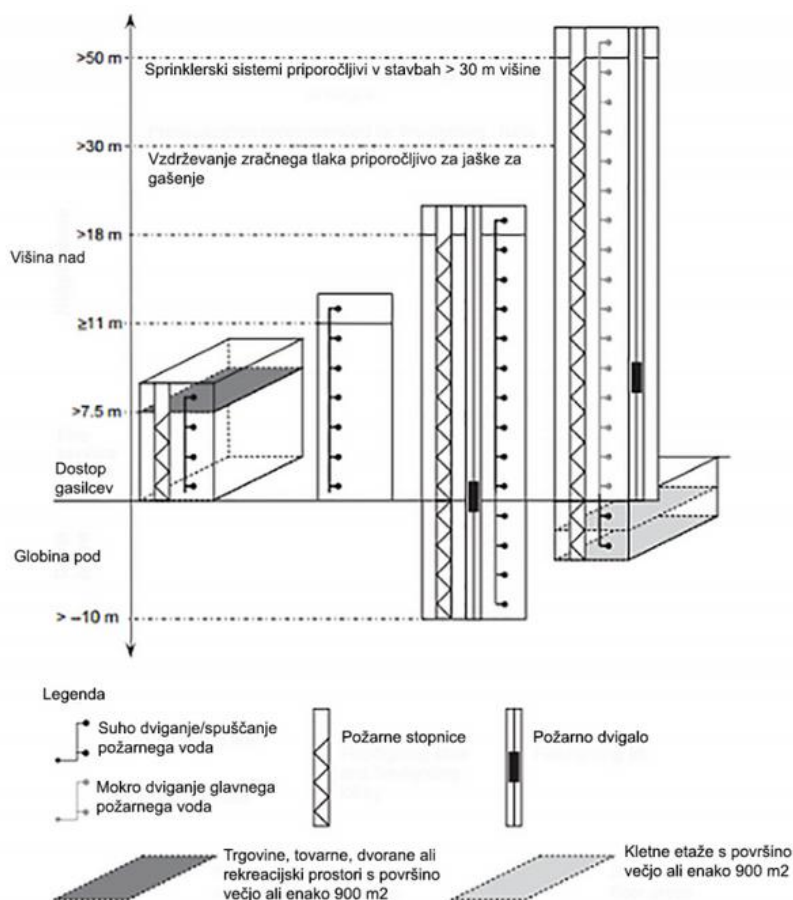


Slika 69: Prikaz možnih scenarijev z/brez sprinklerskega sistema v pisarnah (Green, 2010)

Avtomatsko javljanje požara

V odvisnosti od vrste namembnosti stavbe, ravni upravljanja v stavbi, zagotavljanja avtomatskega odkrivanja požara ter alarmiranja, se lahko omogoči manjše širine izhodov v sili in daljše evakuacijske poti. Sistemi za avtomatsko odkrivanje požara so glede na priročnik BS 9999 priporočena in ne zahtevana oblika protipožarne zaščite.

Slika 70 prikazuje ustrezne načine notranjega zagotavljanja protipožarne zaščite, ki se spreminjajo glede na višino in površino stavbe.



Slika 70: Povzetek priporočil zagotavljanja protipožarne zaščite glede na višino in površino stavbe (Green, 2010)

Protipožarna zaščita v višjih stavbah iz lesene nosilne konstrukcije znižuje tveganje požara. Razlog lahko najdemo v višji stopnji vgrajene protipožarne zaščite (sprinklerski sistemi, požarno odporne konstrukcije) (Casey, 2014). Sicer pa morajo imeti vse stavbe z zasedenimi nadstropji, višjimi od 30 m nad nivojem terena, v celoti zagotovljeno zaščito z avtomatskimi sprinklerskimi sistemi (Green, 2010).

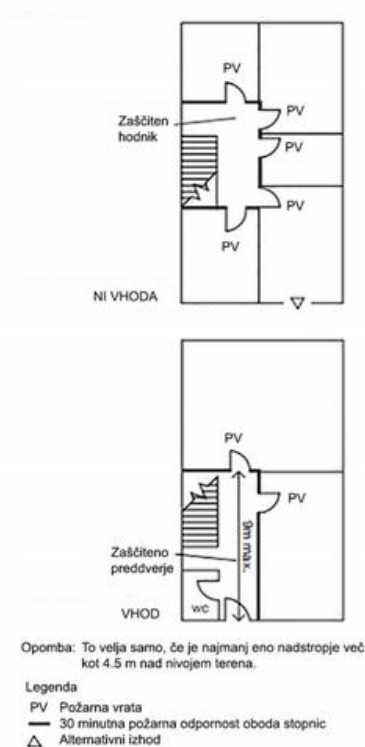
Če stavba nima zagotovljenega sprinklerskega sistema, potem vsako nadstropje, ki je več kot 18 m nad požarom in dostopom reševalnih vozil, ne sme biti več kot 45 m oddaljeno od glavne požarne vtičnice vgrajene v zaščitenem stopnišču in 60 m od glavnega gasilskega jaška (HM Government, 2007).

5.3.4 Evakuacijske poti

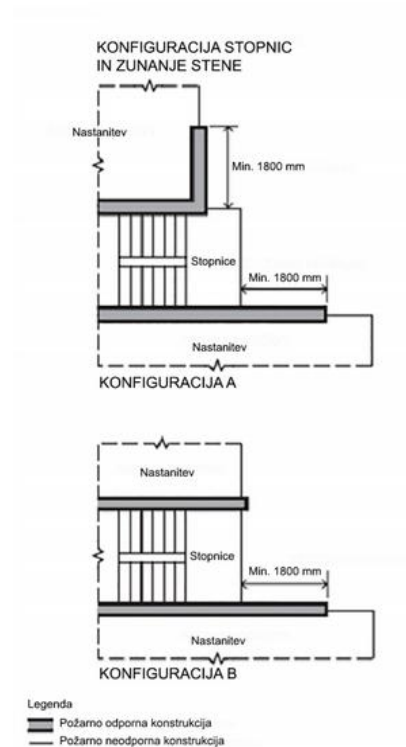
V splošnem so evakuacijske poti odvisne od števila uporabnikov, števila etaž in omejene razdalje do najbližjega izhoda.

5.3.4.1 Zaščiteni stopnišča

Za stavbe višine med 11 m in 18 m, je potrebno zagotoviti zaščiteni stopnišča. Minimalna zahteva za zaščiteni stopnišča glede na ustrezen evropski standard je najmanj REI 30. Zaščitene poti proti izhodu v sili oziroma njihova oddaljenost od izhoda ali zaščitenega stopnišča mora biti omejena, saj struktura ne zagotavlja neomejene zaščite (sliki 71 in 72).



Slika 71: Prostor z zaščitenim preddverjem in hodnikom (HM Government, 2007)



Slika 72: Zunanja zaščita zaščitenih stopnic (HM Government, 2007)

Obloge zaščitenih stopnišč v dokumentu »Fire safety, Approved Document B« niso direktno definirane. Pomagamo si lahko s tabelo 11 omenjenega vira, ki podaja klasifikacije prostorov, kjer pa so zaščiteni stopnišča izključena.

6 PRIMERJAVA SLOVENSKE, NEMŠKE IN ANGLEŠKE SMERNICE POŽARNE VARNOSTI STAVB

V spodnjih preglednicah so prikazane bistvene razlike/podobnosti med zgoraj predstavljenimi tehničnimi smernicami oziroma predpisi zagotavljanja požarne varnosti v stavbah med Slovenijo (TSG-1-001:2010), Nemčijo (MBO, M-HFH HolzR) in Anglijo (Approved Dokument B - Volume 2 (v preglednicah ADB), BS9999). Preglednica 34 prikazuje primerjavo zagotavljanja požarne varnosti za zunanji del objekta, preglednica 35 oblog zunanjih sten in zahtev glede fasad. V preglednici 36 je prikazana primerjava sistemov gašenja, evakuacijskih poti in zahteve glede avtomatskega javljanja požara. Zadnja primerjalna preglednica, preglednica 37, pa prikazuje obloge stopnišč, sten in stropov ter zahteve glede zaščitenih stopnišč.

Preglednica 34: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (zunanji del objekta)

Primerjalne postavke	Slovenija TSG-1-001:2010	Nemčija MBO, M-HFH HolzR	Anglija ADB, BS9999
Širjenje požara na sosednje objekte (omejitve, odmiki)	Zagotovljena mora biti ustrezna požarna zaščita fasade in strehe, v primeru dotikajočih se stavb se izvede požarna stena. Minimalna dovoljena razdalja je razdalja med načrtovano stavbo in relevantno mejo (metode 1,2,3).	Med različnimi sklopi stavb se izvede požarna stena. Gradbeni elementi ne smejo segati nad požarne stene. V primeru kompleksnih stavb minimalno razdaljo določa višina višje stavbe; sicer 0,4 x H oz. min. 3 m	Oddaljenost stavb od meje pogojuje delež nezaščitenih površin. Če so te presežene, morajo biti izvedeni kot ognjeodporni. Za stavbe manjše od 10 m se sklicujemo na sliko 65, za višje od 10 m pa na poročilo BRE.
Požarna odpornost stavbe ali dela stavbe (npr. P+3)	Večstanovanjske stavbe (z leseno nosilno konstrukcijo) z/brez sprinklerskega sistema R 60; Pisarniške stavbe (z leseno nosilno konstrukcijo) z/brez sprinklerskega sistema imajo požarno odpornost R60. Zanje do P+2 velja R 30, nad P+2 pa R 60.	Za stavbe (s sprinklerskim sistemom) uvrščene v razred 4 (preglednica 25) morajo imeti nosilne stene požarno odpornost najmanj R 60.	Večstanovanjske stavbe z/brez sprinklerskega sistema R 60 (z možnostjo zmanjšanja). Za pisarniške stavbe brez sprinklerskega sistema R 60, s sprinklerskim sistemom pa R 30 (z možnostjo povečanja).

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 37

Dovoljena višina stavbe z leseno nosilno konstrukcijo	Večstanovanjske stavbe brez sprinklerskega sistema do vključno P+3, s sprinklerskim sistemom do vključno P+5. Enake zahteve veljajo tudi za upravne in pisarniške stavbe.	Gradnja lesenega objekta z vgrajenim sprinklerskim sistemom do 8 etaž, brez sprinklerskega sistema pa 5 etaž.	Gradnja lesenega objekta z vgrajenim sprinklerskim sistemom do 8 etaž, brez sprinklerskega sistema pa 6 etaž.
--	---	---	---

Preglednica 35: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (obloge zunanjih sten, fasade in druge zahteve)

Primerjalne postavke	Slovenija TSG-1-001:2010	Nemčija MBO, M-HFHolzR	Anglija ADB, BS9999
Obloge zunanjih sten - razred odziva na ogenj	Stanovanjske in pisarniške stavbe višine med 10 m in 22 m najmanj B-d1 (požarno odporen les).	Požarno zaščitna obloga mora preprečevati vžig lesenih komponent vsaj 60 minut. Evropski razred odziva na ogenj A1 (kamena volna).	Za stavbe višine manj kot 18 m morajo obloge ustrezati razredu B - s3,d2 (požarno odporen les) ali višje (oziroma ni zahtev – glej sliko 65).
Zahteve glede fasade, druge zahteve	Lesena obloga prekinjena s kovinskim profilom debeline najmanj 2mm. Obloga fasade ima razred odziva na ogenj (za stavbe višine od 10m do visokih stavb) B-d0 (požarno odporen les)	Zagotovljeni morajo biti posebni ukrepi-delitev fasade z požarno izolacijo (dodani sprinklerski sistemi). Zagotoviti je potrebno preprečevanje širjenja požara preko stropnih komponent, prenos dima in požara na področju kotnih združevanj (fug); srednja temperatura pod oblogami ni večja od 250 K, najvišja pa ne od 270 K.	Sprejemljive so lesene obloge debeline najmanj 9 mm; dovoljena pa je tudi profilirana/ravna jeklena pločevina debeline vsaj 0,5 mm z organskimi premazi.

