

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:

Török, T., 2013. Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kristl, Ž., somentorica Dovjak, M.): 109 str.

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:

Török, T., 2013. Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., co-supervisor Dovjak, M.): 109 pp.

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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidatka:

TEJA TÖRÖK

METODA ZA NAČRTOVANJE TRAJNOSTNE STAVBE

Diplomska naloga št.: 3333/KS

METHODOLOGY FOR THE SUSTAINABLE BUILDING DESIGN

Graduation thesis No.: 3333/KS

Mentorica:

doc. dr. Živa Kristl

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentorica:

asist. dr. Mateja Dovjak

Član komisije:

asist. dr. Mitja Košir

doc. dr. Tomo Cerovšek

prof. dr. Matej Fischinger

Ljubljana, 25. 10. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **TEJA TÖRÖK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:

»METODA ZA NAČRTOVANJE TRAJNOSTNE STAVBE«.

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

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

Ljubljana, 10. 10. 2013

Teja Török

(podpis)

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKA – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	502.131.1:69.036(043.2)
Avtor:	Teja Török
Mentor:	doc. dr. Živa Kristl
Somentor:	asist. dr. Mateja Dovjak
Naslov:	Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	109 str., 21 pregl., 34 graf., 67 sl.
Ključne besede:	Trajnostni razvoj, trajnostna stavba, metoda, ekonomski vidik, okoljski vidik, socialni vidik, zdravstveni vidik, načrtovanje

Izvleček:

V diplomski nalogi so natančno definirani pojmi trajnost, trajnostni razvoj, trajnostna gradnja in trajnostna stavba. Za načrtovanje trajnostne stavbe je uporabljena metoda Dovjak in Krainer (2013), ki temelji na štirih vidikih: ekonomskem, okoljskem, socialnem in zdravstvenem, ki morajo biti medsebojno uravnoreženi. Metoda je nadgrajena v četrtem koraku, ki zajema končno oceno in fazo alternativnih rešitev. Preizkus metode na novogradnji Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo in Fakultete za računalništvo, Univerze v Ljubljani, je zaradi pomanjkanja podatkov in preobsežnosti naloge, omejen le na mikro raven, in sicer na nivo konstrukcijskih sklopov. Opravljena je analiza toplotne prehodnosti, difuzije vodne pare, toplotne stabilnosti in površinske temperature konstrukcijskih sklopov ter analiza zdravju škodljivih materialov. Določena so osnovna načela za načrtovanje trajnostne stavbe: primerna lokacija in oblika stavbe, les kot material za nosilno konstrukcijo, zelene strehe, naravna toplotna izolacija, primerna okna, nadzor dnevne svetlobe s senčili, sistem za mehansko prezračevanje, raba obnovljivih virov energije in uporaba deževnice. Načela so pregledana z vseh štirih vidikov trajnostne stavbe. Pri sooblikovanju trajnostne stavbe je v vseh fazah gradnje ključno multidisciplinarno sodelovanje vseh deležnikov, od gradbenikov, arhitektov, strojnikov pa do ekonomistov, sociologov, sanitarnih inženirjev in zdravstvenih delavcev.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	502.131.1:69.036(043.2)
Author:	Teja Török
Supervisor:	Prof. Živa Kristl, Ph. D.
Co-advisor:	Assist. Mateja Dovjak, Ph.D.
Title:	Methodology for the sustainable building design
Document type:	Graduation thesis – University studies
Notes:	109 p., 21 tab., 34 graph., 67 fig.
Key words:	Sustainable development, sustainable building, methodology, design, economic indicator, environmental indicator, social indicator, health indicator

Abstract:

In this graduation thesis are precisely defined concepts of sustainability, sustainable development, sustainable engineering and sustainable building. For the design of sustainable building, Dovjak and Krainer method is used based on four indicators: economic, environmental, social and health, which must be balanced. The method is extended in a fourth step, covering the final stage of assessment and alternative solutions. The method is tested on new buildings of the Faculty of Chemistry and Chemical Engineering and the Faculty of Computer Science, University of Ljubljana. This method is used only on micro level, due to the lack of data. An analysis of thermal transmittance, vapor diffusion, thermal stability and surface temperature of structural components and analysis of materials dangerous to health is made. The basic principles for the design of sustainable buildings are: a suitable location and shape of the building, wood as a material for load-bearing structure, green roofs, natural insulation, suitable windows, daylight controlled with shades, a system of mechanical ventilation, use of renewable sources of energy and the use of rainwater. The principles are examined from the four aspects of sustainable building. In designing sustainable buildings in all phases of construction it is important multi-disciplinary collaboration of all participants, from engineers, builders, architects to economists, sociologists, sanitary engineers, and health professionals.

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Živi Kristl ter somentorici asist. dr. Mateji Dovjak, ki sta mi ves čas nudili strokovno pomoč, dali nasvete in s svojim sproščenim odnosom vlivali veliko dobre volje pri ustvarjanju le- te.

Posebna zahvala gre tudi staršem ter sestri Tii, ki so mi ves čas študija stali ob strani, me podpirali in mi omogočili študij.

Velika zahvala gre tudi fantu Benjaminu, s katerim sva se veliko ur preživela za knjigami, kateri mi je bil v veliko pomoč tekom študija in me stalno motiviral.

Hvala tudi vsem sošolcem in prijateljem, kateri so pripomogli k temu, da bodo moja študentska leta ostala nepozabna.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Namen diplomskega dela.....	2
1.2	Cilji diplomskega dela	2
1.3	Hipoteza.....	2
1.4	Metoda	2
1.5	Orodja	3
1.6	Predvideni rezultati	3
2	ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA NA PODROČJU TRAJNOSTNE GRADNJE..	4
2.1	Pregled literature na temo trajnostne gradnje	4
2.2	Zakonodajni okvir.....	4
2.3	Metode za vrednotenje trajnostnih stavb	9
2.3.1	Opis metode Dovjak in Krainer [3]	10
2.3.1.1	Korak 1- Analiza dejanskega stanja.....	11
2.3.1.2	Korak 2 - Opredelitev trajnostnih kazalnikov.....	12
2.3.1.3	Korak 3 - Opredelitev ciljev	13
2.3.1.4	Korak 4 - Končna ocena	14
2.4	Kriteriji za vrednotenje trajnostne gradnje na osnovi analize obstoječega stanja.....	15
3	OCENA NOVOGRADNJE UL FKKT IN UL FRI PO METODI DOVJAK IN KRAINER	17
3.1	Opis analiziranih stavb.....	17
3.1.1	Osrednji objekt X.....	17
3.1.2	FKKT - Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo	18
3.1.3	FRI - Fakulteta za računalništvo in informatiko	18
3.2	Oblikovna zasnova.....	19
3.2.1	Osrednji objekt X.....	19
3.2.2	FKKT - Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo	19
3.2.3	FRI - Fakulteta za računalništvo in informatiko	19

3.3	Lokacija in orientacija stavb	20
3.4	Metoda Dovjak in Krainer na obravnavani novogradnji.....	21
3.5	Analiza izvedbe konstrukcijskih sklopov obravnavane novogradnje s pomočjo računalniškega programa TEDI	22
3.5.1	Konstrukcijski sklop - zunanja stena.....	23
3.5.1.1	Tipična fasada	23
3.5.1.2	Tipična fasada iz vidnega betona	26
3.5.1.3	Zunanja kletna stena proti ogrevanim prostorom.....	28
3.5.2	Konstrukcijski sklop - tla	31
3.5.2.1	Velika dvorana	31
3.5.2.2	Okrepčevalnica, kavarna	33
3.5.2.3	Sanitarije	35
3.5.3	Konstrukcijski sklop - streha.....	37
3.5.3.1	Ravna streha – pohodni del	37
3.5.3.2	Streha nad konzolnim jeklenim stopniščem.....	39
3.5.4	Medetažna konstrukcija	42
3.5.4.1	Velike predavalnice.....	42
3.6	Analiza uporabljenih materialov konstrukcijskih sklopov obravnavane novogradnje.....	43
3.6.1	OSB plošče.....	43
3.6.2	Tehno parket	45
3.6.3	Material na bazi polivinilklorida	46
3.6.4	Hidroizolacijski trakovi na osnovi bitumna	47
3.6.5	Zaključki analize uporabljenih materialov	49
4	ELEMENTI TRAJNOSTNEGA NAČRTOVANJA.....	50
4.1	Vidiki trajnostne gradnje.....	50
4.1.1	Ekonomski vidik	50
4.1.2	Okoljski vidik.....	51
4.1.3	Socialni in zdravstveni vidik.....	54

4.2	Primerna lokacija in oblika stavbe.....	57
4.3	Les kot material za nosilno konstrukcijo trajnostne stavbe	59
4.4	Zelene strehe.....	62
4.5	Toplotna izolacija kot ključni element trajnostne gradnje.....	64
4.6	Okno kot pomemben vir dnevne svetlobe v prostoru	69
4.7	Nadzor dnevne svetlobe in sončnega sevanja s senčili	72
4.8	Sistem za mehansko prezračevanje.....	74
4.9	Raba obnovljivih virov energije	77
4.9.1	Bioenergija.....	78
4.9.2	Geotermalna energija.....	80
4.9.3	Sončna energija.....	83
4.9.4	Vetrna energija.....	87
4.9.5	Vodna energija.....	89
4.10	Uporaba deževnice.....	91
5	ZAKLJUČEK	93
	VIRI	97

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Matrika izbranih trajnostnih kazalnikov (indikatorjev), interpretacija in merljivost [povzeto po 3].....	12
Preglednica 2:	Matrika predlaganih alternativ k trajnostnemu razvoju.....	15
Preglednica 5:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena - tipična fasada.....	23
Preglednica 6:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena - tipična fasada iz vidnega betona	26
Preglednica 7:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena – zunanja kletna stena proti ogrevanim prostorom	28
Preglednica 8:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa tla - velika dvorana.....	31
Preglednica 9:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa tla - okrepčevalnica, kavarna.....	33
Preglednica 10:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa tla - sanitarije.....	35
Preglednica 11:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa streha – ravna streha – pohodni del.....	37
Preglednica 12:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa streha – streha nad konzolnim jeklenim stopniščem.....	39
Preglednica 13:	Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija - velike predavalnice.....	42
Preglednica 14:	OSB plošče in njihov možen vpliv na zdravje	44
Preglednica 15:	Tehno parket in njegov možen vpliv na zdravje	45
Preglednica 16:	PVC in njegov možen vpliv na zdravje.....	47
Preglednica 17:	Bitumen in njegov možen vpliv na zdravje.....	48
Preglednica 18:	Tipi zeleni streh [87]	62
Preglednica 20:	Primerjava med fizikalnimi lastnostmi toplotnoizolacijskih materialov, ogljikovim odtisom različnih toplotnoizolacijskih materialov za doseganje toplotne prehodnosti $U = 28 \text{ W/m}^2\text{K}$ na enoto površine ovoja stavbe (m^2) in z okoljskim vplivom, ki ga povzročimo s prevozom z osebnim avtomobilom srednjega razreda [96]	68
Preglednica 21:	Uporaba energije iz obnovljivih virov [110]	77