Preglednica 36: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (sistemi gašenja, evakuacijske poti, AJP)

Primerjalne postavke	Slovenija TSG-1-001:2010	Nemčija MBO, M-HFHolzR	Anglija ADB, BS9999
Sistemi in naprave za gašenje požara	Za stanovanjske stavbe ni predvidenega sprinklerskega sistema (preglednica 10). Pisarniške stavbe imajo lahko požarni sektor ob ustreznem sprinklerskem sistemu velikosti do 4000 m ² in se lahko razteza preko več etaž.	Gradnja do 8 nadstropnih stanovanj in poslovnih stavb ob vgradnji sprinklerskega sistema (slika 73)	V višjih stavbah iz lesene nosilne konstrukcije je za zniževanje tveganja požara priporočljiva vgradnja protipožarne zaščite (sprinklerski sistemi, požarno odporne konstrukcije).
Evakuacijske poti	Odvisne so od števila uporabnikov, števila in velikosti etaž, površine, namembnosti stavbe ter razdelitve na požarne sektorje.	Odvisne so od klasifikacije objektov, velikosti gospodinjstev, tipa uporabe in lokacije prostorov.	Odvisne so od števila uporabnikov, števila etaž in (omejene) razdalje do najbližjega izhoda.
Naprave AJP	V kolikor ima stavba (npr. pisarniški objekt) več požarnih sektorjev, je sistem AJP odvisen od BET požarnega sektorja.	V primeru vidnih lesenih površin morajo biti avtomatski javljalniki požara.	So priporočena in ne zahtevana oblika protipožarne zaščite.

Preglednica 37: Primerjalna preglednica slovenskih, nemških in angleških smernic zagotavljanja požarne varnosti v stavbah (obloge stopnišč, sten in stropov, zaščitena stopnišča)

Primerjalne postavke	Slovenija TSG-1-001:2010	Nemčija MBO, M-HFHolzR	Anglija ADB, BS9999
Obloge v notranjosti stavbe: Stopnišča	A2-s1,d0 (mavčno-kartonaste plošče)	A2-s1,d0 (mavčno-kartonaste plošče)	Obloge zaščiteneh stopnišč niso eksaktno definirane.
Stene in stropi	Prostori do 1000 m ² s sprinklerskim sistemom D-s2,d0 (les); brez sprinklerskega sistema B-s1,d0 (mavčno-kartonaste plošče).	Stene in stropi morajo biti obloženi s požarno zaščitnimi oblogami z najmanj 60-minutno požarno odpornostjo.	Za obloge iz lesa se zahteva 30 do 60-minutna požarna odpornost. Stropi morajo biti iz materiala z omejeno gorljivostjo oziroma A2-s3,d2 ali boljšega (mavčno-kartonaste plošče). V sobah, kjer površina ni večja od 30 m ² pa najmanj D-s3,d2 (paneli na osnovi lesa).
Zaščitena stopnišča	V stavbah z LNK (več kot 11 m nad nivojem terena) je stopniščna konstrukcija iz negorljivega materiala.	Talne, stenske in stropne površine morajo biti iz težko gorljivih materialov. Požarna odpornost vertikalnih izhodov za stavbe srednjih višin je REI 60.	Za stavbe višine med 11 in 18 m je potrebno zagotoviti zaščiteno stopnišče (najmanj REI 30).

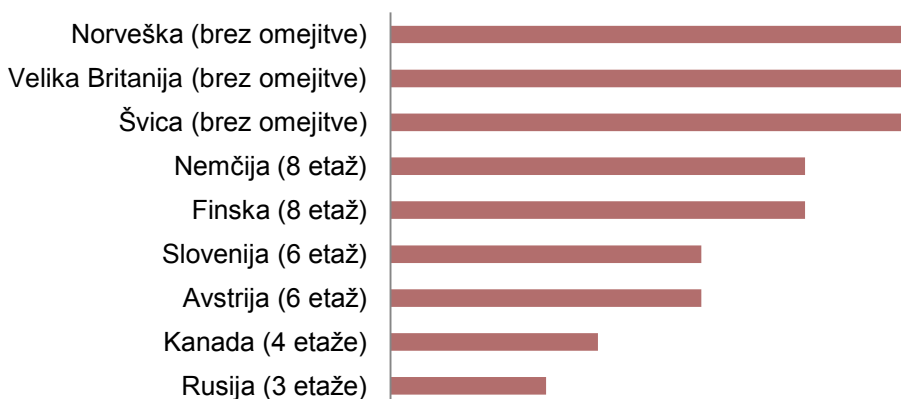
Razvidno je, da se nekatere postavke težko primerljive med seboj, saj v Evropi (kljub temu, da k temu strmijo) ni enotnega sistema zagotavljanja požarne varnosti in zaradi tega pride do odstopanj. Največjo razliko lahko opazimo v preglednici 38, kjer kljub manjšim razlikam v zagotavljanju požarne varnosti v stavbah (glej preglednice 34 – 37), prihaja do večjih razlik v dopustnih višinah stavb z leseno nosilno konstrukcijo. To je še posebej razvidno pri številu etaž z zagotovljenih sprinklerskim sistemom v stavbi. Nemčija in Anglija sta v tem enotni, medtem ko Slovenija omogoča kljub nekaterim strožjim ukrepom (požarna odpornost stavbe, naprave AJP, zahteve glede zaščiteneh stopnišč) izgradnjo »zgolj« 6 etaž.

Preglednica 38: Maksimalna dovoljena višina gradnje lesenih konstrukcij (Gerard, 2013)

Država	Maksimalno število etaž	
	S sprinklerji	Brez sprinklerjev
Nemčija	8	5
Slovenija	6	4
Anglija	8	6
Avstralija	3	3
Kanada	4	3
Švedska	8	2

Zaradi upoštevanja temeljnih evropskih zahtev, za Švedsko pri gradnji lesenih stavb velja omejitev višine na 8 etaž. Enako velja za Nemčijo in Anglijo. Slika 73 prikazuje primerjavo omejitve višine gradnje lesenih objektov v nekaterih izbranih državah po svetu.

Omejitve višin lesenih objektov v izbranih državah po svetu



Slika 73: Omejitve višin lesenih objektov (Chui, 2015)

Podatki iz leta 2015 (SOA, 2015) poročajo da, v Švici od 1. 1. 2015 ni omejitve glede višine gradnje lesenih objektov, na Finskem dovoljujejo do 8 nadstropij, v Avstriji pa 6 etažne stavbe z leseno nosilno konstrukcijo. Tako kot Švica tudi Norveška in Velika Britanija nimata omejitve višine gradnje objektov iz lesene nosilne konstrukcije (Chui, 2015, SOA,2015). Kljub določbam za usklajevanje nacionalnih gradbenih predpisov za enotno izvajanje večnadstropnih stavb z leseno nosilno konstrukcijo je v različnih državah v Evropi z več ali manj dolgo tradicijo v leseni gradnji, različno (Dederich, 2015).

Bistvene razlike med slovensko, nemško in angleško smernico so naslednje:

- Slovenija pri širjenju požara na sosednje objekte opira na nemško smernico MBO, 2002 (preglednica 34) Slednja sicer podaja tudi minimalne razdalje za kompleksne prostorske ločitve, v splošnem pa se odmik med sosednjimi objekti določi s pomočjo treh metod.

- V angleški smernici določanje odmika med sosednjimi stavbami (preglednica 34) ni tako enostavno določljivo. Slednja podaja dve metodi določevanja odmika med stavbami, vendar samo za stavbe predpisane višine (do 10 m). V primeru višjih stavb se moramo obrniti na poročilo BRE (R E H Read, 1991), kjer se odmik določi glede na delež nezaščitenih površin ter velikostjo stavbe.
- Pri požarni odpornosti stavbe ali njenega dela angleški predpis omogoča manjšo vrednost požarne odpornosti za pisarniške stavbe s sprinklerskim sistemom, prav tako pa omogoča možnost zmanjšanja požarne odpornosti večstanovanjskih stavb z/brez sprinklerskega sistema (preglednica 27).
- Do razlik prihaja tudi v dovoljenem številu etaž zgrajenih stavb različne namembnosti (slika 73). Normativna omejitev višine je opredeljena predvsem z naravo strukturnega materiala. Strožje zahteve veljajo za gorljive materiale, tj. lesene stavbe, ki so v splošnem omejene na 8 etaž ali manj (Gerard, 2013). Medtem ko, Nemčija in Anglija omogočata enako število etaž v stavbi z zagotovljeno popolno protipožarno zaščito, Slovenija dovoljuje za kar dve etaži nižjo stavbo (preglednica 38). Do razlikovanja pride tudi v stavbah brez sprinklerskega sistema, kjer se razlike pojavijo tudi med Nemčijo in Anglijo. Slednja omogoča najvišjo stavbo z leseno nosilno konstrukcijo. Z razumevanjem in poznavanjem strukture lesa se spreminja (zvišuje) tudi dovoljena višina lesene stavbe.
- Z oblogami zunanjih sten so najmanj zahtevni, vendar najbolj specifični pri dopustnih ukrepih v nemško govorečih deželah. Ukrepi zahtevajo delitev lesene fasade s požarno izolacijo ter dodanim protipožarnim sistemom za preprečevanje širjenja požara preko fasadnih komponent v notranjost stavbe.
- Glede zagotavljanja ustrezne zaščite pred požarom v obliki oblog notranjih sten, stropov ali stopnišč so največja razhajanja. V prostorih z vgrajenim sprinklerskim sistemom Slovenija omogoča lesene obloge sten in stropov (do 1000 m²) (preglednica 15), Nemčija in Anglija pa predpisujeta samo zahtevano požarno odpornost vgrajenih materialov, ne pa tudi izrecno kategorije materiala. Anglija dovoljuje panele na osnovi lesa za prostore manjše od 30 m². Do večjih razlik pa prihaja pri oblogah stopnišč (preglednica 37). Stopniščna konstrukcija mora biti v slovenski tehnični smernici izvedena iz negorljivega materiala (evropski razred A). Površine stopnišč v Nemčiji pa so iz težko gorljivega materiala (evropski razred B in C).

7 PRIMERJAVA LESENH STAVB V EVROPI

Lesena gradnja se nenehno razvija. Sistemi gradnje so vedno bolj izpopolnjeni in nudijo več načinov optimizacije in oblik. V zadnjih letih se je razvil trend povečevanja zmogljivosti lesenih konstrukcij. Hitra in čista ekološka gradnja sta samo dva izmed mnogih pozitivnih lastnosti uporabe lesa v gradnji, tako stanovanjskih kot poslovnih stavb. V tem poglavju bomo predstavili nekaj primerov dobre prakse v Evropi, ki so z inovativnimi rešitvami pridobili ugled širše v evropskem prostoru.

Na začetku tega poglavja sta predstavljena dva objekta, prvi iz Slovenije in drugi iz Nemčije. Predstavljeni so osnovni principi gradnje, zahteve glede požarne varnosti ter uporabljene smernice in standardi pri projektiranju in izvedbi.

7.1 Gradnja lesene stavbe na primeru Slovenije in Nemčije

Kot smo videli že pri sami zakonodaji in predpisih, se Slovenija in Nemčija v nekaterih pogledih zagotavljanja požarne varnosti razlikujeta, v večini pa sta si podobni. V tem razdelku bomo na konkretnih primerjalnih lesenih stavbah iz Slovenije in Nemčije poskušali te razlike še bolj konkretizirati. Najprej bomo predstavili do sedaj še vedno najvišjo leseno stavbo v Sloveniji, poslovni objekt Eltima, nato pa še nemško stavbo, t.i. Holz8, zgrajeno v Bad Aiblingu.

7.1.1 Slovenija

Trenutno najvišja lesena stavba v Sloveniji, izdelana iz križno lepljenega lesa (sistem »X – lam«), je bila zgrajena leta 2012 v poslovni coni Komenda. Projektiranje je izvedla in vodila projektantska skupina CBD d.o.o. skupaj z arhitektom Rafaelom Drakslerjem, objekt »na ključ« pa je izvedlo podjetje AlfaNatura d.o.o. Prvotna želja investitorja je bila izgradnja večetažnega objekta, na koncu pa jim je uspelo zgraditi tri nadstropni poslovni objekt (P+3) s pripadajočo teraso, tlorisnih dimenzij 5 x 15 m. Objekt je skupaj s stopniščem in dvigalnim jaškom v celoti izveden iz lesenih križno lepljenih masivnih plošč, ki pa glede na neugodno razmerje med višino in širino objekta predstavljajo dovolj tog in nosilen konstrukcijski sistem v primeru vodoravnih obtežb (veter, potres).

Višina tal zadnje etaže nad nivojem terena je 9 m, najvišja točka stavbe pa je 13,61 m nad nivojem terena in jo uvršča med relativno nizke objekte. V zgolj 4 dneh je bila z uporabo križno lepljenih masivnih plošč konstrukcija postavljena. »X-lam« sistem omogoča, da se konstrukcija postavlja ločeno, nato pa se vgradi še ostale komponente notranjega in zunanjega ovoja stene (toplotna izolacija, inštalacijski kanali, mavčno-kartonaste plošče, fasadni ovoj...). Take konstrukcije imajo izjemne prednosti pri požarni in potresni odpornosti, hkrati pa po besedah dr. Bruno Dujčiča, katerega podjetje je projektiralo to stavbo, zaradi enotnega lesenega masivnega ovoja zagotavljajo izjemno bivalno okolje. Celotna stavba je bila zgrajena v slabih treh mesecih (Lesena gradnja v Sloveniji, 2015).

Za zadostitev požarne odpornosti konstrukcije so glede na specifikacijo odziva materiala na ogenj, vgrajeni materiali vsaj razreda B. Stopnišče, ki predstavlja evakuacijsko pot, pa je obloženo z mavčno-kartonastimi ploščami in premazano s požarnim premazom.

Objekt so projektirali po angleškem zakonu požarne varnosti, za katerega velja, da morajo vsi nosilni elementi takšnega objekta zagotavljati požarno odpornost R 30, kar so s tem zakonom tudi zagotovili. Slovenski predpisi bi za takšno stavbo zahtevali požarno odpornost R 60. Ravno zaradi majhne skupne tlorisne površine objekta (okoli 230 m² + terasa), ter majhnega števila uporabnikov, so lahko zagotovili manjšo požarno odpornost, kot jo predpisujejo slovenske smernice.

Stropi v posamezni etaži, ki prostoru dajejo posebno toplino in unikatnost, vsebujejo vidni les. Stene, ki pa so prav tako lesene, pa so zaradi zahtev požarne varnosti, obložene z mavčno-kartonastimi ploščami.

V celotni stavbi naprave za avtomatsko javljanje požara niso nameščene, saj zahtev za pisarniške objekte tako majhnih dimenzij ni. V objektu poleg tega ni tudi sprinklerskega sistema.

Objekt s prezračevano aluminijasto fasado v vseh pogledih odraža resnost in modernost poslovnega prostora. Predpisi namreč zahtevajo, da mora biti zunanja fasadna obloga, za zagotavljanje požarne varnosti, iz najmanj težko vnetljivega materiala.



Slika 74: Do danes najvišja lesena stavba v Sloveniji, poslovna stavba Eltima (Vir: arhiv CBD d.o.o.)

7.1.2 Nemčija

V letu 2011 so v Bad Aiblingu na Bavarskem zgradili osemnadstropno večstanovanjsko in poslovno leseno stavbo. Stavba imenovana Holz8, je po podatkih avtorja članka (Peter, 2012) z višino skoraj 25 m najvišja lesena stavba v Nemčiji, višina tal v najvišjem nadstropju 21,79 m pa jo uvršča tik pod mejo t.i. visokih stavb. Stavba je bila z uporabo predizdelanih gradbenih elementov postavljena zgolj v 16 dneh. Predelne in fasadne stene iz masivnega lesa z izolacijo iz mineralne volne so se v celoti sestavljale v proizvodnji (skupaj z vgradnjo oken), na gradbišče so jih odvažali kot gotove elemente. Tudi stopnišče in dvigalni jašek, ki sta zaradi zahtev požarne varnosti iz betona, sta iz predizdelanih betonskih elementov.

Celotna nosilna konstrukcija, velik del fasadnih oblog in stropi v notranjosti so zaradi zahtev požarne varnosti obloženi z mavčno-kartonastimi ploščami, balkoni pa so zaradi preprečevanja preperevanja jekleni.

Po bavarskem gradbenem zakonu (Bayerische Bauordnung - »BayBo«) se stavba Holz8 uvršča v skupino stavb 5, za katero velja, da morajo vsi nosilni elementi zagotavljati požarno odpornost R 90 in morajo biti iz negorljivega materiala. Če se pri konstrukciji stavbe uporablja les, na Bavarskem zanjo velja smernica o požarnovarnostnih zahtevah za lesene požarnoodporne nosilne elemente (HFHHolzR, 2006). V skladu z omenjeno smernico velja zahteva o preprečevanju nevarnosti razvoja požara znotraj masivne lesene konstrukcije, kjer bi se požar pod zaščitnim materialom lahko prenašal skozi votle dele ali bi v lesu nastajala požarna žarišča, ki bi jih bilo težko odkriti. Na stropnih ploščah je v skupnih prostorih talna konstrukcija, ki izpolnjuje zahteve za požarno odpornost K₂60 po DIN EN 13501-2, v stanovanjskih prostorih, kjer so tla lesena, pa so načrtovani nadomestni ukrepi, in sicer kombinacija ukrepov za zgodnje odkrivanje požara in alarmiranje, v celoti zaščitene evakuacijske poti iz stanovanj in dobri pogoji za učinkovito intervencijo gasilcev (Špec, 2013).

V kuhinjskih, spalnih in sanitarnih prostorih so leseni stropi zaščiteni z negorljivimi mavčno-kartonastimi oblogami, v ostalih bivalnih prostorih stanovanj pa so nezaščiteni. V celotni stavbi so vgrajeni avtomatski dimni brezžični javljalniki, povezani s požarno centralo, ki predstavljajo nadomestni ukrep stanovanjskih prostorov.

Ker je fasada v veliki meri lesena, so bili tudi tukaj potrebni nadomestni ukrepi pri načrtovanju. Za takšne stavbe namreč nemški predpisi zahtevajo, da mora biti zunanja fasadna obloga iz najmanj težko vnetljivega materiala. Strokovno utemeljitev za odstop od teh zahtev so projektanti našli v raziskovalnem projektu, katerega poročilo je bilo objavljeno v letu 2004 in sta ga skupaj izvedla nemški zavod za preizkušanja MFPA Leipzig in švicarsko lesno združenje Lignum (Špec, 2013). V projektu so eksperimentalno raziskovali odziv oblog zunanjih zidov na ogenj. Preizkus je bil izveden v kraju Merkers v Nemčiji, v štirinadstropni večstanovanjski stavbi, predvideni za rušenje. Dokazano je bilo, da ob določenih gradbenih ukrepih fasade z lesenimi oblogami zagotavljajo enak nivo varnosti kot težko vnetljive fasadne obloge.



Slika 75: Osemnadstropna večstanovanjska in poslovna lesena stavba na Bavarskem, Holz8 (Binderholz, 2015)

7.1.3 Primerjalna tabela

Preglednica 39 prikazuje podobnosti in razlike v zagotavljanju požarne varnosti lesene stavbe v Sloveniji in Nemčiji. Vidimo, da je bistvena razlika že v izvedbi stopnišča in dvigalnega jaška, ki je v primeru objekta Holz8 zaradi zahtev požarne varnosti po nemških predpisih iz betona, v primeru Eltime pa iz lesa. V tem primeru so se sklicevali na angleško smernico, kot ukrep požarne zaščite pa so uporabili oblogo iz mavčno-kartonastih plošč in

protipožarne premaze. Bistvena razlika, ki jo lahko opazimo iz preglednice 39 je izdelava stropov. Poslovni objekt v Komendi ima viden les, medtem ko je za zadostitev zahtev požarne varnosti strop v objektu Holz8 zaščiten z mavčno-kartonastimi ploščami. Kot vemo, lahko s kemičnimi spremembami izboljšamo odziv lesenih proizvodov na ogenj. To lahko pomeni, da se dosežejo najvišje požarne klasifikacije vnetljivih izdelkov (evropski razred B). To omogoča širšo uporabo vidnega lesa tako za notranje stene in strop, kot tudi za zunanje površine, tj. fasade. V primerjalni tabeli se pojavi razlika tudi v zagotavljanju požarne odpornosti nosilnih elementov. Poslovni objekt Eltima na podlagi angleške smernice z nižjo frekvenco ljudi in manjšo tlorisno površino zagotavlja požarno odpornost R 30, nemška stavba pa z višjo višino R 90.

Preglednica 39: Primerjava izvedbe lesenega objekta Eltima in Holz8

	SLOVENIJA (Eltima)	NEMČIJA (Holz8)
Sestava nosilne konstrukcije	les	les
Število nadstropij	3	8
Višina objekta	13.6 m	skoraj 25 m
Izvedba NK v dneh	4 (križno lepljene masivne plošče)	16 (predizdelani gradbeni elementi+izolacija+okna)
Stopnišče in dvigalni jašek	lesene križno lepljene masivne plošče	predizdelani betonski elementi
Obloge:		
NK	materiali odzivni na ogenj, protipožarni premazi	mavčno - kartonaste plošče
Notranje stene	mavčno - kartonaste plošče	mavčno - kartonaste plošče
Strop	viden les	mavčno - kartonaste plošče; nekateri deli nezaščiteni
Požarna odpornost nosilnih elementov	R 30	R 90
Nadomestni ukrepi	ni naprav za avtomatsko javljanje požara, sprinklerjev ni nameščenih	naprave za zgodnje odkrivanje požara in alarmiranje, zaščitene evakuacijske poti, betonsko evakuacijsko stopnišče, avtomatski brezžični dimni javljalniki
Izvedba fasade	prezračevana aluminijasta (obloga iz najmanj težko vnetljivega materiala)	lesena (obloga iz najmanj težko vnetljivega materiala)

7.2 Primeri zgrajenih večnadstropnij lesenih stavb po Evropi

7.2.1 Stadthaus, 24 Murray Grove, Anglija



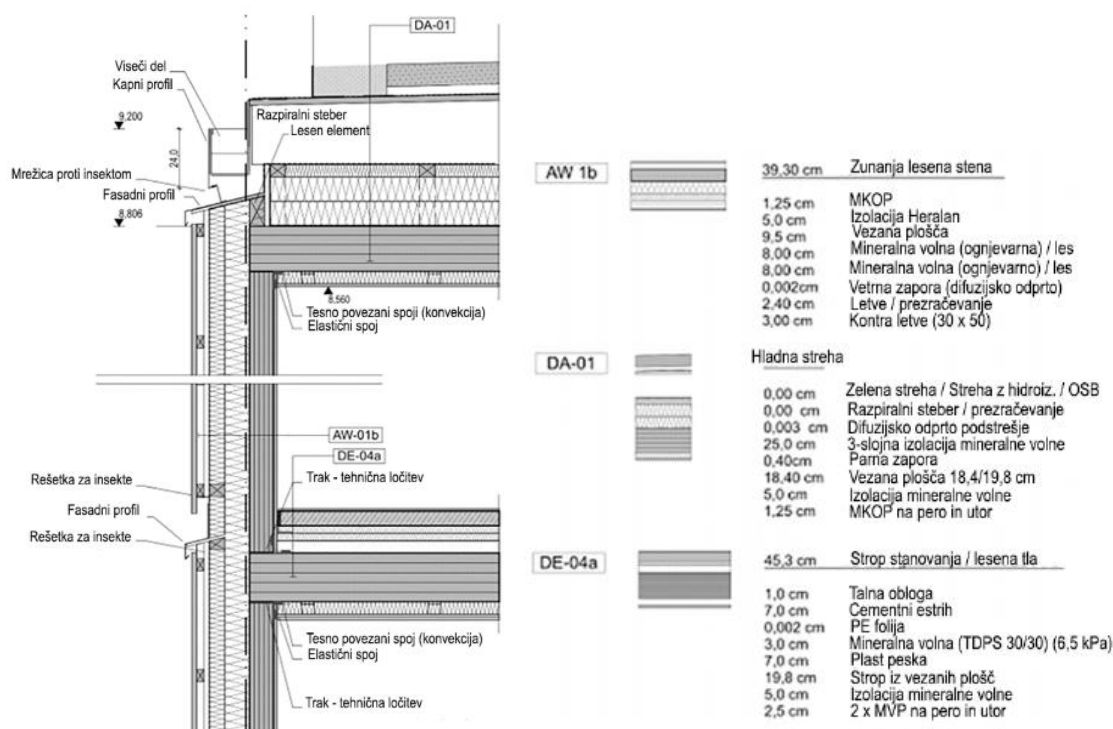
Slika 76: Stadthaus, London z detajlom zunanje stene (Wabl, 2012)

Slika 76 prikazuje 8 nadstropno stavbo z leseno nosilno konstrukcijo in s pritličjem iz betona, ki se nahaja v Londonu. Na robovih objekta stabilnost omogočajo kotni jekleni nosilci v obliki L-profilov. Nosilni elementi in dvigalni jašek so v celoti narejeni iz lesa (CLT), ena izmed posebnosti pa je tudi struktura objekta v obliki satovja. Kar se tiče zagotavljanja požarne varnosti, so komponente nosilne konstrukcije iz materiala, ki zagotavlja 60 minutno požarno odpornost. Zahtevano 90 minutno požarno odpornost pa so zagotovili z eno ali dvema plastema mavčno-vlaknenih plošč.