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1:	T - d diagram za tipično fasado	24
Grafikon 2:	p - r diagram za tipično fasado	24
Grafikon 3:	p - r diagram (vlaženje in sušenje) za tipično fasado	25
Grafikon 4:	T - d diagram za tipično fasado iz vidnega betona	27
Grafikon 5:	p - r diagram za tipično fasado iz vidnega betona	27
Grafikon 6:	T - d diagram za zunanjo kletno steno.....	29
Grafikon 7:	p - r diagram za zunanjo kletno steno.....	29
Grafikon 8:	p - r diagram (vlaženje in sušenje) za zunanjo kletno steno.....	30
Grafikon 9:	T - d diagram za veliko dvorano.....	32
Grafikon 10:	p - r diagram za veliko dvorano.....	32
Grafikon 11:	T - d diagram za okrepčevalnico	34
Grafikon 12:	p - r diagram za okrepčevalnico	34
Grafikon 13:	T - d diagram za sanitarije	36
Grafikon 14:	p - r diagram za sanitarije	36
Grafikon 15:	T - d diagram za ravno streho - pohodni del	38
Grafikon 16:	p - r diagram za ravno streho - pohodni del.....	38
Grafikon 17:	T - d diagram za streho nad konzolnim jeklenim stopniščem	40
Grafikon 18:	p - r diagram za streho nad konzolnim jeklenim stopniščem	40
Grafikon 19:	p - r diagram za streho nad konzolnim jeklenim stopniščem	41
Grafikon 20:	Vzroki za slabo kakovosten notranji zrak [73].....	55
Grafikon 21:	Primerjava najpogostejših konstrukcijskih in izolativnih materialov na 1 m ³ z vidika sive energije in količine ogljikovega dioksida [82].....	61
Grafikon 22:	Primerjava sten glede HTP - potencial toksičnosti za človeka) [84].....	61
Grafikon 23:	Stroški v življenjskem ciklusu (LCC) kontaktno izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije [95]	66
Grafikon 24:	Ogljikov odtis toplotnoizolacijskih materialov debeline, ki je potrebna, da je dosežena toplotna prehodnost zunanjega ovoja $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, prikazan na enoto površine ovoja stavbe [m ²] [96]	67
Grafikon 25:	Izpust CO ₂ za različne materiale oken [98]	70
Grafikon 26:	Vzroki za slabo kakovosten zrak [103]	74
Grafikon 27:	Koncentracija CO ₂ v zaprtem prostoru skozi časovno obdobje 24-ih ur [107].....	76
Grafikon 28:	Proizvodnja energije iz OVE [110].....	78

Grafikon 29:	Cene različnih energentov v €/MWh po državah [112].....	79
Grafikon 30:	Primerjava letnih stroškov porabe energije za ogrevanje stavbe in sanitarne vode glede na vrsto energenta za enodružinsko hišo s 150 m ² ogrevalne površine [115]	81
Grafikon 31:	Primerjava stroškov ogrevalne naprave na kurilno olje in toplotne črpalke skozi celotno življenjsko obdobje [115].....	82
Grafikon 32:	Trajanje sončnega obsevanja po mesecih [126]	86
Grafikon 33:	Izkoriščenost slovenskih rek [131]	89
Grafikon 34:	Gibanje cen pitne in odpadne vode [137]	92

KAZALO SLIK

Slika 1:	Osnovna shema nadgrajene metode (bela barva - prvotne faze, siva barva - nadgradnja) [povzeto po 3].....	11
Slika 2:	Horizontalni in vertikalni pravni okvir za področje stavb [povzeto po 3].....	14
Slika 3:	Strategija načrtovanja trajnostnih konceptov stavb [povzeto po 3].....	14
Slika 4:	Objekt FRI, objekt X in objekt FKKT [23].....	17
Slika 5:	Objekt FRI, objekt X in objekt FKKT [23].....	18
Slika 6:	Lokacijska postavitev novogradenj [24]	20
Slika 7:	Zastekljena južna stran objekta FKKT	21
Slika 8:	Strategija načrtovanja trajnostnih konceptov stavb [povzeto po 3].....	21
Slika 10:	Prikaz stroškov dveh stavb skozi celoten življenjski cikel [57]	50
Slika 11:	Končna poraba energije po namenih, gospodinjstva v Sloveniji leta 2009 [61]	52
Slika 12:	Poraba vode v gospodinjstvu na dan (z rdečo barvo je predstavljena nenadomestljiva pitna voda, z modro pa nadomestljiva z deževnico) [65].....	53
Slika 13:	Sistem formiranja notranjega bivalno - delovnega okolja [povzeto po 71].....	55
Slika 14:	Pot sonca in sence v času zimskega solsticija [75].....	57
Slika 15:	Pot sonca in sence v času poletnega solsticija [75]	57
Slika 16:	Razporeditev prostorov glede na sončno dinamiko [69]	58
Slika 17:	Površina gozda in drugih gozdnih zemljišč [77]	59
Slika 18:	Površina gozda v Sloveniji [77]	59
Slika 19:	Neposredna primerjava klasične in lesene gradnje.....	59
Slika 20:	Propadla koča, ki je prepuščena naravni razgradnji (v ozadju njena novejša različica) [81]	60
Slika 21:	Intenzivna ozelenitev [86]	62
Slika 22:	Polintenizivna ozelenitev [86].....	62
Slika 23:	Ekstenzivna ozelenitev [86]	62
Slika 24:	Prednosti zelene strehe v primerjavi z običajno streho [86].....	63
Slika 25:	Celulozna izolacija [91].....	64
Slika 26:	Vgradnja celulozne izolacije [91].....	64
Slika 27:	Vgrajena volna v obliki plošč [92]	64
Slika 28:	Vgrajena volna v razsutem stanju [92]	65
Slika 29:	Izolacija iz lesnih kosmičev v obliki plošč [94]	65

Slika 30:	Izolacija iz lesnih kosmičev v razsutem stanju [94]	65
Slika 31:	Vpliv različnih faktorjev na osvetljenost prostora [97]	69
Slika 32:	Dnevna svetloba v notranjih prostorih po globini hitro upada [97]	69
Slika 33:	Okno s troslojno zasteklitvijo na obravnavani novogradnji Fakultete za računalništvo v Ljubljani [25]	69
Slika 34:	Toplotna prehodnost okna z v dvojno ali trojno zasteklitvijo [100]	71
Slika 35:	Energetska učinkovitost senčila glede na lego [101]	72
Slika 36:	Prikaz delovanja horizontalnih lamel [97]	72
Slika 37:	Prikaz delovanja svetlobne police [97]	72
Slika 38:	Uporaba rolete pozimi in poleti [102]	73
Slika 39:	Dolgotrajno zračenje [103]	74
Slika 40:	Kratkotrajno zračenje [103]	74
Slika 41:	Prikaz delovanja mehanskega prezračevanja. Po zeleni cevi se zrak dovaja iz zunanosti, po rdeči potuje v čiste prostore, po rumeni pa gre odpaden zrak iz stavbe [105]	75
Slika 42:	Vpliv vlage na zdravje ljudi [108]	76
Slika 43:	Rast energije iz OVE v EU (v gigavatnih urah na leto) [110]	77
Slika 44:	Lesni peleti [111]	78
Slika 45:	Lesni briketi [111]	78
Slika 46:	Lesni sekanci [111]	78
Slika 47:	Sistem toplotne črpalke zemlja - voda [116]	80
Slika 48:	Sistem toplotne črpalke voda - voda [116]	80
Slika 49:	Sistem toplotne črpalke zrak - voda [116]	81
Slika 50:	Delovanje toplotne črpalke [116]	81
Slika 51:	Shema sistema za izkoriščanje sončne energije [118]	83
Slika 52:	Področje uporabe različnih vrst sprejemnikov sončne energije glede na gibanje njihovega izkoristka [118]	83
Slika 53:	Absorberji [119]	84
Slika 54:	Ploščati SSE [120]	84
Slika 55:	Vakuumski SSE [120]	84
Slika 56:	Shematski prikaz otočne sončne elektrarne [123]	84
Slika 57:	Shematski prikaz sončne elektrarne, priključene na omrežje [123]	84
Slika 58:	Monokristalne sončne celice [124]	85
Slika 59:	Polikristalne sončne celice [124]	85
Slika 60:	Amorfne sončne celice [124]	85
Slika 61:	Otočni sistem vetrne elektrarne [127]	87
Slika 62:	Omrežni sistem vetrne elektrarne [127]	87

Slika 63:	Prikaz glasnosti vetrne turbine [130].....	88
Slika 64:	Mikro hidroelektrarna [134].....	89
Slika 65:	Vrste turbin glede na padec in pretok vodotoka [133]	89
Slika 66:	Nadzemni rezervoarji za zbiranje deževnice [136]	91
Slika 67:	Podzemni rezervoar za zbiranje deževnice [136].....	91

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Izrazi, kot so trajnostni razvoj, trajnostna gradnja in trajnostna stavba, se v strokovnem in pogovornem besednjaku pogosto uporabljajo, vendar se pravilna definicija omenjenih izrazov ni nikoli uveljavila. Izraz trajnostni razvoj je bil prvič omenjen s strani Svetovne komisije za okolje in razvoj (WCED), ki je leta 1987, na pobudo Združenih narodov, definirala načelo trajnostnega razvoja kot zadovoljitev potreb sedanjih generacij tako, da niso ogrožene možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe [1].

Definicija trajnostnega razvoja je bila prvič predstavljena v poročilu Brundtlandine komisije (The Brundtland Commission) [1], katere predsednica Gro Harlem Brundtland je pomembno pripomogla k sprejetju ideje trajnostnega razvoja na konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju v Riu de Janeiru leta 1992 [2]. Predstavljen je bil koncept trajnostnega razvoja, ki temelji na štirih vidikih: okoljskem, ekonomskem, zdravstvenem in socialnem, ki morajo biti medsebojno uravnoteženi. Nobena druga definicija, razen omenjena, ne temelji na štirih vidikih, ampak le na treh, saj je zanemarjen zdravstveni vidik. Slednje je tudi poudarjeno v študiji Dovjak in Krainer [3]. Zdravstveni, okoljski, socialni in ekonomski vidiki predstavljajo temelje trajnostne gradnje.

Stavba, od svojega začetka z gradnjo, nato uporabo in vzdrževanjem, pa do konca s porušitvijo, je največji proizvajalec CO₂ [4]. Poučen je podatek, da se z gradnjo, osvetljevanjem, gretjem in ohlajevanjem stavb z uporabo fosilnih goriv ter nato posredno z uporabo elektrike proizvede skoraj 50 % vsega CO₂ in emisij, ki domnevno povzročajo globalno segrevanje ozračja in s tem vplivajo na podnebne spremembe [5]. Tudi pri energijski porabi ni podatek dosti spodbudnejši, saj je približno 40 % rabe končne energije v Evropski uniji povezane s stavbami [6]. Poleg tega gradbeništvo proizvede kar tretjino vseh odpadkov [7]. Zato bodo pomembni ukrepi gradbeništva v prihodnosti zmanjšati porabo energije, uporaba obnovljivih virov energije, naravnih in recikliranih materialov, zmanjšati količino odpadnega materiala in ga, v čim večji meri reciklirati ter znatno zmanjšati onesnaževanje okolja. Graditi bomo morali trajnostno.

Trajnostna stavba pomeni, da v času njenega načrtovanja, gradnje, uporabe, vzdrževanja pa vse do porušitve ravnamo okolju prijazno, cenovno ugodno in da uporabniku zagotovimo zdravo in udobno bivalno okolje. Trajnostno gradnjo sooblikujemo mnogi deležniki: gradbeniki, arhitekti, urbanisti, ekonomisti, zakonodajalci in še veliko drugih, zato je zelo pomembno medsebojno sodelovanje.

1.1 Namen diplomskega dela

V diplomski nalogi bom temeljito preučila izraz trajnostno, od trajnostnega razvoja pa do trajnostne gradnje. Uporabila bom metodo Dovjak in Krainer [3] za načrtovanje trajnostne stavbe, ki temelji na štirih vidikih: okoljskem, ekonomskem, zdravstvenem in socialnem, ki jo bom po potrebi tudi nagradila. Metodo bom preizkusila na dejanski gradnji, in sicer na treh novih objektih Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakulteto za računalništvo, Univerze v Ljubljani. Podala bom tudi osnovna načela, ki bi jih morali pri omenjenih novogradnjah slediti, da bi dosegli cilj trajnostne stavbe.

1.2 Cilji diplomskega dela

V sklopu diplomske naloge sem si zadala naslednje cilje:

- opredelitev izraza »trajnostno«
- nadgradnja metode Dovjak in Krainer [3]
- preizkus metode na praktičnem primeru
- določitev osnovnih načel za načrtovanje trajnostne stavbe

1.3 Hipoteza

Diplomska naloga je nastala na podlagi predvidevanja, da se izraz »trajnostno« napačno interpretira in da se preširoko uporablja, tako na strokovnem področju kot v splošni javnosti. Zaradi te razširjenosti predvidevam, da izraz ni natančno definiran, saj niso izpolnjeni vsi štirje vidiki trajnostnega razvoja. V obstoječih trajnostnih stavbah je večinoma zanemaren zdravstveni vidik, zato predvidevam, da ni ustrezne metode, ki bi omogočila razvoj trajnostne gradnje, čeprav je zakonodajni okvir na tem področju vzpostavljen.

1.4 Metoda

Na začetku diplomske naloge bomo naredili analizo dejanskega stanja (ang. *State of Art analiza*), kjer bomo pregledali obstoječe študije, članke, ustrezno literaturo in zakonodajo. Nato bomo uporabili metodo Dovjak in Krainer [3], ki jo bomo nadgradili in preizkusili na dejanskem primeru. Zaradi obsežnosti teme, se bomo pri preizkusu metode na dejanskem primeru osredotočili le na korak 4: mikro nivo - konstrukcijski sklopi. Na podlagi izvedene analize bomo določili osnovna načela, ki jim mora stavba slediti, da jo lahko ovrednotimo kot trajnostno. Ta načela bomo preverili iz vidika ekonomije, okolja, sociale in zdravja.

1.5 Orodja

V diplomskem delu bomo uporabili računalniški program TEDI, s katerim bomo analizirali različne konstrukcijske sklope treh objektov Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakulteto za računalništvo, Univerze v Ljubljani. Ob upoštevanju zahtev predpisov bomo s pomočjo programa analizirali toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope.

1.6 Predvideni rezultati

Glede na to, da so omenjeni objekti še v postopku gradnje, predvidevam, da bodo ustrezali vsaj nekaterim vidikom trajnostne gradnje. Verjetno bo, kot se je dogajalo to tudi do sedaj, zanemarljiv zdravstveni vidik - izbor zdravju in okolju prijaznih materialov. Ker bomo na novogradnjah preverjali toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare skozi konstrukcije sklope, predvidevam, da bodo vsi rezultati ustrezali zakonskim zahtevam.

2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA NA PODROČJU TRAJNOSTNE GRADNJE

2.1 Pregled literature na temo trajnostne gradnje

V tem delu diplomske naloge je narejena analiza obstoječega stanja (ang. *State of Art analiza*), ki se navezuje na področje trajnosti. Pregledane so obstoječe študije, zakonodaja in ostala literatura. Poudarek je na temi trajnostne gradnje in iskanju postopkov za vrednotenje le te. Izsledki analize dejanskega stanja so predstavljeni v poglavju 4.

V sklopu zakonodajnega okvirja je načelo trajnosti opredeljeno v dokumentu Agenda 21 za Slovenijo [8], v Zakonu o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt) [9], v Zakonu o varstvu okolja (ZVO-1) [10], v strateškem razvojnem dokumentu Strategija razvoja Slovenije 2014 – 2020 [11], v Prispevku za Strategijo razvoja Slovenije [12] in še posebej v Uredbi (EU) št. 305/2011 [13], ki je krovni dokument gradbeništva. Vsak izmed omenjenih dokumentov navaja določene smernice za trajnostni razvoj in trajnostno gradnjo, ki so si med sabo bolj ali manj podobne in se dopolnjujejo. Nobeden izmed njih pa ne vsebuje postopkov za razvoj načel trajnostne gradnje čez celotno dobo stavbe.

Tako je treba poiskati obstoječe metode za vrednotenje trajnostnih stavb, ki so se uveljavile po svetu. Ameriška metoda LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) in britanska metoda BREEAM (*the BRE Environmental Assessment Method*) v ospredje postavljata le okoljski vidik trajnostne stavbe, zato ne ustrezata kriterijem diplomske naloge po enakovrednosti vseh štirih vidikov. Tem še najbolj sledi (čeprav ne popolnoma) nemška metoda DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.*), ki obsega šest tematskih področij: ekologijo, ekonomijo, sociološko-kulturne in funkcionalne vidike, tehniko, procese in lokacijo, vendar so le prvi štirje vidiki enakovredno ovrednoteni. Ker pa ima vsaka država svoje cilje in prioritete pri oblikovanju meril za trajnostno gradnjo je v pripravi evropska skupna, enotna, splošna metoda za vrednotenje trajnostnih stavb, ki se pripravlja v okviru projekta FP7 OPEN HOUSE [17]. Ta pri oblikovanju meril razvršča vidike v tri osnovne in v tri dodatne gradnike, kar ravno tako ne ustreza pravi definiciji trajnostne gradnje. Zato je v diplomski nalogi uporabljena metoda iz študije z naslovom »*A Tool for the Design of Sustainable Building Concepts*«, (Dovjak in Krainer) [3], ki temelji na enakovredni zastopnosti vseh štirih vidikov.

2.2 Zakonodajni okvir

Na Konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju, ki je potekala junija 1992 v Rio de Janeiru v Braziliji so se zbrali voditelji 179 držav z željo, da bi skrb za trajnostni razvoj razširili iz nacionalne na mednarodno raven. S podpisom pomembnega dokumenta Agenda 21 so sprejeli načela trajnostnega

razvoja za 21. stoletje in akcijski načrt za njihovo uresničevanje. Pozvali so vlade držav, da pripravijo nacionalne strategije za trajnostni razvoj, pri njihovem oblikovanju pa naj bi sodelovale nevladne organizacije in javnost [8].

Tako je za Slovenijo leta 1995 skupina nevladnih organizacij pod vodstvom Umanotere, Slovenske fundacije za trajnostni razvoj, pripravila dokument Agenda 21 za Slovenijo. V njej so načela trajnostne družbe opredeljena kot:

- spoštovanje občestva življenja in odgovornost zanj,
- izboljševanje kakovosti človekovega življenja,
- ohranjanje vitalnosti in pestrosti Zemlje,
- čim korenitejše zmanjševanje izčrpavanja neobnovljivih virov,
- upoštevanje nosilne sposobnosti Zemlje,
- spreminjanje osebnega odnosa in ravnanja,
- usposabljanje skupnosti za samostojno in odgovorno ravnanje z okoljem,
- oblikovanje državnega okvira za povezovanje razvoja in ohranitve,
- ustvarjanje svetovnega zavezništva [8].

Načelo trajnostnega razvoja je podrobno opisano tudi v Zakonu o prostorskem načrtovanju, in v Zakonu o varstvu okolja.

Načelo trajnostnega prostorskega razvoja je v 4. členu Zakona o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt) [9] opredeljeno:

- 1) Država in samoupravna lokalna skupnost (občina) morata s prostorskim načrtovanjem omogočiti kakovostno življenjsko okolje s takšno rabo prostora, ki ob upoštevanju dolgoročnega varovanja okolja, ohranjanja narave in trajnostne rabe naravnih dobrin in drugih virov ter celostnega ohranjanja kulturne dediščine omogoča zadovoljevanje potreb sedanje generacije ter ne ogroža zadovoljevanja potreb prihodnjih generacij.
- 2) Trajnosten prostorski razvoj se zagotavlja z usklajevanjem razvojnih potreb z varstvenimi zahtevami v prostoru tako, da se ob upoštevanju obstoječih kakovosti naravnih, grajenih in drugače ustvarjenih sestavin prostora ter prepoznavnosti krajine, dosega racionalna raba prostora za posamezne dejavnosti.

V Zakonu o varstvu okolja (ZVO-1) [10] je načelo trajnostnega razvoja opredeljeno na podoben način kot v Zakonu o prostorskem načrtovanju, in sicer:

- 1) Država in samoupravna lokalna skupnost (občina) morata pri sprejemanju politik, strategij, programov, planov, načrtov in splošnih pravnih aktov ter pri izvajanju drugih zadev iz svoje pristojnosti spodbujati takšen gospodarski in socialni razvoj družbe, ki pri zadovoljevanju potreb sedanje generacije upošteva enake možnosti zadovoljevanja potreb prihodnjih in omogoča dolgoročno ohranjanje okolja.
- 2) Zaradi spodbujanja trajnostnega razvoja morajo biti zahteve varstva okolja vključene v pripravo in izvajanje politik ter dejavnosti na vseh področjih gospodarskega in socialnega razvoja.

Trenutno je v pripravi strateški razvojni dokument Strategija razvoja Slovenije 2014 – 2020, ki bo usmeril razvoj Slovenije za naslednjih sedem let. Vlada Republike Slovenije je sprejela Izhodišča za pripravo Strategije razvoja Slovenije 2014 – 2020 [11], ki opredeljujejo razvojno izhodišče Slovenije, scenarij gospodarske rasti do leta 2020, osrednjo tezo strategije, potrebne predpogoje za uresničitev ciljev strategije (učinkovita in pravna država, delujoč finančni sistem, javno-finančna konsolidacija ter povrnitev ustrezne bonitete države v mednarodni skupnosti, etika ter aktivni in odgovorni državljani in država); potencialne Slovenije (konkurenčnost gospodarstva in spodbujanje podjetnosti, naravni viri, človeški viri, novi (tretji) trgi ter tuje neposredne investicije, geostrateška lega Slovenije) in prioritete razvoja do leta 2020 (znanje, podjetnost, zeleno, vključujoča družba, učinkovit javni sektor in pravna država). Usmeritve znotraj navedenih prioritet so pripravljene na osnovi prispevkov delovnih skupin za razvojno načrtovanje [11].

Prispevek za Strategijo razvoja Slovenije [12] je objavila tudi mreža nevladnih organizacij za trajnostni razvoj Slovenije, Plan B, ki je posebej izpostavila naslednje ideje za vzpostavitev trajnostnega razvoja:

- **Prehranska samooskrba s poudarkom na ekološki pridelavi** zagotavlja dolgoročno oskrbo z varno, kakovostno in zdravo hrano po dostopnih cenah. Omogoča delovna mesta, revitalizacijo kmetijstva in podeželja ter dvig kakovosti življenja
- **Vzpostavitev vrednostne verige predelave lesa** temelji na povečanju dodane vrednosti naše strateške obnovljive dobrine. Z obuditvijo te industrije povečamo konkurenčnost gospodarstva in zagotovimo kakovostna delovna mesta
- **Energetska prenova stavb** prinaša dolgoročne energetske in finančne prihranke, nova delovna mesta, manjšo energetske odvisnost, nižje izpuste CO₂ in vplive na podnebne spremembe ter prispeva k oživitvi gradbenega sektorja

- **Prehod na obnovljive vire energije** zagotavlja dolgoročno energetska varnost brez izčrpavanja končnih naravnih virov, dviga konkurenčnost gospodarstva in s spodbujanjem domačih tehnologij ustvarja nova delovna mesta
- **Posodobitev železniškega omrežja in javnega prevoza** zagotavlja večjo prometno varnost in cenovno sprejemljivo mobilnost, dostopno za vse, ob manjši obremenitvi okolja.
- **Učinkovita raba naravnih virov** je neizkoriščena priložnost za finančne prihranke, dvig konkurenčnosti gospodarstva, nove poslovne priložnosti in delovna mesta ter zmanjšanje škodljivih vplivov na okolje.
- **Zeleni turizem** lahko postane nosilec decentraliziranega razvoja Slovenije, saj ustvarja kakovostna lokalna delovna mesta in dodano vrednost malemu gospodarstvu ter naravni in kulturni dediščini [12].

Gospodarska kriza je v zadnjih letih zelo prizadela evropsko gospodarstvo, predvsem sektor gradbeništva, zato trajnostna gradnja z uporabo materialov, ki omogočajo ohranjanje okolja in varčevanje z energijo, z zagotavljanjem energetske učinkovitosti in uporabo odpadkov kot novih surovin, pomeni novo priložnost za gradbeništvo in njegov ponovni vzpon. Tudi trajnostni izdelki pridobivajo veljavo in vstopajo v zakonodajo.