Zahteve požarne varnosti lokalnih gradbenih predpisov so v stavbi dosežene brez nameščenih avtomatskih sprinklerskih sistemov (Tall Wood, 2012). Fasada, ki posnema spreminjajočo svetlobo, je 70% narejena iz odpadnega lesa. Posebnost objekta je navsezadnje tudi kratkoročnost gradnje, ki je trajala zgolj 9 tednov (Dixit, 2014).

7.2.2 Massiv Living, Gradec, Avstrija

Stavba s 3 etažami, ki se nahaja v sosednji Avstriji (slika 77) predstavlja temelj sodobne masivne lesene gradnje ter prikazuje njegovo hitro in učinkovito uporabo. V njej je 22 socialnih stanovanj, obdanih s stopniščem iz armiranega betona. Vse montažne stene in stropi v stavbi so narejeni iz vezanih plošč. Požarno odpornost spuščениh stropov so projektanti zadostili z oblogami iz mavčno-kartonastih plošč. Eno izmed stanovanj v zgornjem nadstropju vsebuje stene z vidnim lesom, kar je posledica nižjih požarno varnostnih zahtev. Dodatni ukrepi prebojev, ki so bili izvedeni v stavbi kot ločena območja, omogočajo povezave v EI 90 ali EI 60. Literatura aktivne požarne zaščite ne pokriva. Fasada objekta je njegova posebnost, saj je narejena iz okoliškega lesa iglavcev. Stavba pa slovi tudi po zeleni strehi (Massiv Living in Graz, 2014).

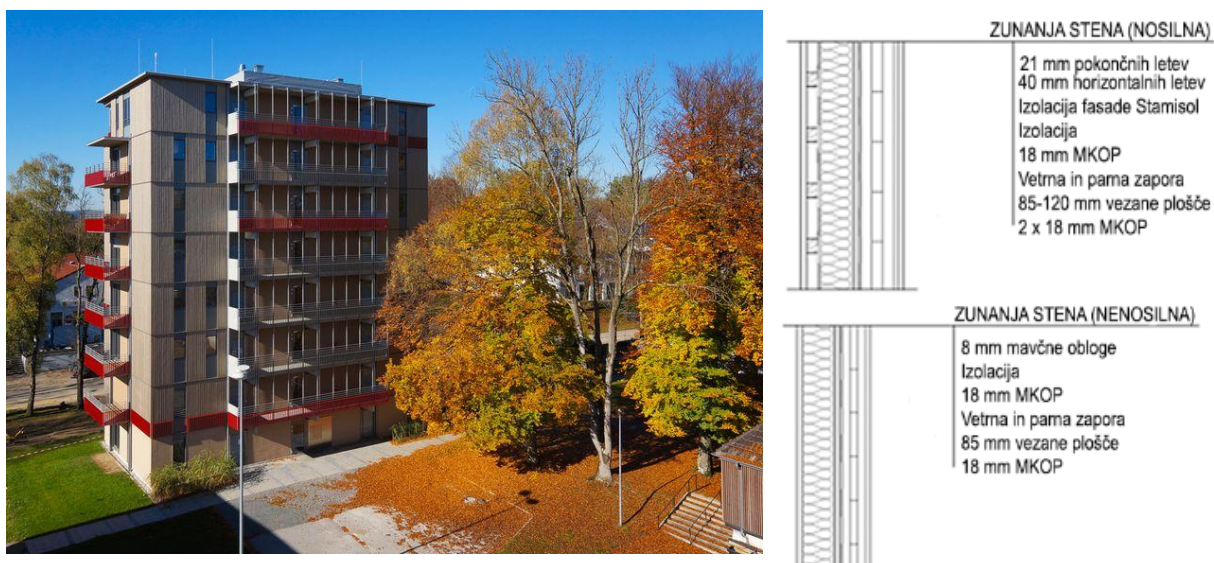


Slika 77: Massiv Living, Avstrija z detajlom sestave (Wabl, 2012)

7.2.3 Bad Aibling, Nemčija

Na sliki 78 je prikazana 8 nadstropna stavba Bad Aibling iz Nemčije, ki ima v spodnjih dveh etažah poslovne prostore, v zgornjih šestih pa stanovanjske prostore. Vsa nadstropja povezuje betonsko stopnišče. Nosilne in nenosilne stene pritličja in 1. nadstropja so iz masivnega lesa, obložene z mavčno-vlaknenimi ploščami razreda K_260 . Strop iz križno lepljenega lesa za doseganje požarne odpornosti REI 90, je obložen z mavčno-vlaknenimi ploščami razreda K_260 . Del stropov vsebuje vidni les, tisti deli stropov, ki pa so obloženi, pa dosegajo požarno odpornost REI 90. Na obeh straneh stene sta 2 plasti mavčno-kartonastih plošč, ki predstavlja učinkovito oblogo za zagotavljanje najmanj 60-minutne požarne odpornosti. Enake zahteve veljajo tudi od 2. do 6. nadstropja. V zadnjem nadstropju so nosilne notranje stene narejene iz vidnega masivnega lesa. V objektu je nameščena aktivna požarna zaščita v obliki požarnega alarma, stavba pa ima urejen tudi suh dvižni vod. Po nemških predpisih mora biti zunanji ovoj objektov uvrščenih v razred KO4 iz najmanj težko

gorljivega materiala razreda B1. V objektu je fasada večinoma lesena in neprežračevana (Brandschutz im Holzbau, 2014).



Slika 78: Bad Aibling, Nemčija in detajl zunanje stene (nosilne in nenosilne) (Wabl, 2012)

7.2.4 Limnologen, Švedska



Slika 79: Limnologen, Švedska in detajl zunanje nosilne stene (Wabl, 2012)

Na sliki 79 je prikazan 9 nadstropni stanovanjski blok Limnologen iz Švedske, katerega pritličje je narejeno iz betona, nadstropja pa iz masivnega lesa je del švedskega projekta »modern wooden city«. Požarno varnost objekta so zagotovili s sprinklerskimi sistemi v dnevnih prostorih ter oblogami sten in stropov z mavčno-kartonastimi ognjevarnimi ploščami. Objekt je razdeljen v požarne sektorje, vsak pa zagotavlja požarno odpornost EI 60. Južni del objekta vsebuje leseno fasado in lesene površine balkonov (Limnologen, 2009).

7.2.5 Steinhausen, Švica



Slika 80: Steinhausen, Švica in detajl notranje in zunanje stene (Wabl, 2012)

Več-družinska 6 nadstropna lahka lesena stavba Steinhausen se nahaja v Švici (slika 80), zgrajena leta 2006. To je za tisti čas prva šest etažna stavba, ki jo je omogočila prenovljena švicarska reforma iz leta 2005. Sistem predstavlja leseno okvirno konstrukcijo s požarno odpornostjo 60 minut. Stopnišče je armirano betonsko, vse obloge pa so negorljive. Lesena fasada iz rdeče cedre je prezračevana in prekinjena s kovinskimi elementi, ki preprečujejo širjenje požara po zunanjem obodu stavbe (Makiol+Wiederkehr).

7.2.6 Primerjalna tabela

Razlike v zahtevah za požarno varnost zgoraj opisanih primerov lesene gradnje so precej očitne. Sprinklerski sistemi so vgrajeni samo v švedskem projektu »Limnologen«.

Projekt »Bad Aibling« je nazoren primer sodelovanja betonskega središča z lesnim ovojem stavbe. V tem primeru posebnih ukrepov požarne zaščite v stopniščih ni potrebno zagotavljati. Potencial visoke lesene gradnje predstavlja objekt »Stadthaus« iz Anglije, ki dosega zahtevano raven požarne varnosti iz lokalnih gradbenih predpisov. Švicarski objekt, s prezračevano leseno fasado, postavlja nove mejnike. Objekt Massiv Living iz Gradca ima najmanj nadstropij in predstavlja primer uporabe lesa tako v notranjosti kot zunanosti objekta (preglednica 40).

Preglednica 40: Primerjalna preglednica evropskih lesenih objektov (Wabl, 2012)

Objekt	Država	Število etaž	Lesena fasada	Vidne lesene površine
Stadthaus	Anglija	9	Večinoma	REI 90
Massiv Living	Avstrija	3	Da	REI 90
Bad Aibling	Nemčija	8	Da	REI 90, K 60
Limnologen	Švedska	8	Delno	REI 90
Steinhausen	Švica	6	Da	REI 90

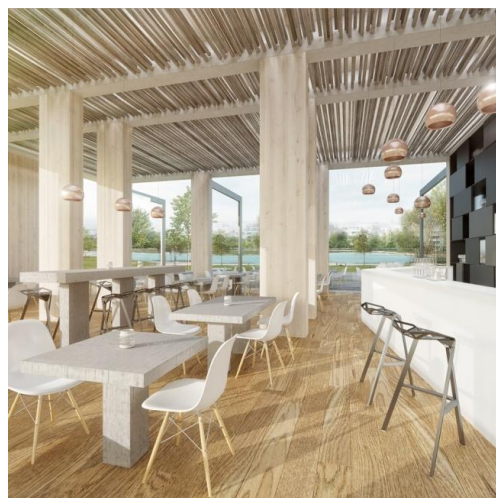
7.3 Primeri lesenih objektov načrtovanih v prihodnje

Cilj lesene gradnje v prihodnje so graditi čim višje objekte. Švedska je potrdila gradnjo 34-etažnega lesenega stolpa v Stockholmu. V Avstraliji (Melbourne) naj bi se zgradila 12 nadstropna, v Italiji 16 nadstropna, na Norveškem 17, v Vancouvru pa kar 34 nadstropna lesena stavba. V Avstriji predvidevajo gradnjo 30 nadstropne stavbe v kombinaciji lesa z betonom (Maxim, 2013). Najbolj velikopotezni so načrti za gradnjo lesenega objekta na Dunaju, imenovanega »HoHo«, ki naj bi bil visok neverjetnih 84 m.

Do leta 2018 naj bi v obrečnem mestu Aspern v bližini Dunaja na približno 4000 kvadratnih metrov površine s pomočjo hibridne konstrukcije zgradili 84 metrov visok nebotičnik, enega največjih gradbenih projektov v Evropi. Združuje trgovinski prostor za restavracije, wellness, poslovne dejavnosti, hotel in apartmaje. Za izvedbo takšne gradnje je potrebno imeti dobro ekipo arhitektov, gradbenih inženirjev in izdelovalcev študije požarne varnosti. Ti morajo biti pri takšni gradnji pozorni na posebne zahteve v smislu načrtovanja, zagotavljanje požarne varnosti in bolj učinkovite uporabnosti (Kerbler Gruppe, 2015). Arhitekturno HoHo Wien z visoko zasnovano konstrukcijo in fasadno teksturo spominja na drevesno lubje. Notranjost objekta pa bo na stenah in stropih ponujala lesene vidne površine. Pričakuje se, da bo objekt 76% narejen iz lesa in s tem zmanjšal za 2800 ton emisij CO₂ v primerjavi s podobno betonsko konstrukcijo. Za zagotovitev varnosti v primeru požara želijo razviti več »fail-safe« sprinklerskih sistemov in s tem ugoditi že tako strogim zahtevam požarne varnosti (Scyscrapers, 2015).



Slika 81: HoHo Wien (Kerbler Gruppe, 2015)



Slika 82: Notranjost načrtovane najvišje stolpnice v Evropi (Kerbler Gruppe, 2015)

8 DELOVNI PRIMER OBJEKTA ELTIMA

Kot primer bomo obravnavali objekt Eltima, v poslovni coni v Komendi. Izdelali bomo zasnovo požarne varnosti po slovenskih merilih, ki smo jih predstavili v magistrskem delu. Prikazali bomo ključne zahteve z vidika požarne varnosti. Zasnova požarne varnosti je bila po angleških merilih že projektirana (FOJKARFIRE d.o.o.) in jo podajamo samo za primerjavo.

8.1 Zasnova požarne varnosti po TSG-1-001:2010

Glede na tehnično smernico TSG-1-001:2010 Požarna varnost v stavbah bomo preverili naslednje zahteve glede:

- širjenje požara na sosednje objekte
- širjenje požara po stavbah
- evakuacijske poti in sistemi za javljanje in alarmiranje

Opis zasnove objekta

Koncept požarne varnosti je zasnovan v skladu s Pravilnikom o požarni varnosti v stavbah in tehnično smernico Požarna varnost v stavbah TSG-1-001:2010. V danem primeru spada objekt med požarno manj zahtevne objekte (klasifikacija po CC-SI je 122), saj je število uporabnikov objekta < 100, bruto tlorisna površina < 1000 m² ter višina tal zadnje etaže < 17 m.