9. marca 2011 so države članice Evropskega parlamenta in Sveta Evropske unije z Uredbo (EU) št. 305/2011 [13] sprejele zahteve, ki se poleg varnosti stavb in drugih gradbenih objektov nanašajo tudi na trajnost, varčevanje z energijo, varstvo okolja, zdravje in na gospodarske ter druge vidike javnega interesa. Uredba (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS je v gradbeništvu glavni akt, ki podaja osnovne zahteve za gradbene objekte [13]. Te so:

1. Mehanska odpornost in stabilnost

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da obremenitve, ki jim bodo verjetno izpostavljeni med gradnjo in uporabo, ne bodo povzročile:

- (a) porušitve celotnega objekta ali delov objekta;
- (b) večjih deformacij od dopustnih;
- (c) škode na drugih delih gradbenih objektov ali na napeljavi ali vgrajeni opremi zaradi večjih deformacij nosilne konstrukcije;
- (d) glede na vzrok nesorazmerno velike škode zaradi nekega dogodka.

2. Varnost pri požaru

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da je ob izbruhu požara:

- (a) določen čas še ohranjena nosilnost konstrukcije;
- (b) omejeno nastajanje in širjenje požara in dima v gradbenem objektu;

- (c) omejeno širjenje požara na sosednje gradbene objekte;
- (d) mogoče osebam v objektu zapustiti objekt ali da jih je mogoče rešiti na drug način;
- (e) upoštevana varnost reševalnih ekip.

3. Higiena, zdravje in okolje

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da skozi celoten življenjski cikel ne bodo ogrozili higiene ali zdravja in varnosti delavcev, oseb v objektu ali sosedov ali povzročali prekomernih posledic za kakovost okolja ali podnebje skozi njihov celotni življenjski cikel, predvsem zaradi:

- (a) sproščanja strupenih plinov;
- (b) emisij nevarnih snovi, hlapnih organskih spojin (HOS), toplogrednih plinov ali nevarnih delcev v zraku v zaprtih prostorih ali zraku na prostem;
- (c) emisij nevarnega sevanja;
- (d) izpusta nevarnih snovi v podzemno vodo, morske vode, površinske vode ali zemljo;
- (e) izpusta nevarnih snovi v pitno vodo ali snovi, ki imajo drug negativen vpliv na pitno vodo;
- (f) napačnega odvajanja odpadne vode, emisij izpušnih plinov ali napačnega odstranjevanja trdnih ali tekočih odpadkov;
- (g) vlage v delih objekta ali na površinah znotraj objekta.

4. Varnost in dostopnost pri uporabi

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da pri uporabi ali obratovanju ne pomenijo nesprejemljivega tveganja za nastanek nesreč ali poškodb, kakršne so zdrs, padec, trčenje, opekline, električni udarec, poškodbe zaradi eksplozije in vlomov. Gradbeni objekti morajo biti zlasti načrtovani in grajeni tako, da invalidnim osebam omogočijo dostopnost in uporabo.

5. Zaščita pred hrupom

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da se hrup, ki ga zaznavajo osebe v objektu ali bližnji okolici, vzdržuje na ravni, ki ne bo ogrožala njihovega zdravja in jim bo omogočala zadovoljive razmere za spanje, počitek in delo.

6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote

Gradbeni objekti ter njihove naprave za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo in zračenje morajo biti načrtovani in grajeni tako, da je ob upoštevanju oseb v objektu in lokalnih podnebnih razmer poraba energije pri uporabi objekta in naprav majhna. Gradbeni objekti morajo biti tudi energetsko učinkoviti ter med gradnjo in rušenjem porabiti čim manj energije.

7. Trajnostna raba naravnih virov

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani, grajeni in zrušeni tako, da je raba naravnih virov trajnostna in da se zagotovi predvsem naslednje:

- (a) ponovna uporaba ali možnost recikliranja gradbenih objektov, gradbenega materiala in delov po zrušenju;

- (b) trajnost gradbenih objektov;
- (c) uporaba okoljsko združljivih surovin in sekundarnih materialov v gradbenih objektih [13].

Te zahteve predstavljajo temelj trajnostnega gradbeništva.

Trajnostna gradnja je gradnja prihodnosti, je nekaj, s čimer se pripravljamo na prihodnost in pustimo za sabo nekaj dobrega. To so zgradbe, ki nudijo uporabniku kvalitetno in zdravo življenje in hkrati porabijo čim manj energije.

2.3 Metode za vrednotenje trajnostnih stavb

Za vrednotenje trajnostnih stavb obstaja veliko različnih metod (preko 250), vendar velika večina ocenjuje le okoljske vplive stavb (na primer metode LEED, BREEAM). Ameriška metoda LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) se najbolj osredotoči na varčevanje z energijo in vodo, uporabo recikliranih gradbenih materialov in zmanjševanje odpadkov [14]. Britanska metoda BREEAM (*the BRE Environmental Assessment Method*) pa ravno tako ocenjuje večinoma le okoljske vplive, in sicer se posveča energetske učinkovitosti in uporabi tehnologij z nizkimi emisijami ogljika [15].

Trajnostna stavba pa ni samo stavba z majhnimi vplivi na okolje, ampak mora biti predvsem zdrava, udobna ter ekonomična. Te okoljske, družbene in ekonomske vplive delno obravnava npr. metoda DGNB. Nemško certifikacijsko združenje za trajnostno gradnjo DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.*) spodbuja k varstvu okolja, ekonomičnosti ter dosegu družbeno-kulturnih ciljev. Z visokimi kakovostnimi standardi pri načrtovanju in uporabi stavb si prizadeva za povečanje pozitivnih učinkov za družbo in naravo kot celoto, ter za zmanjšanje negativnih vplivov [16].

Ker so nekatere metode primerne le za omejena območja, jih ne moremo uporabiti kjerkoli. Zato je v pripravi evropska skupna splošna metoda za vrednotenje trajnostnih stavb, ki se pripravlja v okviru projekta FP7 OPEN HOUSE. Kazalniki trajnostne stavbe so razdeljeni v tri osnovne gradnike (okoljski, družbeni in funkcionalni, ekonomski) in tri dodatne (tehnični, procesni in kazalnik lokacije stavb) [17].

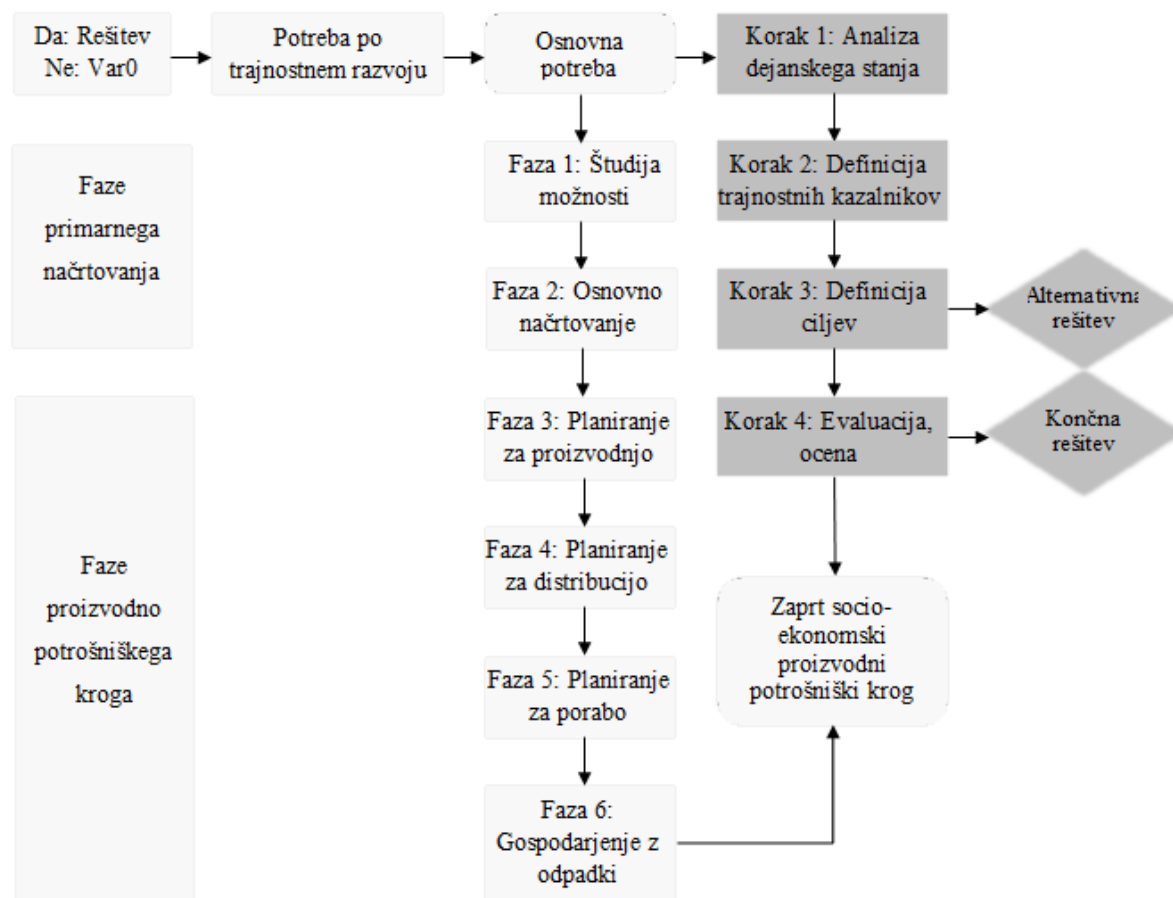
V Nemčiji se že nekaj časa uporablja smernica trajnostne gradnje, ki za stavbe zahteva ekološko, ekonomsko, družbeno, tehnično in procesno kvaliteto. Nedolgo tega je bila smernica prevedena tudi v slovenščino [18].

Na podlagi obravnavanih metod ugotovimo, da večina izmed njih ne sledi prvotni definiciji trajnostnega razvoja in tako pri načrtovanju trajnostne stavbe ne upošteva uravnoteženosti vseh štirih vidikov. Na primer, pri pasivnih in nič energijskih stavbah prednjačita predvsem energijski in ekonomski vidik, medtem ko je zdravstveni vidik popolnoma zanemarjen. S stališča ekonomskega vidika želijo doseči čim manjše stroške obratovanja stavbe, predvsem na račun manjše porabe energije, vendar pa po drugi strani ne preverijo, kako ta vidik posledično vpliva na ostale vidike. Tako s popolno zatesnitvijo stavbnega ovoja in uporabo trojne zasteklitve oken v stavbi ustvarijo slabo kakovost notranjega zraka ter neudobno in nezdravo bivalno in delovno okolje (predvsem pomanjkanje dnevne svetlobe v prostorih). Poleg tega okoljevarstveniki zastopajo polemično stališče, da je bil trajnostni razvoj oblikovan s strani ekonomistov kot okolju prijazen kapitalizem, z namenom, da pomiri ljudi in spodbuja okoljske vrednote [3]. Vendar pa se je treba zavedati, da je okolje za ljudi nepomembno, če človek v njem ne nastopa kot aktivni element [3].

Trenutno ni standardiziranih postopkov, ki bi omogočali razvoj trajnostnih konceptov gradnje, ki bi temeljila na celotnem življenjskem ciklu stavbe. Zato se bomo v diplomski nalogi oprli na metodo iz študije z naslovom »*A Tool for the Design of Sustainable Building Concepts*« katere namen je razviti orodje za oblikovanje konceptov trajnostne stavbe, kjer so vsi štirje vidiki uravnoteženi [3].

2.3.1 Opis metode Dovjak in Krainer [3]

Osnova za razvoj orodja za oblikovanje konceptov trajnostne gradnje je metoda projektiranja Morrisa Asimowa [19]. Metoda je bila nadgrajena na osnovi raziskovanja področja trajnostnega razvoja: okolje, zdravje, družba in ekonomija. Osnovna shema nadgrajene metode Asimowa je predstavljena na Sliki 1 [3].



Slika 1: Osnovna shema nadgrajene metode (bela barva - prvotne faze, siva barva - nadgradnja)
[povzeto po 3]

Glavni poudarek metode je na štirih korakih, ki zajemajo celoten življenjski cikel stavbe:

- korak 1 - Analiza dejanskega stanja
- korak 2 - Opredelitev trajnostnih kazalnikov
- korak 3 - Opredelitev ciljev
- korak 4 - Končna ocena [3]

2.3.1.1 Korak 1- Analiza dejanskega stanja

Prvi korak predstavlja analizo dejanskega stanja, v kateri se pregledajo statistični podatki, meritve dejanskega stanja, simulacije in ustrezne študije. Dejansko stanje se oceni na podlagi vseh vidikov trajnosti. Dovjak in Krainer navajata, da morajo biti težave, ki se pojavijo, rešene na vseh hierarhičnih ravneh, in sicer na mikro ravni (lokacija stavbe), mezzo ravni (regija) in makro ravni (Slovenija, EU) [3].

2.3.1.2 Korak 2 - Opredelitev trajnostnih kazalnikov

Drugi korak vključuje definicijo trajnostnih kazalnikov, ki so določeni za vse vidike in so osnova za nadaljnjo opredelitev ciljev in končne ocene (Preglednica 1). Uporabljajo se za vodenje naših odločitev in dejanj na vseh ravneh in predstavljajo vse pomembne pomisleke [3].

Preglednica 1: Matrika izbranih trajnostnih kazalnikov (indikatorjev), interpretacija in merljivost
[povzeto po 3]

Obravnavano področje	Zdravstveni kazalnik	Okoljski kazalnik	Ekonomski Socialni kazalnik	Interpretacija kazalnika	Merljivost (enota, izpeljava)
Raba energije: -lokacija, orientacija, namembnost -raba obnovljivih virov energije (OVE) -stavbni ovoj, konstrukcijski sklopi	-koncentracije onesnaževalcev zraka, zunanja/notranja kakovost zraka -osončenje, osvetljenost, vizualni, nevizualni fiziološki učinki dnevne svetlobe -produktivnost, zdravje, absentizem -pozitivni učinki dnevne svetlobe, kvalitete notranjega zraka, toplotnega udobja na zdravje -možni negativni učinki gradbenih materialov na zdravje -toplotno udobje -raven hrupa, odmevni čas	-učinki na ekosistem, floro, favno -onesnaženje zemlje, vode, zraka -zvočna onesnaženost -toplotni otok mest -raba energije, poraba fosilnih goriv, OVE	-energetski prihranki -število zaposlenih, izobrazbena struktura, dobiček, prispevek k lokalnemu, regionalnemu razvoju, razvoju Slovenije, EU blagajni -BDP na prebivalca, indeks razvojne ogroženosti -stroški hospitalizacije	-doseg ciljev, EU zahtev -doseg blizu 0 energijskih stavb in istočasno 100% zdravih in udobnih -produktivnost -celostno udobje: toplotno, vizualno, zvočno, kvaliteta zraka, ergonomija	Raba energije [kWh/m ² a] Udobje, bilanca [PMV indeks, W/m ²] Dnevna svetloba [lx] Kvaliteta zraka [olf, mg/m ³ , ppm] Zvok [db] Zdravje [odstotnost z dela] Storilnost

2.3.1.3 Korak 3 - Opredelitev ciljev

Tretji korak se nanaša na opredelitev ciljev, ki so opredeljeni na podlagi dejanskega stanja in zakonodaje. Zavedati se moramo, da so nacionalni in regionalni interesi pogosto nerealni, roki preloženi, prednostne naloge pa se spreminjajo. Za doseganje trajnostnega razvoja je potrebno, da so cilji povezani z vseh štirih vidikov [3].

Trajnostni cilji so definirani na podlagi predpisov EU: Uredba (EU) 305/2011 [13], Direktiva 2010/31/EU [6], Direktiva 2009/28/ES [20] in Direktiva 2012/27/EU [21].

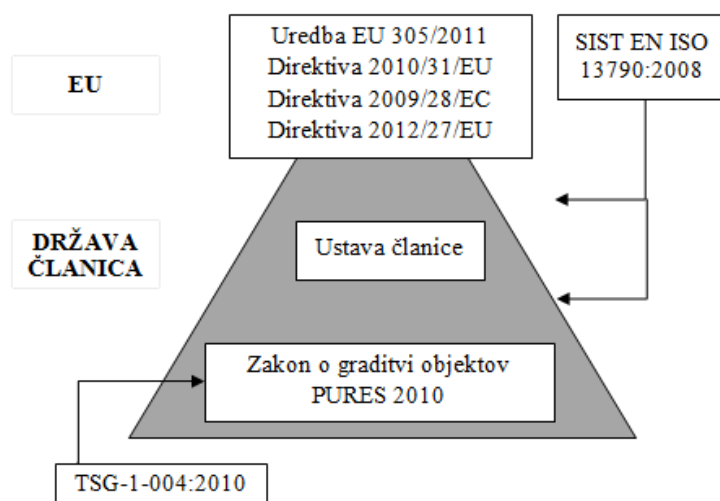
Uredba 305/2011, kot smo že zapisali, opredeljuje sedem osnovnih zahtev za gradbene objekte in gradbene proizvode, ki jih je treba izpolniti v celotnem življenjskem ciklu stavbe. Najpomembnejše zahteve za trajnostno stavbo v Uredbi 305/2011 so zdravje, energetska učinkovitost in trajnost, ki so opredeljene v osnovnih zahtevah št. 3., 6. in 7 [13].

Direktiva 2010/31/EU poudarja, da sta zmanjševanje porabe energije stavbe in uporaba obnovljivih virov energije dva pomembna ukrepa za energetske neodvisnost med članicami EU [6]. Poudarjena je pomembnost energetske učinkovitosti v stavbah za doseg ciljev 20-20-20 do leta 2020 [3].

Glavni namen nacionalnih ciljev iz Direktive 2009/28/ES je doseči 20-odstotni delež energije iz obnovljivih virov in 10-odstotni delež energije iz obnovljivih virov v sektorju prometa v porabi celotne energije Skupnosti do leta 2020 [20].

Člen 5 (Stavbe javnih organov kot zgled) Direktive 2012/27/EU pravi, da je potrebno od 1. januarja 2014 vsako leto prenoviti 3 % skupne tlorisne površine stavb v lasti in rabi osrednje vlade, ki se ogrevajo in/ali ohlajajo, in se tako izpolnijo vsaj minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti, ki jih določi z uporabo člena 4 Direktive 2010/31/EU [21]. Na ta način bi države bile v zgled svojim državljanom in jih tako spodbudile k trajnostnemu razmišljanju o energetske učinkovitosti.

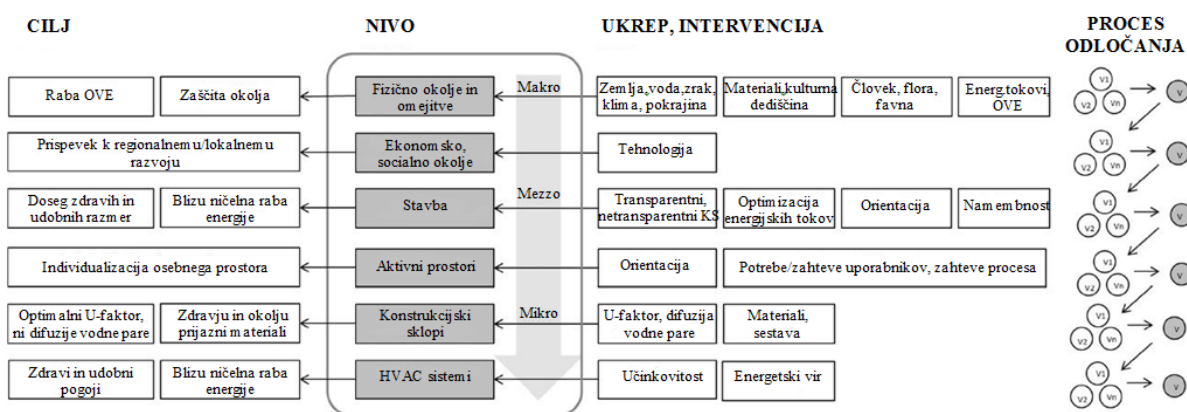
Predpisi EU morajo biti v celoti zavezujoči in se neposredno uporabljati v vseh državah članicah ter morajo biti usklajeni s svojim horizontalnim in vertikalnim pravnim okvirjem (Slika 2) [3].



Slika 2: Horizontalni in vertikalni pravni okvir za področje stavb [povzeto po 3]

2.3.1.4 Korak 4 - Končna ocena

Četrty korak zajema končno oceno in fazo alternativnih rešitev. Načrtovanje trajnostne stavbe mora biti, ob enakomerni zastopanosti vseh štirih vidikov, dobro premišljeno in slediti celovitemu sodelovanju med gradnjo, sistemom in okoljem (Slika 3) [3].



Slika 3: Strategija načrtovanja trajnostnih konceptov stavb [povzeto po 3]

Opremljeni kazalniki iz tretjega koraka, ki izhajajo iz zakonodaje, študij in statistike ter morajo biti uravnoteženi, predstavljajo orodje za oceno trajnostnega razvoja zgrajene stavbe. S pomočjo primerjave teh kazalnikov se izbere najboljša možnost izmed danih [3].

Alternative so testirane glede opredeljenih kazalnikov in ciljev (Koraki 3,4). Njihovi prispevki (+ prispevek, - brez prispevka) v vseh štirih vidikih trajnostnega razvoja so ocenjeni in preiščeni (Preglednica 2) [3].

Preglednica 2: Matrika predlaganih alternativ k trajnostnemu razvoju

Alternativne rešitve, vidiki (kazalniki, cilji)	Zdravje	Ekonomija	Okolje	Družba
Varianta 0	-	-	-	-
Varianta 1	+	-	-	-
Varianta 2	-	+	-	-
Varianta 3	-	-	+	-
Varianta 4	-	-	-	+
Varianta 5	+	+	-	-
Varianta 6	+	-	+	-
Varianta 7	+	-	-	+
Varianta 8	-	+	+	-
Varianta 9	-	+	-	+
Varianta 10	-	-	+	+
Varianta 11	+	+	+	-
Varianta 12	+	-	+	+
Varianta 13	+	+	-	+
Varianta 14	-	+	+	+
Varianta 15	+	+	+	+

Po oceni kazalnikov in ciljev se predlaga izvedba variante z uravnoteženimi vsemi štirimi vidiki (varianta 15), v kateri so poudarjeni zdravstveni in okoljski vidiki, ki so taki, kot jih zahteva zakon [3].

Razvoj koncepta trajnostne stavbe je možen le, če so vsi vidiki enakomerno zastopani. Pri tem je treba poseben poudarek dati okoljskemu in zdravstvenemu vidiku, ki sta ob preveč izpostavljenem ekonomskem in socialnem vidiku, velikokrat zanemarjena [3].

Zasnova trajnostne stavbe poteka hierarhično, kar pomeni, da se začne pri lokaciji, sledi načrtovanje ovoja, konstrukcijskih sklopov, na koncu sledi učinkovit mehanski sistem [3].