Zgradba Eltima je po etažnosti zasnovana kot P+3. Dimenzije ene etaže je približno 5 m x 15 m, zazidana površina ima površino 80,23 m², skupna bruto površina pa meri 327,35 m². Višina tal zadnje etaže nad nivojem terena znaša 9 m, najvišja točka stavbe pa je 13,61 m nad nivojem terena. V objektu je maksimalno 9 zaposlenih, z dodatnimi občasnimi obiskovalci. Skupno število ljudi v stavbi naj nebi presegalo 20 ljudi. Poslovna stavba Eltima je zgrajena na parcelah št. 1333/15, 546, 1333/10 in 1333/8 k.o. Moste.

Funkcionalna zasnova je objekta je pretežno oblikovana v poslovne namene. V posameznih etažah se nahajajo prostori sledeče namembnosti:

- pritličje: pisarna, čajna kuhinja, WC,
- 1. nadstropje: jedilnica, čajna kuhinja, WC,
- 2. nadstropje: pisarne,
- 3. nadstropje: pisarne,
- pohodna streha: servisni prostor.

Širjenje požara na sosednje objekte

Zahteve za omejevanje širjenja požara na sosednje objekte so odvisne od požarnih lastnosti zunanjih gradbenih elementov stavbe:

- zunanjih sten objekta,
- strehe in
- oblog zunanjih sten (izolacije in finalne obloge fasade).

V konkretnem primeru v načrtovanih ukrepih ni omejitev glede požarnih lastnosti fasadnih oblog. Toplotna izolacija na fasadi je namreč mineralna volna (razred odziva na ogenj A2), finalni sloj pa aluminijev kompozit oz. izvedba prezračevane aluminijaste fasade. Izvedena je ravna – pohodna streha.

Odmiki objekta od relevantne meje so sledeči:

- sever: 10,42 m
- jug: 36,22 m
- vzhod: 10,59 m
- zahod: 42,94 m

Glede na predstavljene odmike, je širjenje požara na sosednje objekte onemogočeno oziroma omejeno. V primeru, kadar odmiki niso ustrezni, se zahtevajo strožje požarne lastnosti (požarna odpornost in odziv na ogenj gradbenih elementov), kadar so odmiki od relevantne meje – parcelne meje oziroma od sredine parcele v javni rabi (npr. javne ceste) manjši.

Objekt z izjemo zaščitenega stopnišča tvori 2 požarna sektorja. Glede na velikost požarnega sektorja in odmike od relevantne meje ni zahtev po požarni odpornosti zunanje stene objekta. Pri tem smo za izračun sprejemljivih deležev nezaščitenih površin zunanjih sten upoštevali metodo 2 po TSG-1-001.

Širjenje požara po stavbah

Objekt obsega dva požarna sektorja. Objekt spada med manjše stavbe in se požarni sektor lahko razteza skozi več etaž. Po TSG-1-001 se sme raztezati skozi največ tri etaže, čemur je v našem primeru zadoščeno. Za omejitev hitrega širjenja požara po stavbi morajo biti uporabljeni taki gradbeni materiali oziroma gradbeni proizvodi, ki:

- se težko vžgejo,
- v primeru vžiga oddajajo majhne količine toplote in dima in
- omejujejo hitro širjenje požara po površini.

Požarni sektor je povezan z zaščitenim stopniščem, ki v primeru požara omogoča hitro in varno evakuacijo iz prostora (dvigalo nima namena evakuacije).

Nosilna konstrukcija objekta je lesena – križno lepljene lesene plošče. Toplotna izolacija je narejena iz negorljivih materialov, z odzivom na ogenj razreda A2 (mineralna volna). Nosilna konstrukcija mora skladno s preglednico 10 doseči požarno odpornost R 60, predelne stene pa skladno s preglednico 11, EI 60.

Minimalna zahteva glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten za stavbe višine med 10 in 22 m je najmanj B-d1. Ker so zunanje stene obložene s prezračevano aluminijasto oblogo, je tej zahtevi zadoščeno. Zahteve po tehnični smernici za prezračevane fasade narekujejo, da morajo biti izolacijski materiali prezračevanih fasad negorljivi, razreda A1 ali A2-s1,d0. V obravnavanem primeru je izolacijski material razreda A2 (mineralna volna).

Obloge sten in stropov na hodnikih v stavbah z največ tremi etažami morajo dosegati najmanj razred odziva na ogenj C-s1,d0, v zaščiteneh stopniščih pa najmanj B-s1,d0. Talne obloge hodnikov morajo biti iz najmanj normalno gorljivega materiala razreda D_{fl}-s1, v zaščiteneh stopniščih pa iz težko gorljivega materiala razreda najmanj C_{fl}-s1. Notranje stene so obložene z mavčno-kartonastimi ploščami debeline 15 mm, tako da je tem zahtevam zadoščeno.

Evakuacijske poti in sistemi za javljanje in alarmiranje

Evakuacijske poti so načrtovane za totalno evakuacijo – v primeru požara se evakuira celotni objekt. Evakuacija pritličja je možna direktno preko izhoda, ki vodi direktno na prosto. V nadstropju pa je evakuacija možna preko zaščitene stopnišča, in nato preko hodnika na prosto. Objekt vsebuje tri izhode na prosto (glavni izhod, izhod pri stopnišču in izhod iz pisarne 1). Nobena točka prostora od vsaj enega izhoda ni oddaljena več kot 35 m (objekt je majhnih tlorisnih dimenzij). Objekt ima zaščiteno stopnišče (predstavlja svoj požarni sektor), ki je nameščeno manj kot 15 m od vogala stavbe. Podanim zahtevam iz TSG-1-001 glede evakuacijskih poti je tako zadoščeno.

V upravnih in pisarniških stavbah (CC-SI 122), kjer dolžina evakuacijske poti iz prostora do zaščitene stopnišča ne presega 20 m, ni zahtev za požarno odpornost hodnika razen za stenske, stropne in talne obloge, ki morajo biti negorljive. V objektu najdaljša evakuacijska pot ne presega 12 m, tako da hodnika ne upoštevamo kot zaščitene. Zahtevana najmanjša širina izhodov na evakuacijski poti je 0,9 m, najmanjša širina stopnišč in hodnikov pa 1,2 m. Po 3.2.3.1 imajo požarna vrata požarno odpornost EI2 – 30 - C.

Obravnavani objekt nima vgrajenega sprinklerskega sistema. Skladno s TSG glede na velikost objekta, števila požarnih sektorjev ter števila uporabnikov vgradnja le-tega ni nujno potrebna. Za avtomatsko javljanje požara (glede na površine požarnih sektorjev) ni zahtev.

8.2 Zasnova požarne varnosti po BS9999

Glede na angleško smernico BS9999 bomo preverili naslednje kategorije:

- določitev profila tveganja obravnavanega objekta,
- samodejno odkrivanje požara in alarmiranje, priporočeno za stavbe,
- določitev dovoljenih odstopanj v primeru evakuacijskih poti,
- določitev dimenzij evakuacijskih poti,
- določitev minimalne požarne odpornosti nosilne konstrukcije in širjenje požara po stavbi.

Določitev profila tveganja objekta

Profili tveganja (preglednica 29) v stavbi so določeni s kombinacijo verjetnosti rasti ognja in značilnosti uporabnika, ki se v prostoru nahaja. Glede na izbran profil tveganja se lahko določi minimalno protipožarno zaščito, evakuacijske ukrepe (širina stopnic, širina vrat, razdalje evakuacijskih poti, itd.) in priporočila gradnje.

V skladu z angleško smernico BS9999 ima obravnavani objekt profil požarnega tveganja A (v objektu so uporabniki, ki objekt dobro poznajo in so budni – ni tveganja zaradi spanja). Glede na namembnost objekta (pisarne) je pričakovan srednje hiter razvoj požara (moč požara 1MW naj bi bila dosežena v 30 sekundah). Požarna ocena po strokovni oceni podjetja FOJKARFIRE d.o.o. naj ne bi preseгла 500 MJ/m².

Samodejno odkrivanje požara in alarmiranje, priporočeno za stavbe

Posamezni profili tveganja (preglednica 29) imajo različne priporočene minimalne zahteve, ki jih je potrebno sprejeti po celotni stavbi. V našem primeru imamo profil požarnega tveganja A, zato so ukrepi varstva pred požarom naslednji:

- objekt ni zaščiten z avtomatskim javljanjem požara, saj ni zahtev za pisarniške objekte tako majhnih dimenzij,
- stavba ima oznake izhodov in evakuacijskih poti, medtem ko varnostna razsvetljava ni zahtevana.

Avtomatskega javljanja požara ni med zahtevami načrtovanih ukrepov. V kolikor bi investitor želel sistem AJP zaradi varovanja premoženja, bi se pri načrtovanju upoštevala smernica VdS 2095, oprema in naprave pa bi morale biti skladne s tistimi deli standarda SIST EN 54, ki se nanje nanaša (FOJKARFIRE d.o.o.).

Določitev dovoljenih odstopanj v primeru evakuacijskih poti

Po opredelitvi minimalnih protipožarnih ukrepov, je mogoče ugotoviti katera odstopanja so dovoljena v okviru objekta. Možne so spremembe povezane z izhodi v sili, tj. razdalje evakuacijskih poti, širina izhodov in stopnic. To se izvede v primeru, da je višina etaže višja od 3 m in/ali avtomatsko odkrivanje požara in alarmiranje ni priporočljivo v prostorih z minimalnim izbranim profilom tveganja. V našem primeru je višina etaže manjša od 3 m, saj je višina tal zadnje etaže nad nivojem terena 9 m.

Določitev dimenzij evakuacijskih poti

Dovoljene razdalje evakuacijskih poti glede na profil tveganja so prikazane v preglednici 41.

Preglednica 41: Dovoljene razdalje evakuacijskih poti

Profil tveganja	Največja potovalna razdalja v primeru doseženih minimalnih protipožarnih ukrepov		Največja dovoljena potovalna razdalja - zgornja meja z dodatnimi ukrepi	
	Dvosmerno potovanje (m)	Enosmerno potovanje (m)	Dvosmerno potovanje (m)	Enosmerno potovanje (m)
A1	65	26	90	30
A2	55	22	75	24
A3	45	18	60	22
A4	ni določeno	ni določeno	ni določeno	ni določeno

Evakuacijske poti (preglednica 41) so načrtovane za totalno evakuacijo – v primeru požara se evakuira celotni objekt.

Razdalje evakuacijskih poti so manjše od:

- 22 m v hodniku ali prostoru s samo enim izhodom (dejansko ta razdalja ne presega 10 m),
- 55 m v hodniku ali prostoru v prostoru in hodniku z dvema ali več izhodi.

Zahteve glede širina horizontalnih in vertikalnih izhodov so naslednje: Predvidena svetla širina vrat je najmanj 0,80 m, zaščitenega stopnišča najmanj 1,00 m in hodnikov najmanj 1,20 m. Vrata, ki so označena kot evakuacijski izhod, morajo imeti zapirala skladno s SIST EN 179:2008 *Stavbno okovje – Naprave za zasilne izhode z vzvodno ročico ali pritisknim pedalom za evakuacijske poti - Zahteve in preskusne metode*. Navedena zapirala omogočijo, da se vrata odprejo iz evakuacijske strani, čeprav so morebiti zaklenjena.

Vertikalna komunikacija je eno zaščiteno stopnišče in dvigalo. Zaščiteno stopnišče je ločeno s požarno odpornimi elementi: stene (R)EI 30, požarna vrata E30Sa. Zaščiteno stopnišče ima v najvišjem nadstropju načrtovano okno za odvod dima s površino najmanj 1 m². Dovod zraka je načrtovano preko okna in vrat v pritličju, površina okna je najmanj 1,5 m². Dvigalo se ne uporablja za potrebe evakuacije.

Določitev minimalne požarne odpornosti nosilne konstrukcije ter širjenje požara po stavbi

Preglednice 27, 28 in 30 prikazujejo minimalno požarno odpornost (v minutah) za različne komponente nosilne konstrukcije stavbe. Sama nosilna konstrukcija objekta ima požarno odpornost R 30². Plošča nadstropja ima požarno odpornost (R)EI 30. Slednje ne pomeni, da skozi ploščo niso dovoljeni požarno nezaščiteni preboji, npr. cevna napeljava za prisilni odvod zraka iz stranišč, ki poteka vertikalno preko več etaž, je lahko požarno nezaščiten. Objekt ima z izjemo zaščitenega stopnišča en požarni sektor.

V primeru odziva na ogenj je nosilna konstrukcija v obravnavanem primeru lahko lesena. Zahteve glede odziva na ogenj oblog na stenah in stropih so v prostorih s površino do 30 m² D-s3,d1, zaščiteni deli poti (stopnišče in hodnik do izhoda na prosto) pa B-s3,d2. Za talne obloge ni omejitev. Toplotna izolacija (mineralna volna) in finalni sloj fasade je iz materialov z odzivom na ogenj A2. Obloge na stenah zaščitenih poti (stopnišče in hodnik do izhoda) so iz mavčno-kartonastih plošč z odzivom na ogenj A1.

Odvod dima in toplote je skozi fasadne odprtine. V načrtovanih ukrepih pa ni zahtev glede naprav za odvod dima in toplote z mehanskim prezračevanjem

8.3 Primerjalna tabela ukrepov požarne varnosti po TSG-1-001:2010 in BS9999 za objekt Eltima

Preglednica 42 prikazuje razlike v ukrepih požarne varnosti po slovenski tehnični smernici TSG-1-001:2010: Požarna varnost v stavbah ter angleški smernici The BS 9999: Fire safety

² Požarna odpornost konstrukcije v skladu z angleško smernico BS9999, tabelo 26 in 27 ima požarno odpornost najmanj R30. Višina tal zadnje etaže ne presega 11 m, površina odprtin (oken, vrat) v vsaki etaži je več kot 5% površine etaže, povprečna višina odprtin je med 30-90% višine etaže.

in the design, management and use of buildings (2010). Bistvena razlika se pojavi v zagotavljanju požarne odpornosti nosilne konstrukcije. V primeru upoštevanja slovenske smernice, bi bilo potrebno upoštevati požarno odpornost R 60, v primeru angleške pa zgolj R 30. Do bistvenih odstopanj prihaja tudi v zahtevi glede oblog notranjih sten in stropov ter talnih oblog. V tem primeru ima slovenska tehnična smernica strožje zahteve. Pri obeh smernicah pa glede avtomatskega javljanja požara in vgraditvi sprinklerskega sistema ni zahtev.

Preglednica 42: Primerjalna tabela ukrepov požarne varnosti po TSG-1-001 in BS9999 za objekt Eltima

Kriterij	TSG-1-001:2010	BS9999
Razvrstitev objekta	Požarno manj zahteven objekt	Profil požarnega tveganja A, pričakovan srednje hiter razvoj požara
Omejitev fasadnih oblog	Ni omejitev glede požarnih lastnosti	Ni omejitev
Število požarnih sektorjev	Objekt ima 2 požarna sektorja, vključno z zaščitenim stopniščem, zaščitenega hodnika ni	Objekt ima 2 požarna sektorja, vključno z zaščitenim stopniščem in zaščitenim om
Požarna odpornost nosilne konstrukcije	R 60	R 30
Obloge zunanjih sten	Minimalno B-d1	A2
Obloge sten in stropov	C-s1,d0	D-s3,d1
Obloge zaščitenih stopnišč	B-s1,d0	B-s3,d2
Talne obloge	D _{fi} -s1 (hodnik), C _{fi} -s1 (zaščiteno stopnišče)	Ni omejitev
Evakuacijske poti	Nobena točka od vsaj enega izhoda ni oddaljena več kot 35m	Razdalje evakuacijskih poti manjše od 22m v hodniku ali prostoru s samo enim izhodom
AJP	Ni zahtev	Ni zahtev
Sprinklerski sistem	Ni zahtev	Ni zahtev

V prilogi A1 in B1 prikazujemo načrta požarne varnosti za pritličje objekta Eltima, ki sta dejansko povzetek požarnih ukrepov, ki jim je v zasnovi potrebno zadostiti. Sta pa tudi podlaga za izdelavo načrta evakuacije in požarnega načrta.

9 ZAKLJUČEK

Magistrsko delo na celosten način obravnava zagotavljanje požarne varnosti v večetažnih stanovanjsko-poslovnih lesenih objektih. V prvem delu smo prikazali splošna dejstva o lesu, ki se nanašajo predvsem na trajnost lesenih konstrukcij in pogostejše nosilne sisteme lesenih konstrukcij, ki se uporabljajo pri nas. Novi konstrukcijski pristopi in način projektiranja so pripomogli, da so objekti, narejeni iz lesene konstrukcije učinkovit način gradnje, poleg tega pa poznavanje sestave in obnašanje lesa pri povišanih temperaturah omogoča celosten pristop k zagotavljanju ustrezne požarne varnosti v objektih. Glavni razlog omejevanja uporabe lesa kot gradbenega materiala je njegova gorljivost. To lahko zatremo z zaščito v obliki negorljivih oblog ali z ustreznimi sredstvi za zaščito lesa. Ker les kot gradbeni material spada med normalno gorljive materiale, je njegova uporaba v konstrukcijah omejena .

Drugi del magistrskega dela smo posvetili podrobnejši analizi tehničnih smernic: slovenske TSG, nemških MBO in M-HFHolzR ter angleških Approved Document B – Volume 2 in BS9999. Vsaka smernica ima predstavljene zakonske podlage, prav tako pa tudi ključne kriterije, ki jih je pri izdelavi zasnove ali študije požarne varnosti potrebno upoštevati. Ugotovljene razlike med njimi, z vidika ključnih elementov požarne varnosti, so bile opisane v tabelaričnem prikazu. Bistvene razlike med njimi so:

- v doseganju požarne odpornosti pisarniških stavb brez zagotovljenega sprinklerskega sistema (Slovenija-Anglija),
- v dovoljenih višinah stavbe z leseno nosilno konstrukcijo,
- v oblogah v notranjosti objekta. Slovenija ima pri oblogah notranjih sten in stropov strožje zahteve v primerjavi z Nemčijo in Anglijo.

Sicer pa je vsaka tehnična smernica posamezne države opredeljena po nacionalnih kriterijih doseganja ustrezne požarne varnosti. Omenimo, da je za ustrezno doseganje požarne varnosti potreben celosten pristop, ki ga omenjene smernice zagotavljajo in mešanje oziroma izbiranje ugodnejših kriterijev z vidika požarne varnosti ni dovoljeno. Skladno s TSG Slovenija ne predpisuje gradnje večstanovanjskih in upravnih lesenih objektov višjih od P+3 brez vgrajenega sprinklerskega sistema, v primeru, da je le ta vgrajen v objekt pa ne višje od P+5. Pri omenjenih višinah mora biti lesena nosilna konstrukcija zaščitena s požarno odpornimi in negorljivimi materiali, skladno z nemško smernico M-HFHolzR, z zahtevano požarno odpornostjo R 60. Glede zahteve požarne odpornosti posameznega dela stavbe smo ugotovili, da za upravne in pisarniške stavbe z vgrajenim sprinklerskim sistemom tehnična smernica dovoljuje višino objekta P+5. Poleg negorljivih materialov so dovoljeni tudi leseni mejni elementi, vendar samo v primeru, če so izvedeno skladno z nemško smernico M-HFHolzR. To pa pomeni, da mora požarnozaščitna obloga v tem primeru najmanj 60 minut preprečevati, da bi se nosilni gradbeni elementi vneli. Za obravnavane objekte višine 10 - 22 m morajo biti obloge zunanjih sten najmanj razreda B-d1, kar pomeni, da se lesena fasada lahko vgradi pod pogojem, da je protipožarno zaščitena. V primeru prezračevane fasade mora notranja stena zagotavljati požarno odpornost najmanj EI 30. Ugotovili smo tudi, da za manjše velikosti požarnih sektorjev vgradnja sprinklerskega sistema in sistema avtomatskega javljanja požara ni potrebna (preglednica 19). Izolacija na zaščitnih stopniščih mora biti iz negorljivega materiala, v stavbah z leseno nosilno konstrukcijo, kjer se

ljudje stalno zadržujejo v prostorih, ki so več kot 11 m nad nivojem terena, pa mora biti stopniščna konstrukcija iz negorljivega materiala (npr. beton).

V zadnjem delu smo prikazali primerjavo že zgrajenih lesenih stavb, ki so se zgradile na evropskem področju. Pridobljeni podatki so ponekod skopi, vendar smo jih pridobili dovolj, da smo lahko prikazali bistvena odstopanja predvsem glede števila etaž, dovoljeni leseni fasadi ter požarne odpornosti vidnih lesenih površin. Na koncu smo v tekstualni in grafični obliki prikazali zasnovo požarne varnosti za poslovni objekt Eltima (Lesena gradnja v Sloveniji, 2015). Izvedli smo jo tako po slovenski tehnični smernici TSG-1-001:2010 Požarna varnost v stavbah, kot tudi angleški The BS 9999 Handbook: Effective fire safety in the design, management and use of buildings. V tem primeru je bilo zanimivo dejstvo, da so pri pripravi študije požarne varnosti za omenjeni objekt odgovorni projektanti raje uporabili angleško tehnično smernico zagotavljanja požarne varnosti, saj je omogočala nižjo požarno odpornost nosilne konstrukcije.

Glede na prikazano lahko rečemo, da izdelan sistem zagotavljanja požarne odpornosti višjih stavb iz lesene nosilne konstrukcije v Sloveniji še ni na višjem nivoju oziroma, da se tehnična smernica TSG dopolnjuje s sklicevanjem na tuje smernice in predpise, ki te zahteve pokrivajo. Vsekakor je za Slovenijo bolj racionalno povzemanje tujih smernic s področja požarne varnosti, ki so že ničkolikokrat preverjene, kot si »izmišljati« nove (še nepreverjene) zahteve za gradnjo stavb iz lesene nosilne konstrukcije, kjer je za oblikovanje takšne smernice poleg ustrezne finančne podpore potrebno tudi ustrezno strokovno znanje. Kljub vsemu lahko zaključimo z mislijo, da bi k bolj strokovnemu in navsezadnje varnemu projektiranju lesenih večetažnih objektov pripomogla izdelava slovenskega priročnika s področja požarne varnosti večetažnih lesenih objektov. Tak priročnik bi projektantom omogočil preglednejši in lažji ter tudi varnejši način doseganja ustreznega nivoja požarne varnosti v lesenih objektih. S tem pa magistrsko delo dopušča bodočim študentom, projektantom in raziskovalcem veliko novega, svežega raziskovalnega področja.

VIRI

Massiv Living in Graz, 2014. BAU genial.

<http://baugenial.at/projekte/1-massiv-living-in-graz> (pridobljeno 20. 5. 2015)

Baunetz wissen Brandschutz, Feuerwiderstandsklassen.

http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Brandschutz-Feuerwiderstandsklassen_3183147.html (pridobljeno 17. 2. 2015)

Baunetz wissen Brandschutz, Gebäudeklassen. Abschnitt.

http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Brandschutz-Gebaeudeklassen_3134967.html? (pridobljeno 13. 2. 2015)

Bayern – recht. 2007. Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007. Titeldokument.

<http://www.gesetze-bayern.de/portal/portal/page/bsbayprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jl-BauOBY2007rahmen&doc.part=X> (pridobljeno 13. 2. 2015)

Ber, B., Kager, F. 2008. Lesena skeletna gradnja, V: Saje, F., Lopatič, J. (ur.). Zbornik 30. zborovanja gradbenih konstrukterjev Slovenije. Bled, 9. in 10. oktober 2008. Ljubljana, Slovensko društvo gradbenih konstrukterjev: str: 131-136.

Binderholz, 2015. 8-geschossiges Holzgebäude, Bad Aibling, Deutschland.

<http://www.binderholz.com/bauoesungen/wohnbau/8-geschossiges-holzgebaeude-bad-aibling-deutschland/> (pridobljeno 13. 3. 2015)

Bisothersm, 2013. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Technische Information Brandschutz.

http://bisoart.de/Download/technische-dokumente.html?file=tl_files/DE/downloads/tech_dokumente/alle-20131009/Brandschutz%202013%2010.pdf (pridobljeno 17. 2. 2015)

Blatnik, Š. 2007. Temperaturna in vlažnostna analiza lesa. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba Š. Blatnik): 11 f.

Branch cladding, 2015. Library with Wood Structure and Branch Exterior.

<http://www.marvelbuilding.com/library-wood-structure-branch-exterior-liyuan-library.html> (pridobljeno 12. 3. 2015)

Brandschutz im Holzbau, 2014. Artikel.

<http://dabonline.de/2014/01/28/brandschutz-im-holzbau-mehrgeschossig-brandschutzaufgaben-bad-aibling/> (pridobljeno 20. 5. 2015)

Brandschutz manufaktur Deutschland. Feuerwiderstandsklassen für Sonderbauteile nach DIN EN 13501-2.