2.4 Kriteriji za vrednotenje trajnostne gradnje na osnovi analize obstoječega stanja

Na osnovi zakonodajnega okvirja je ugotovljeno, da morata država in samoupravna lokalna skupnost (občina) pri svojem razvoju poskrbeti za kakovostno življenjsko okolje in za tak gospodarski ter socialni razvoj družbe, da bo prihodnjim generacijam omogočena enaka zadovoljitev potreb, kot je sedanjim. Pri tem morata z ukrepi, kot so prehranska samooskrba s poudarkom na ekološki pridelavi,

vzpostavitev vrednostne verige predelave lesa, energetska prenova stavb, prehod na obnovljive vire energije, posodobitev železniškega omrežja in javnega prevoza, učinkovita raba naravnih virov in zeleni turizem, stremeti k dolgoročni skrbi za okolje in ljudi.

Pomembna načela predstavlja Uredba (EU) št. 305/2011 [13], ki poleg zahtev v zvezi z varnostjo in nosilnostjo stavb, daje velik pomen tudi zahtevam z vidika varčevanja z energijo, ohranjanja okolja, zagotavljanja zdravja ljudi in trajnostni rabi naravnih virov. Te zahteve predstavljajo ključne kriterije za oblikovanje trajnostne stavbe.

Ob pregledu različnih metod za vrednotenje trajnostne stavbe je bilo ugotovljeno, da ne ustrezajo konceptu trajnostnega razvoja, ki je bil predstavljen v Rio de Janeiru, leta 1992. Za razvoj načel trajnostne gradnje je namreč pomembno, da so vsi štirje vidiki uravnoteženi. Pri tem morata biti enakovredno zastopana tudi zdravstveni in socialni vidik, saj ju dostikrat zasenčita močna vidika okolja in ekonomije. Temu ustreza le metoda Dovjak in Krainer [3].

V sklopu študije z naslovom »*A Tool for the Design of Sustainable Building Concepts*« [3] je zapisano, da morajo za vsak vidik biti opravljeni štirje koraki: korak 1 - Analiza dejanskega stanja, korak 2 - Opredelitev trajnostnih kazalnikov, korak 3 - Opredelitev ciljev in korak 4 - Končna ocena. Le na tak način se lahko pri načrtovanju trajnostne stavbe zajema njen celotni življenjski cikel. Pri tem mora biti ovoj stavbe zasnovan po poti hierarhije od mikro ravni (lokacija stavbe), mezzo ravni (regija) do makro ravni (Slovenija, EU). Tudi težave, ki se pojavijo, morajo biti urejene na podlagi te hierarhične ravni.

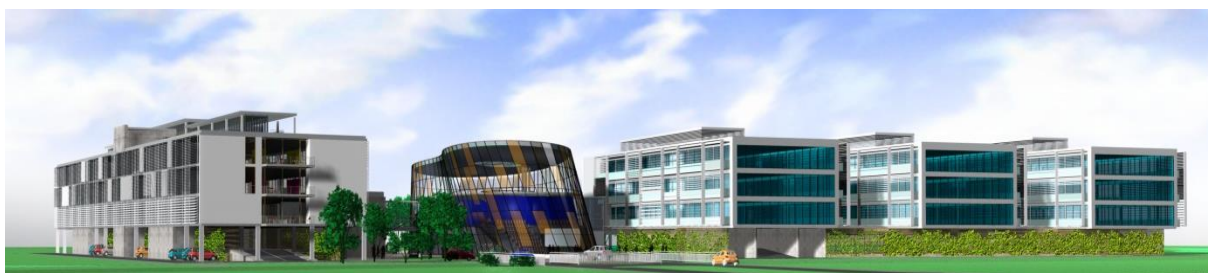
V sklopu metode Dovjak in Krainer [3] so opredeljeni trajnostni kazalniki za vse vidike, na katerih bo temeljil drugi del diplomske naloge.

3 OCENA NOVOGRADNJE UL FKKT IN UL FRI PO METODI DOVJAK IN KRAINER

Po zgledu tujih univerz se tudi pri nas, v Ljubljani na obrobju Rožnika, vzpostavlja visokošolski in raziskovalni, naravoslovni in tehnološki kampus. V neposredni bližini Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani (UL BF), Nacionalnega inštituta za biologijo ter študentskih domov se gradita novi fakulteti, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerze v Ljubljani (UL FKKT) in Fakulteta za računalništvo, Univerza v Ljubljani (UL FRI).

3.1 Opis analiziranih stavb

Novogradnjo sestavljajo trije samostojni objekti (Objekt FKKT, objekt FRI in skupni objekt X) medsebojno povezani z lebdečim transparentnim steklenim mostom. Stavbi fakultet sta dvignjeni nad teren. Pod njima sta ločeni funkcionalni enoti dveh dvoetažnih parkirišč [22].



Slika 4: Objekt FRI, objekt X in objekt FKKT [23]

3.1.1 Osrednji objekt X

Po projektni nalogi je predvideno skupno število študentov, profesorjev in drugih, približno 3000. Ker so nekatere funkcije obeh fakultet skupne, se le-te združujejo v objektu X.

Monolitna stavba organske oblike je namenjena obema fakultetama in javni uporabi. Osrednja avla je razdeljena na tri nivoje. Na nivoju terena (pritličje) je glavni vhod za uporabnike in obiskovalce fakultet. Tu je tudi dostop do skupne velike dvorane s 300 sedeži. V pritličju se nahajajo tudi kavarna, založba, skriptarnica in kopirnica. Klet je namenjena strojnim in elektroinstalacijam, servisnemu delu čistil, servisnemu delu gostinskega programa in dodatnim sanitarijam za skupne potrebe obiskovalcev. Del kleti zavzema avditorij velike dvorane v pritličju. Prvo nadstropje predstavlja glavno stičišče obeh fakultet, kjer osrednji objekt X prečka glavno vzdolžno avlo, z vhodom v stavbi Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakultete za računalništvo in informatiko. V 1. nadstropju osrednjega objekta X je še vhod v veliko dvorano FKKT s 184 sedeži, ter v knjižnico, ki je dvoetažna. Na najvišjem nivoju (2. nadstropje) se nahajata dvoetažna knjižnica in restavracijski del, katerega sestavni del je tudi klub [22].

3.1.2 FKKT - Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Stavba je po tlorisu sestavljena iz vzdolžnega kubusa in treh prečnih vzporednih stavbnih kril v 1., 2. in 3. nadstropju. Osrednja javna komunikacija - avla poteka po celotnem vzdolžnem krilu. Ob obeh straneh tega prostora se nahajajo t. i. "javni deli" posameznih kateder s predavalnicami, študentskimi laboratoriji in učilnicami. Prehod v prečna krila pomeni tudi prehajanje k t. i. "internemu delu", kajti tam se nahajajo posamezne katedre ter dekanat. Laboratoriji so pozicionirani v vzdolžnem krilu v pritličju (na nivoju terena) in deloma v kleti. Ob južni stranici je v kleti predviden pas s skladišči, arhivi in dvovišinskim pilotnim laboratorijem. V deloma nadkritej pritličju in v kleti se nahaja dvoetažna garaža. Ob glavni avli so locirane tudi amfiteatralne predavalnice večje etažne višine po dve, ena nad drugo, v prerezu s tremi nivoji. Vertikalno avlo povezuje široko zastekljeno stopnišče. Svetlobnik optično povezuje vse tri nivoje in z uporabo refleksnih površin spušča južno sonce v prostor. Proti severu se odpirajo lepi pogledi na pobočje Rožnika [22].

3.1.3 FRI - Fakulteta za računalništvo in informatiko

Monolitna zasnova stavbe FRI je vsebinsko razdeljena v horizontalni smeri. Tako kot tudi pri FKKT, gre za dva glavna sklopa: spodnji dve etaži (klet in pritličje) sta namenjeni parkiranju, skladiščem, arhivom, inštalacijskim prostorom, zgornje tri pa študijskemu delu. Vse predavalnice in računalniške učilnice, in s tem glavni tok študentov, so pozicionirane v glavni vstopni etaži, to je v 1. nadstropju. V 2. in 3. nadstropju se nahajajo laboratoriji, kabineti ter službe dekanata. V vzdolžni smeri poteka vertikalna avla, ki je osvetljena z naravno svetlobo z vrha stavbe. Hodniki v 1., 2. in 3. nadstropju potekajo v vzdolžni smeri in se na severnem in južnem koncu končajo s steklenimi stenami in balkoni, ter nudijo sproščujoče poglede na Rožnik ter proti Barju in Krimu. Večji predavalnici, ki sta oblikovani amfiteatralno, imata glavne vhode v 1. nadstropju, kjer so tudi vse ostale manjše predavalnice in računalniške učilnice in se spuščata do pritličja [22].



Slika 5: Objekt FRI, objekt X in objekt FKKT [23]

3.2 Oblikovna zasnova

3.2.1 Osrednji objekt X

Objekt pripada obema fakultetama. Zgradba je skupna in monolitna, katere ovoj je izpeljanka več delov krožnic. Tlorisna forma se v posamičnih etažah pomika in rotira po svoji daljši osi, tako da izoblikuje nepravilen lik, ki pa ima natančno matematično določljive parametre [22].

Če sta fakulteti v pretežnem delu zastrti s pomičnimi brisoleji (brisse soleili), je objekt X drugačne narave. Je še bolj odprt, tako da se zunanost spaja z notranjostjo. Prostori, kot so knjižnica, avla, restavracija in klub izkoriščajo izjemno lokacijo tako, da so lahko popolnoma odprti proti zunanosti, ali pa so zastrti - zasenčeni s senčili v vmesnem fasadnem prostoru. Sama zunanja podoba, torej podoba zunanje opne ostaja ista – steklena [22].

3.2.2 FKKT - Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

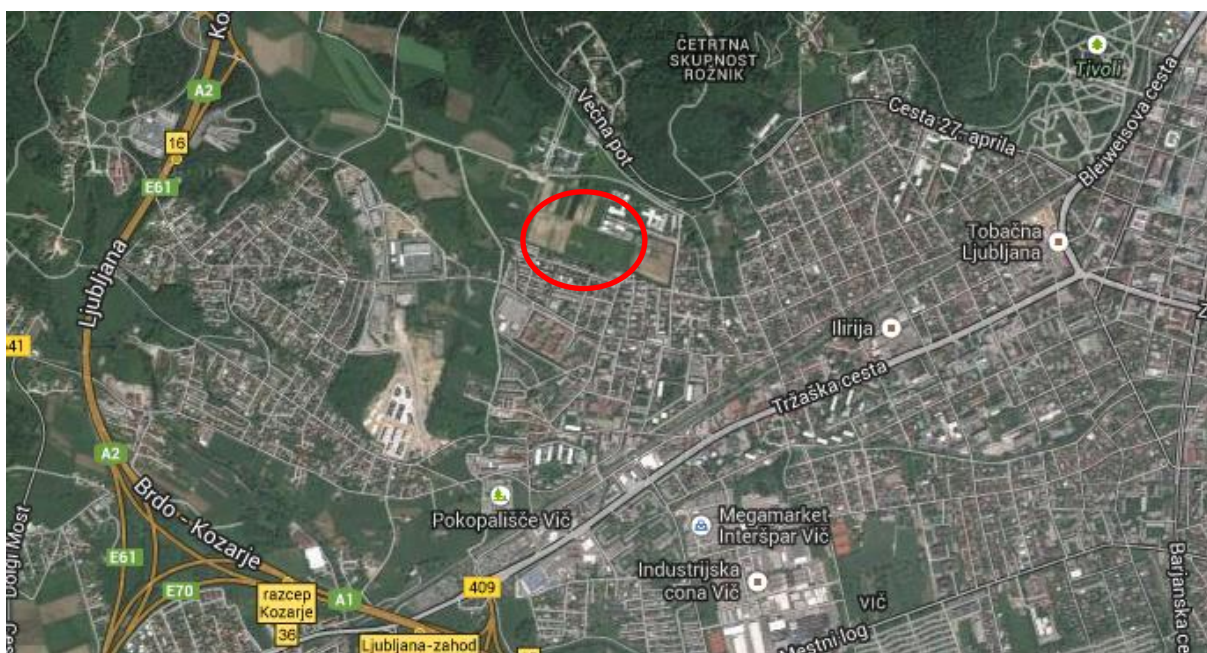
Površina te fakultete zavzema precejšen del grajenega prostora. Tehnično je ta del zahtevnejši kot drugi dve zgradbi. To se odraža predvsem v tehnološko inštalacijskem delu, sam oblikovni pristop pa je primerljiv z objektom FRI. Trije kraki so odprti proti gozdu, vodi, Rožniku, vmesni zalivi pa v smeri proti Rožniku razrahljajo celotno stavbno telo. Elementi fasade na vseh daljših stranicah treh krakov so sestavljeni iz več fasadnih plasti. Prva plast fasade, ki loči zunanost in notranjost je zasteklitev, naslednja plast je vmesni prostor "zunanjih servisnih balkonov", kot zadnja plast pa je plast gibljivih brisolejev. Ti so sloj delovnega udobja, gibljivi okoli horizontalne ali vertikalne osi se prilagajajo poziciji sonca, delovnim zahtevam, letnim časom. "Zeleni podstavek" - fasada parkirnih nivojev, ovije parter hiše na severni, zahodni in vzhodni stranici. Severna fasada proti Rožniku in gozdu je nad nivojem parkirišč bolj odprta in brez zaslonov opisanih zgoraj. Južna fasada povezovalnega dela je delno zastrta z brisoleji, kot na vzhodnih in zahodnih delih FKKT, predeli dvoran pa so oblikovani kot dve bolj enotni, zaprti površini [22].