<http://www.bsm-de.com/Feuerwiderstandsklas.17.0.html> (pridobljeno 17. 2. 2015)

Casey C., Grant, 2014. Fire hazards in timber buildings and their need for sprinklers. Fire sprinkler international 2014, The fire protection research foundation, London, England.

Chui, Y. H. 2015. Innovations That Make Mid-rise and Tall Wood Buildings Possible, University of New Brunswick, MLB 74th Annual Convention, Charlottetown, PEI.

<http://www.mlb.ca/powerpoint/Y.%20H.%20Chui%20NEWBuildS%20presentation.pdf>
(pridobljeno 23. 5. 2015)

Dederich, L. 2015. Mehrgeschossiger Holzbau – heute und morgen. Abschnitt.

<http://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-2-die-urbane-gesellschaft/mehrgeschossiger-holzbau-gestern-und-heute/> (pridobljeno 9. 3. 2015)

Dixit, A. 2014. Murray Grove, Stadthaus in Hackney.

<https://prezi.com/srzqxfuhsym/murray-grove-stadthaus-in-hackney/> (pridobljeno 20. 5. 2015)

Drnovšek, A. 2010. Požarna varnost v vrtcih in šolah. Ekosystem, d.o.o. Posvet.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/2011_01_drnovsek.pdf (pridobljeno 11. 2. 2015)

Fachkommission Bauaufsicht, 2008. Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (Muster-Hochhaus-Richtlinie-MHHR).

Fachwerk 2, 2015. Wenke: Mein Solingen/Fachwerk.

<http://www.solingen-internet.de/si-hgw/fachwerk2.htm> (pridobljeno 9. 3. 2015)

Fachwerkhaus – Wikipedia, 2015.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fachwerkhaus> (pridobljeno 9. 3. 2015)

Finance.si, 2014. Gradbeni material preteklosti postaja material prihodnosti.

<http://www.finance.si/8354419/Gradbeni-material-preteklosti-postaja-material-prihodnosti>
(pridobljeno 18. 2. 2015)

Flumroc, Brandschutz im Holzbau. Die Naturkraft aus Schweizer Stein, Planungshandbuch.

http://www.flumroc.ch/downloads/brandschutz/brandschutz_holzbau_de.pdf (pridobljeno 10. 4. 2015)

FPA, 1999. The LPC Design Guide for the Fire Protection of Buildings. A Code of Practice for the Protection of Business, London.

Gerard, R., Barber, D. 2013. Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings, The Fire Protection Research Foundation, Final Report: str. 9.

Glavnik, A. 2011. Predstavitev smernic IZS – 1. Del. Maribor, Inženirska zbornica Slovenije.

Glavnik, A., Jug, A. 2010. Priročnik o načrtovanju požarne varnosti. Inženirska zbornica Slovenije: str. 70-73.

Green, M., Joinson, J. 2010. The BS 9999 Handbook: Effective fire safety in the design, management and use of buildings, London, British Standards Institution.

HFHHolzR, 2006. Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – (HFHHolzR). www.innenministerium.bayern.de (pridobljeno 10. 2. 2015)

HM Government, 2007. Fire safety Approved document B Volume 2 – buildings other than dwellinghouses. The Building Regulations 2010. http://www.planningportal.gov.uk/uploads/br/BR_PDF_AD_B2_2013.pdf (pridobljeno 31. 3. 2015)

Skyscrapers, 2015. HoHo Project. Vienna plans world's tallest wooden skyscraper. <http://www.theguardian.com/cities/2015/mar/01/vienna-plans-worlds-tallest-wooden-skyscraper> (pridobljeno 24. 5. 2015)

Hozjan, T. 2014. Požar B II-UNI. Študijsko gradivo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Prosojnice.

Hozjan, T. 2014. Požarna odpornost lesenih konstrukcij – določitev mehanske odpornosti. Študijsko gradivo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Prosojnice. <http://www.km.fgg.uni-lj.si/predmeti/POK/Predavanja/Pozarna%20odpornost%20lesenih%20konstrukcij.pdf> (pridobljeno 22. 5. 2015)

Humar, M. 2007. Protipožarna zaščita lesa. Patologija in zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: str. 3.

iBMB MPA, 2013. Braunschweiger Brandschutz – Tage 2013, 27. Fachtagung Brandschutz Forschung und Praxis: str. 15-23. http://www.brandschutztage.info/wp-content/uploads/2014/01/Tagungsband_BBT_2013.pdf (pridobljeno 10. 4. 2015)

IZS 2010. Smernica požarnovarnostnih ukrepov za visoke stavbe (h> 22m). Matična sekcija inženirjev tehnologov in drugih inženirjev, Ljubljana.

IZS MST 05/2011, nov 2011. Prevod nemške vzorčne smernice za gradbeništvo (MBO), Matična sekcija inženirjev tehnologov in drugih inženirjev, Ljubljana.

IZS MST 10/2014. Smernica o požarnovarnostnih zahtevah za gradbene elemente s 60-minutno požarno odpornostjo v lesenih konstrukcijah. Prevod M-HFHolzR, Matična sekcija inženirjev tehnologov in drugih inženirjev, Ljubljana.

Kabat, S. 2008, Brandschutz im Holzbau – Perspektiven in NRW, Brandschutzdienststelle, Kreis Gütersloh.

<http://www.brandschutz-im-baudenkmal.de/media/9b915fdde72997a3ffff8786ac14422e.pdf>
(pridobljeno 10. 4. 2015)

Kerbler Gruppe, 2015. Kerbler Gruppe realisiert weltweit erstes 24 – stöckiges HolzHochhaus in der Seestadt Aspern, Wien, Milestones in communication.

http://www.minc.at/en/newsroom/detail/news/kerbler-gruppe-realisiert-weltweit-erstes-24-stoeckiges-holzhoehhaus-in-der-seestadt-aspern-1/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=0376ce0f08c10d7b4b981b045cf63d84 (pridobljeno 24. 5. 2015)

Kolb, J., 2008. Systems in Timber Engineering, Basel, Birkhäuser: 317 str.

Kozamernik, T. 2014. Jedvovca/Pyramidenkogel, Blog.

<http://www.lajtmotiv.tk/jedvovca-pyramidenkogel/> (pridobljeno 28. 12. 2014)

Kruse&Partner, Brandschutzingenieure, 2015. Musterbauordnung und Musterholzbaurichtlinie – von der Forschung zur Praxis.

http://www.kd-brandschutz.de/files/fohlen/MBO_Holzbaurichtlinie_November2005.pdf
(pridobljeno 10. 4. 2015)

Kuhelnik, L. 2011. Ekologija lesene gradnje. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba L. Kuhelnik): str. 6

Kušar, D. 2011. Zgradbe in požar 3. del, Določitev odmikov stavb.

www.fa.uni-lj.si/filelib/1_strani.../dolocitev_odmikov_stavb.ppt (pridobljeno 12. 3. 2015)

Kuzman, K. M. 2007. Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo. Srečanje ALUMNI Oddelka za lesarstvo, UL Biotehniška fakulteta: str. 5

http://www.ditles.si/Files/ALUMNI/1/3_Gradnja%20z%20lesom%20-%20izziv%20in%20priloznost%20za%20Slovenijo%20.pdf (pridobljeno 16. 5. 2015)

Kuzman, M. K. 2008. Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo, Ljubljana, str. 10

Leban, I. 2015. Les lastnosti.

http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Lesarstvo_tapetnistvo/4-LES_LASTNOSTI.pdf (pridobljeno 15. 3. 2015)

Lesena gradnja v Sloveniji, 2015. Poslovni objekt: Poslovni objekt Eltima. Članek.

<http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/si-baza-podatkov-poslovni-objekt-eltima.htm>
(pridobljeno 25. 2. 2015)

Limnologen, 2009. Experiences from an 8-storey timber building. Internationales Holzbau – Forum 09. Artikel.

http://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09_Serrano.pdf (pridobljeno 20. 5. 2015)

Lopatič, J. 2008. Konstrukcijski sistemi naprednih lesenih konstrukcij. V: Kuzman, M. K. (ur.). Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: str. 132-137.

Makiol+Wiederkehr, MFH Holzhausen Steinhausen. Detailansicht.

http://www.holzbauing.ch/index.php?id=85&tx_ttnews%5Btt_news%5D=50&tx_ttnews%5BbackPid%5D=16&cHash=8994a90bd5 (pridobljeno 20. 5. 2015)

Markhart, M. 2015. Anforderungen an Fluchtwege im Sinne der Arbeitsstättenverordnung, Beratungsstelle für Brand- und Umweltschutz BFBU.

http://www.brandschutzjahrbuch.at/2004_05/Inserate_2004_05/10_Fluchtwege.pdf (pridobljeno 26. 3. 2015)

Ministrstvo za obrambo, 2007. Smernica Uporaba računalniških modelov na področju varstva pred požarom. Republika Slovenija.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/smernica_21.pdf (pridobljeno 22. 5. 2015)

Moj mojster. 2015. Vrste lesenih konstrukcij.

<http://www.mojmojster.net/clanek/179> (pridobljeno 9. 2. 2015)

Musterbauordnung, MBO. 2002.

<http://www.is-argebau.de/lbo/vtmb100.pdf> (pridobljeno 9. 3. 2015)

Östman, B., Mikkola, E., Stein, R. 2010. Fire safety in timber buildings, Technical guideline for Europe, SP Technical Research Institute of Sweden.

Pajek, L. 2015. Les kot gradbeni element v požaru. Promat d.o.o.

http://www.promat.si/str_pris/Les%20kot%20gradbeni%20element%20v%20po%20C5%BEaru.pdf (pridobljeno 16. 5. 2015)

Pečenko, R. 2012. Požarna odpornost lesenih elementov. Študijsko gradivo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani.

Peter M., Winter S. 2012. Brandschutz im höchsten Holzbau Deutschlands, FeuerTrutz Magazin.

Pohleven, F. 2013. Trajnostna veriga lesa – razvojna priložnost Slovenije. Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, Ljubljana: str. 16.

Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov. Uradni list RS, št. 101/2005.

Pravilnik o požarni varnosti v stavbah. Uradni list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05, 14/07 in 12/13.

Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti. Uradni list RS, št. 12/2013.

Priloga 1: Tabela požarno manj zahtevni in požarno zahtevni objekti. Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti. Uradni list RS, št. 12/2013.

Provisions of external surfaces or walls.

<https://books.google.si/books?id=6G50s0tgFzYC&pg=PA98&lpg=PA98&dq=provisions+of+external+surfaces+or+walls&source=bl&ots=SuMKzylUi&sig=njMXMdexp6xfPdXoBH3boSha5k4&hl=sl&sa=X&ei=8TUZVevEB8ysPf3TgOAN&ved=0CDYQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false> (pridobljeno 30. 3. 2015)

R E H Read, 1991. External fire spread: building separation and boundary distance. Building Research Establishment Report, Fire Research Station.

Shou Sugi Ban, 2014.

<https://dizajnifud.wordpress.com/2014/10/24/shou-sugi-ban/> (pridobljeno 16. 12. 2014)

SIST EN 1995-1-2:2005. Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – 1-2. del: Splošno – izračun za primer požara.

Sitar, A. 2012. Nosilni sistemi sodobnih lesenih konstrukcij. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer (samozaložba A. Sitar): 40 str.

SOA, 2015. Fire Safe Use of Bio-based Building Products, COST Action FP1404, Barcelona.

Stationery Office. 2006. Technical Guidance Document B. Building Regulations 2006, Dublin. <http://www.environ.ie/en/Publications/DevelopmentandHousing/BuildingStandards/FileDownload,1640,en.pdf> (pridobljeno 11. 2. 2015)

Structural fire resistance requirements, 2015.

http://www.steelconstruction.info/Structural_fire_resistance_requirements (pridobljeno 31. 3. 2015)

Studio Odia, 2013. Les v arhitekturi.

<http://www.studio-odia.si/aktualno/clanki/19-les-v-arhitekturi> (pridobljeno 14. 2. 2015)

SZPV, 2012. Uporaba gorljivih/negorljivih gradbenih materialov. Slovensko združenje za požarno varnost. Smernica SZPV 412.

<http://www.szpv.si/assets/attachments/42/SZPV%20412.pdf?1358852853> (pridobljeno 23. 3. 2015)

Špec, A. 2013. Gradnja lesenih stavb in vidiki požarne varnosti, V: Skok V. (ur.). POŽAR, strokovna revija za varstvo pred požari, Kočevje: str. 6.

http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/POZAR_Dec_2013_AleksanderSpec.pdf

(pridobljeno 9. 2. 2015)

Tall Wood, 2012. The case for tall wood buildings.