3.2.3 FRI - Fakulteta za računalništvo in informatiko

Stavba FRI je zasnovana izrazito podolgovato in zavzema skoraj celo dolžino vzhodnega parcelnega roba. Zgornji, študijski del lebdi nad "zelenim podstavkom". Podobno kot pri FKKT je zgornji del fasade večplasten, brisoleji pa so glavni element, ki definira fasado. »Zeleni podstavek« zapira zgornji del kleti in pritličje, kjer sta zračna parkirna nivoja. Pritlični del AB konstrukcije pod glavnim delom stavbe ter nižji dvoranski del na zahodni strani imajo fasado v vidnem betonu s toplotno izolacijo na notranji strani [22].

3.3 Lokacija in orientacija stavb

Vsi trije objekti ležijo v zelenem okolju sredi mesta Ljubljana. Objekte obdajajo gozd, voda in travniki. V neposredni bližini se nahaja Biotehnična fakulteta, zato se bo z novimi fakultetami začelo vzpostavljati visokošolsko in znanstveno raziskovalno območje mesta. Objekti imajo dobro prometno povezavo, saj je v bližini poteka severna obvoznica in s tem povezava do letališča. Omogočen je tudi javni prevoz, ki bi ob povečanju kapacitete potnikov verjetno vzpostavil tudi nove vozne linije. Da bo ta del mesta postal pomembno konferenčno in znanstveno območje, mu omogoča tudi bližina kongresno-hotelskega centra MONS in bližina Tehnološkega parka. Lokacija omogoča tudi nadaljnje razširitve, saj so površine okoli objektov nepozidane [22].



Slika 6: Lokacijska postavitev novogradenj [24]

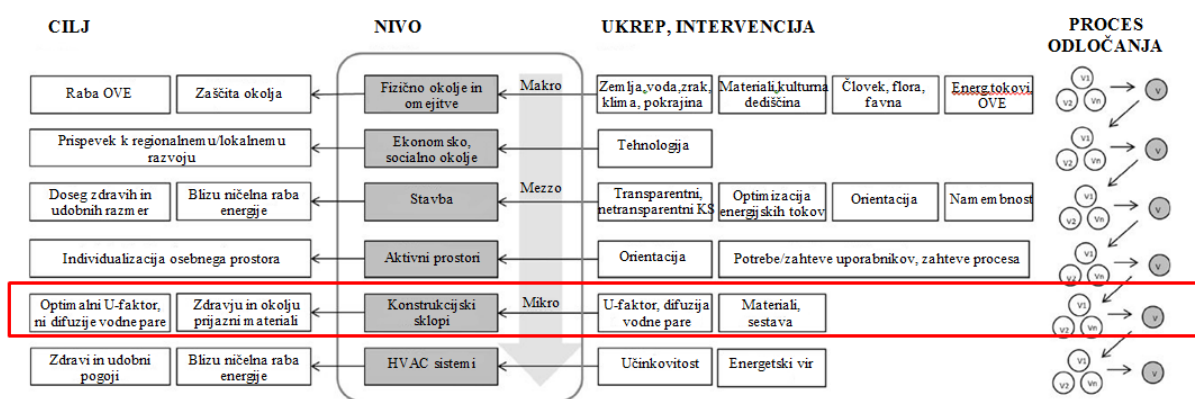
Nove stavbe so v prostoru primerno orientirane in s tem dobro izkoriščajo sončni potencial. Južni strani obeh fakultet sta zelo zastekljeni, saj tako poskrbijo za čim boljšo osvetljenost prostorov in omogočajo prehajanje sončne toplote. Severni deli objektov pa so manj zastekljeni. Predvidevamo, da je, zagotovljena zadostna osvetljenost in da zaradi manjše zasteklitve ne pride do prevelikih toplotnih izgub. Za potrditev te teze bi bilo potrebno narediti nadaljnje izračune.



Slika 7: Zastekljena južna stran objekta FKKT

3.4 Metoda Dovjak in Krainer na obravnavani novogradnji

Nadgrajeno metodo Dovjak in Krainer [3] smo preizkusili na prej omenjenih novogradnjah. Osredotočili smo se le na mikro raven, nivo konstrukcijskih sklopov, ki zahteva račun toplotne prehodnosti, difuzije vodne pare ter pregled sestav konstrukcijskih sklopov in njihovih materialov.



Slika 8: Strategija načrtovanja trajnostnih konceptov stavb [povzeto po 3]

Konstrukcijski sklop mora, poleg drugih zahtev, še posebej ustrezati 3. (Higiena, zdravje in okolje), 6. (Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote) in 7. (Trajnostna raba naravnih virov) osnovni zahtevi za gradbene objekte Uredbe (EU) št. 305/2011 [13].

4. člen Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [25] stavb pravi, da se lahko v stavbe vgrajujejo samo gradbeni proizvodi, ki so bili dani v promet v skladu s predpisi o gradbenih proizvodih. Pri projektiranju je treba predvideti uporabo materialov z najnižjo emisijo z upoštevanjem značilnosti vlažnosti, enostavnosti čiščenja, trajnosti in zahtevanih lastnosti sestave sendvič konstrukcij [25].

Iz napisanih zahtev zato sledi ugotovitev, da mora stavbni ovoj:

- vsebovati »zdrave« materiale in s pravilnim načrtovanjem le teh preprečiti nastanek vlage
- zagotavljati nizke stroške ogrevanja/hlajenja in vzdrževanja
- biti trajnostno naravnan
- nuditi primerno bivalno in delovno udobje

Konstrukcijske sklope smo pregledali s pomočjo računalniškega programa TEDI [26], kateri je namenjen računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) [27] in po Tehnični smernici za graditev [28].

Iz projektne dokumentacije novogradenj smo si izbrali tipične konstrukcijske sklope, ki se tudi največkrat pojavijo v omenjenih stavbah. Obravnavali smo različne konstrukcijske sklope, in sicer za primer zunanje stene, tal, strehe in medetažne konstrukcije.

Pregledali smo tudi sestavo konstrukcijskih sklopov in se posebej osredotočili na materiale, ki bi lahko negativno vplivali na zdravje ljudi.

3.5 Analiza izvedbe konstrukcijskih sklopov obravnavane novogradnje s pomočjo računalniškega programa TEDI

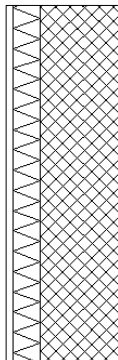
Konstrukcijske sklope smo preverili s pomočjo računalniškega programa TEDI [26]. Račun toplotne prehodnosti, analize toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope je pomemben, da ugotovimo, ali konstrukcijski skopi ustrezajo zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) [27] in Tehnične smernice za graditev [28].

Primernost površinskih temperatur pa smo vrednotili s pomočjo relevantnih študij. Površinska temperatura ima vpliv na toplotno udobje v prostoru. Franger [29] navaja, da se toplotno udobne razmere v prostoru lahko dosežejo kot kombinacija temperature zraka in temperature površin. Študije (Dovjak [30], Dovjak s sod. [31]) pa navajajo, da se človek bolj udobno počuti pri nekoliko višjih površinskih temperaturah in nekoliko nižji temperaturi zraka (v zimskem obdobju). Površinska temperatura pa ima v kombinaciji z vlažnostjo zraka tudi vpliv na rast in razvoj plesni. Študija (Pajek s sod. [32]) navaja, da se plesen pojavlja predvsem na mestih, kjer se zaradi nizkih površinskih temperatur konstrukcijskih sklopov, kondenzira vodna para, ki jo vsebuje notranji zrak.

3.5.1 Konstrukcijski sklop - zunanja stena

3.5.1.1 Tipična fasada

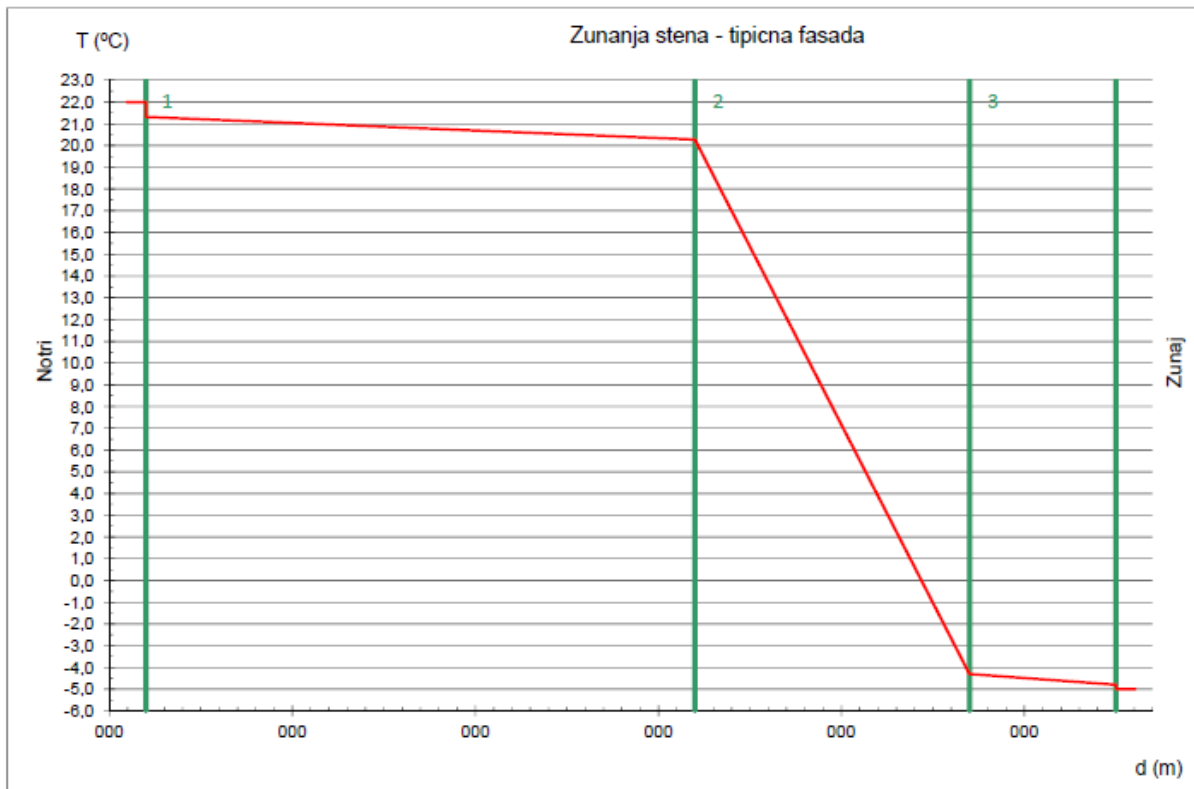
Preglednica 3: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena - tipična fasada