<http://cwc.ca/wp-content/uploads/publications-Tall-Wood.pdf> (pridobljeno 20. 5. 2015)

Maxim, P., Plecas, D., Garis, L., Clare, J. 2013. Tall wood buildings and fire safety. University of the Fraser Valley, School of criminology & criminal justice.

Tavčar, B., Prijatelj, M. 2012. Gozdove je treba pomlajevati, kar pomeni več lesa.

<http://www.delo.si/gospodarstvo/okolje/gozdove-je-treba-pomlajevati-kar-pomeni-vec-lesa.html> (pridobljeno 12. 3. 2015)

Tehnična smernica TSG-1-001:2010. Požarna varnost v stavbah. Ministrstvo za okolje in prostor: 60 str.

The European commission, 2014. Commission delegated regulation (EU).

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1291&from=EN>

(pridobljeno 23. 2. 2015)

Tratnik, G. 2012. Pismo bralca: Les, kdo bo tebe ljubil?.

<http://www.delo.si/tuditi/tvojsvet/pismo-bralca-les-kdo-bo-tebe-ljubil.html> (pridobljeno 12. 3. 2015)

Umanotera, 2014. Slovenska fundacija za trajnostni razvoj. Projekt spodbujamo zelena delovna mesta: str.5.

http://www.umanotera.org/upload/files/Mediji_predstavitveno_gradivo_Spodbujajmo_zelena_delovna_mesta.pdf (pridobljeno 13. 5. 2015)

VdS, 2012. Brand- und Komplextrennwände. Merkblatt für die Anordnung und Ausführung.

VKF AEAI, 2015. Brandschutzrichtlinie, Brandschutzabstände Tragwerke Brandabschnitte.

Wabl, A. 2012. Brandschutz im mehrgeschossigen Holz-Massivbau. Masterarbeiten. Graz, Institut für Holzbau und Holztechnologie, Technische Universität Graz.

http://www.holzbauforschung.at/fileadmin/products_online/bsp_online/DA/MA_Wabl.pdf

(pridobljeno 9. 3. 2015)

Wallasch, K., Stock, B. 2009. Germany`s regulatory approach to single-stair high-rise buildings. Article.

<http://www.building.co.uk/karl-wallasch-and-boris-stock-on-germany%E2%80%99s-regulatory-approach-to-single-stair-high-rise-buildings/3149160.article> (pridobljeno 30. 3. 2015)

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS, št. 102/2004.

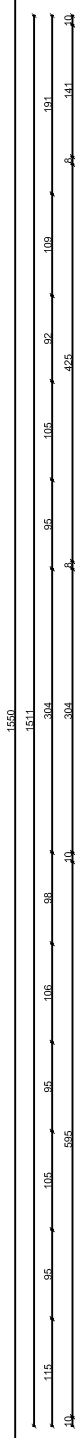
Zakon o varstvu pred požarom. Uradni list RS, št. 3/2007.

SEZNAM PRILOG

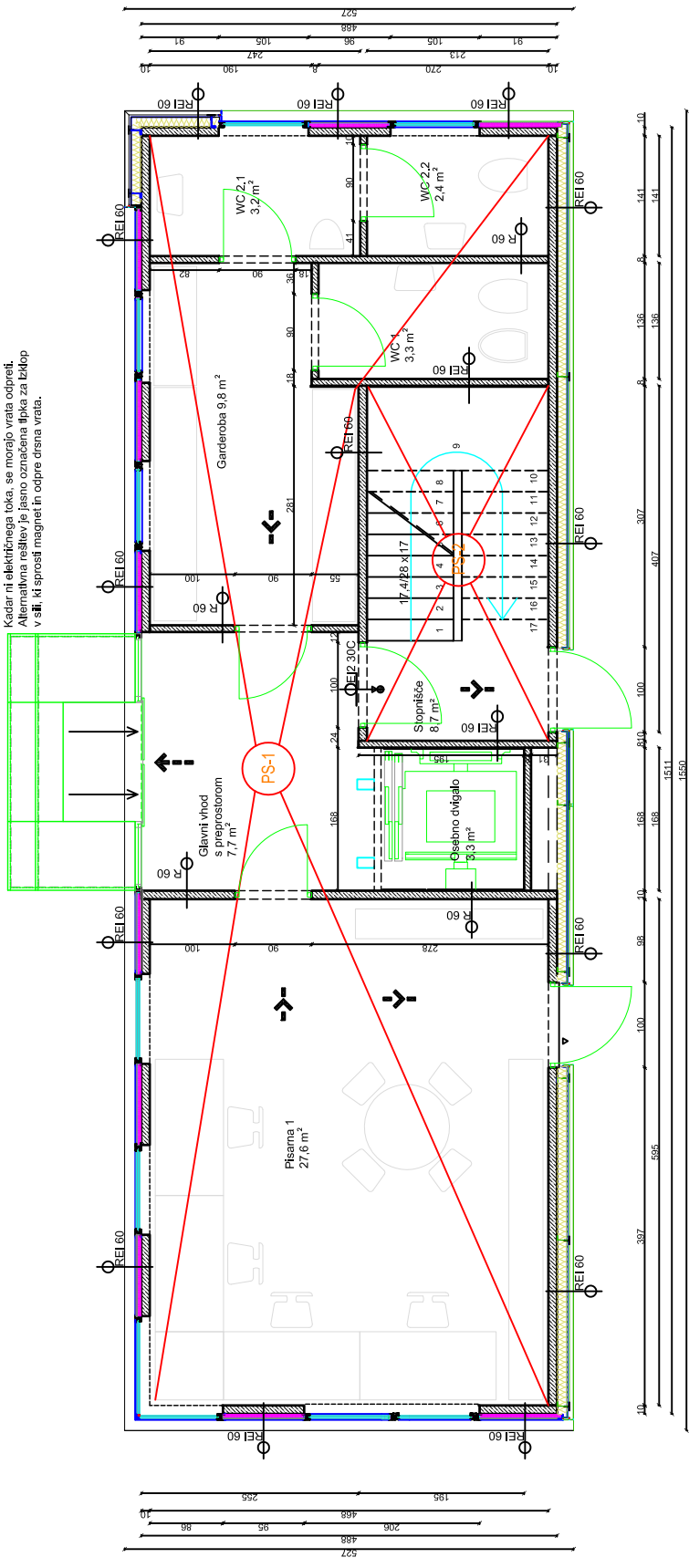
PRILOGA A1: Načrt požarne varnosti po TSG-1-001:2010

PRILOGA B1: Načrt požarne varnosti po BS9999

PRILOGA A1: NAČRT POŽARNE VARNOSTI PO TSG-1-001:2010

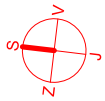


Kadar ni električnega toka, se morajo vrata odpreti.
 Alternativna rešitev je jasno označena ikona za tklop
 v sliki, ki sprosti magnet in odpre drsna vrata.



LEGENDA GRAFIČNIH SIMBOLOV:

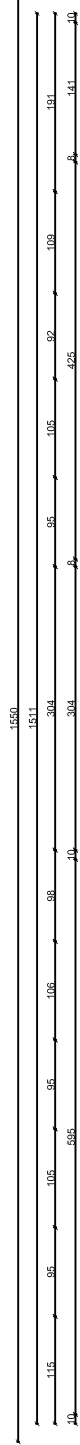
- Požarni sektor
- Požarna odpornost 60 minut
- Vrata s požarno odpornostjo 60 min, samozapiralna, dimotesna
- Izhod iz objekta
- Smer umika v sili



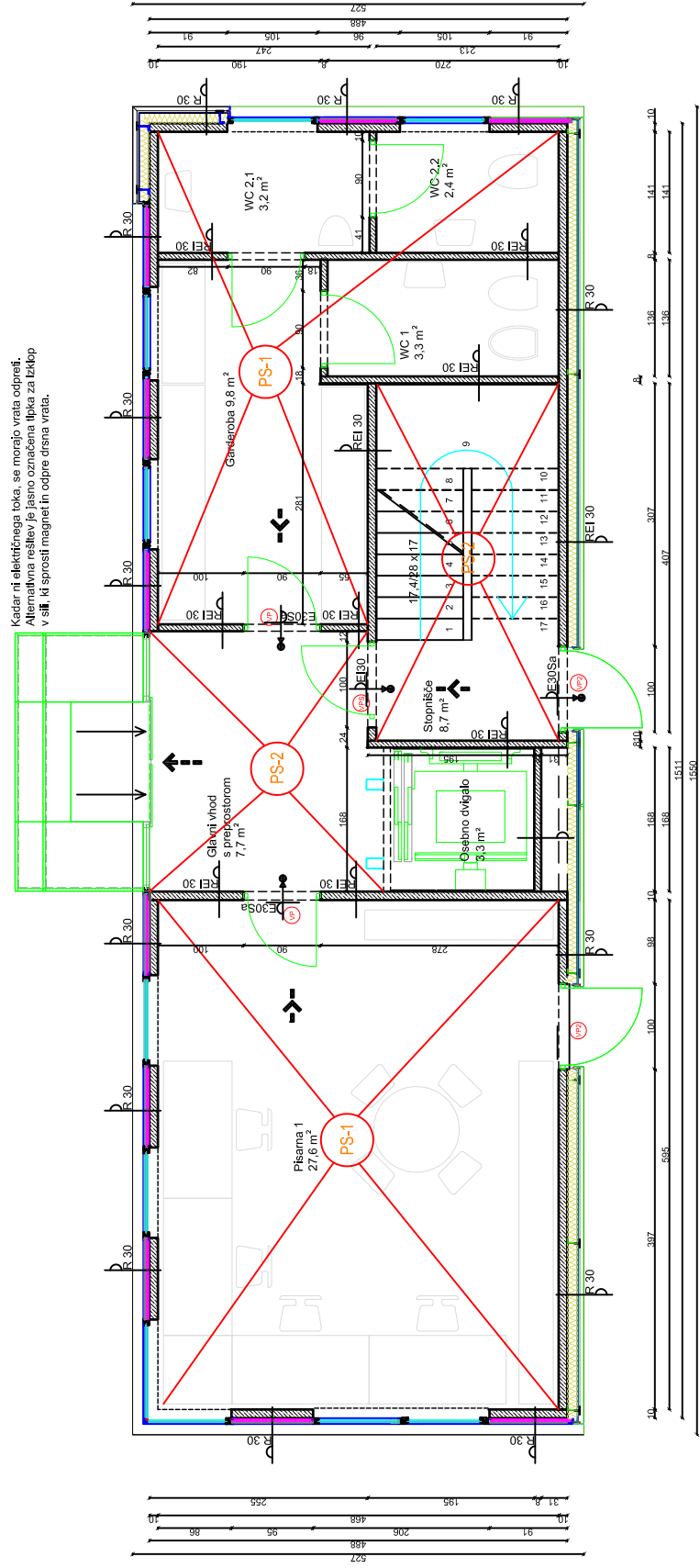
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani	
Projekcija: POSLOVNI OBJEKT ELTIMA - KOMENDA	Projekcijski inženir: ELTIMA d.o.o., Štandrova ul. 8c, 1231 Ljubljana - Črnuče
Objekt: Neza Semeniški objekt grad. (UN)	Arhitekt: Neza Semeniški
Datum: Maj 2015	Skupna površina: 130
PGD:	PGD:
POŽARNA VARNOST po TSG-1-001:2010	Thoris pritičija

PRILOGA B1:

NAČRT POŽARNE VARNOSTI PO BS9999

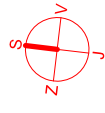


Kadar ni električnega toka, se morajo vrata odpreti.
Alternativna rešitev je jasno označena tipka za lukčop v stili. Ni sprosti magnet in odpre drsna vrata.



LEGENDA GRAFIČNIH SIMBOLOV:

- Požarni sektor
- Požarna odpornost 30 minut
- Vrata s požarno odpornostjo 30 min, samozapiralna, dimotesna
- Izhod iz objekta
- Smer umika v stili



Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani	
POSLOVNI OBJEKT ELTMA - KOMENDA	
Projekcija: POZARNA VARNOST	Projektor: N.Č.Č.
Objekt: ELTMA d.o.o., Šlandrova ul. 8c, 1231 Ljubljana - Črnuče	Projektant: N.Č.Č.
Projekcijski inštitut: Neža Cerovnik d.o.o. (UNI)	Projektant: N.Č.Č.
Objekt: Maja 2015	Projektant: N.Č.Č.
Projekcija: POZARNA VARNOST	Projektant: N.Č.Č.
Projekcijski inštitut: Thors prtiličja	Projektant: N.Č.Č.
Projekcija: 1:20	Projektant: N.Č.Č.