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			AB stena	30	
			Hidravlično vezivno lepilo	0,4	
			Ekspandirani polistiren	15	
			Osnovni brez cementni nanos	0,3	
			Cement akrilatno lepilo	0,5	
			Keramične ploščice	0,8	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,194	<	U _{max} = 0,280	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	21,3	20,3
Kondenz nastaja v plasti št.	2		2	20,3	- 4,3
Čas potreben za izsušitev [dni]	43		3	- 4,3	- 4,8
Toplotna stabilnost					
Temperaturno dušenje	778,07				
Temperaturna zakasnitev [ura]	13,6				
Površinska temperatura [°C]	21,3				

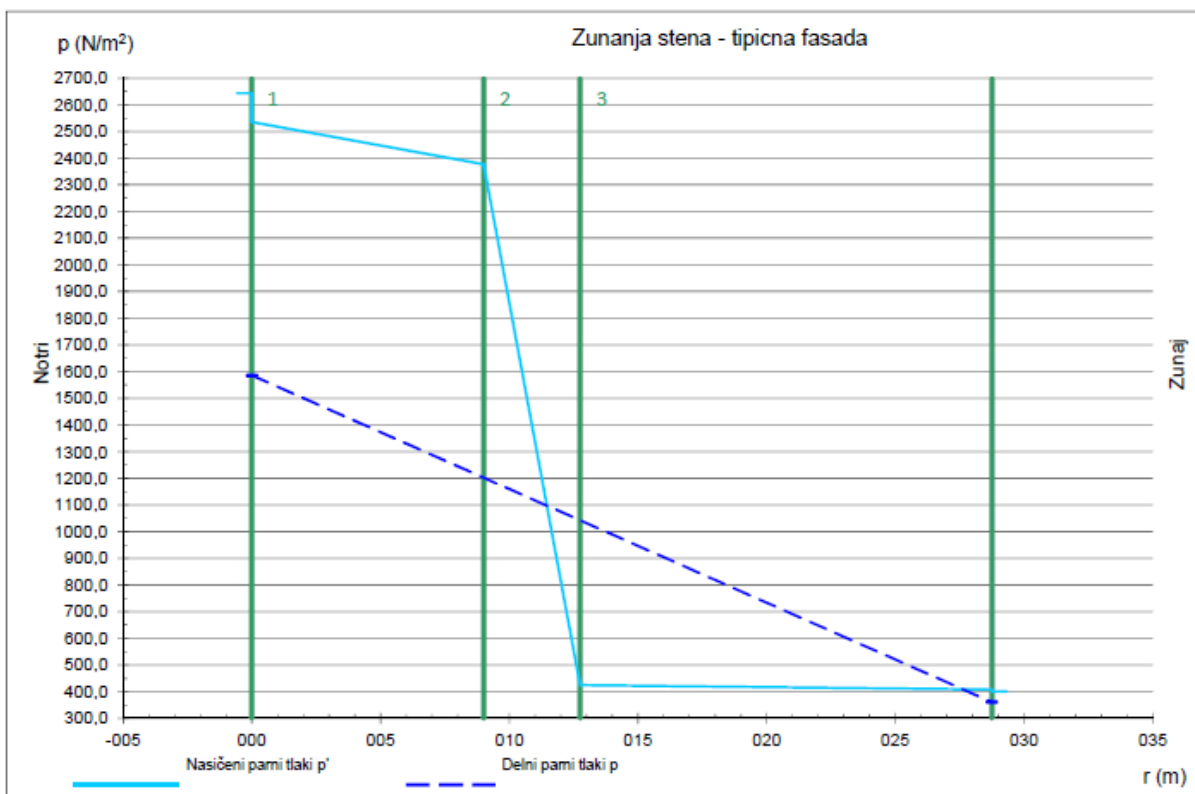
Izračun pokaže, da konstrukcijski sklop ustreza zahtevam toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare v skladu s PURES 2010 [27].

Konstrukcijski sklop ima primerno dušenje in ustrezno temperaturno zakasnitev.

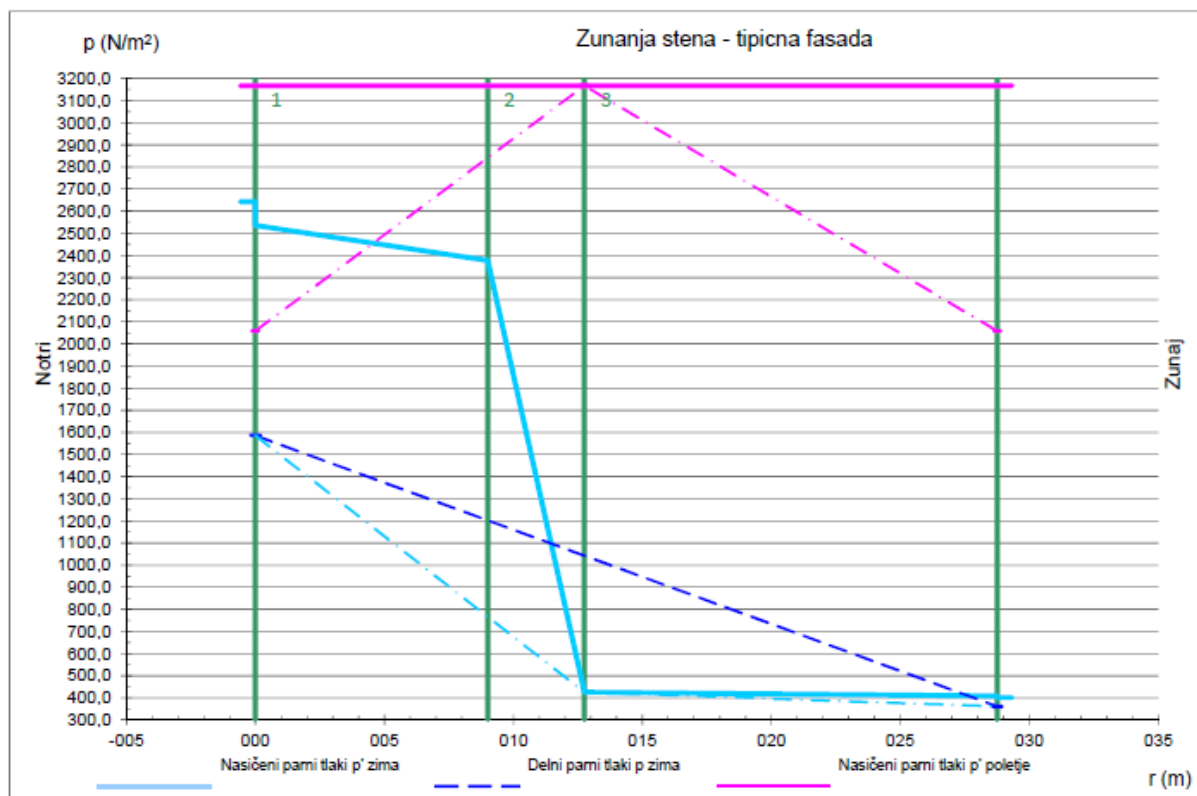
Površinska temperatura je primerna.



Grafikon 1: T - d diagram za tipično fasado



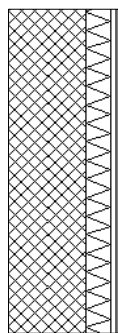
Grafikon 2: p - r diagram za tipično fasado



Grafikon 3: p - r diagram (vlaženje in sušenje) za tipično fasado

3.5.1.2 Tipična fasada iz vidnega betona

Preglednica 4: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena - tipična fasada iz vidnega betona

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			Mavčno kartonaste plošče	1,25	
			Polietilenska folija	0,5	
			Mavčno kartonaste plošče	1,25	
			Mineralna volna (5 cm med lesenimi letvami in dodatno 3 cm)	8	
			AB stena	30	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,351	>	U _{max} = 0,280	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	20,8	20,2
Kondenz nastaja v plasti št.	/		2	20,2	20,2
Čas potreben za izsušitev [dni]	/		3	20,2	19,6
Toplotna stabilnost			4	19,6	- 2,7
Temperaturno dušenje	182,05		5	- 2,7	- 4,6
Temperaturna zakasnitev [ura]	9,62				
Površinska temperatura [°C]	20,8				

Konstrukcijski sklop ne ustreza kriteriju toplotne prehodnosti. Z računalniškim programom TEDI smo ponovno izračunali, koliko toplotne izolacije je potrebno, da bo toplotna prehodnost manjša od 0,28 W/m²K. Kriterij izpolnimo s toplotno izolacijo debeline 12 cm, pri kateri je $U_{izr} = 0,249$ W/m²K.

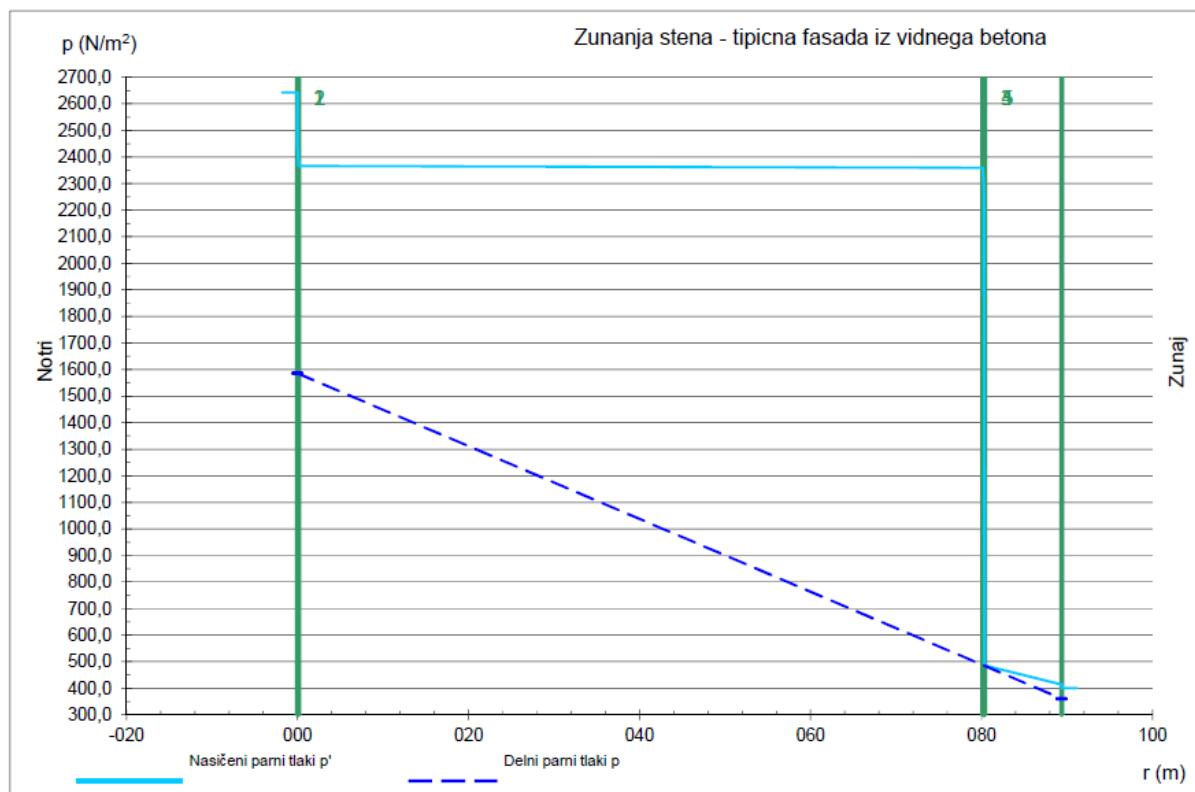
Do kondenzacije v plasteh konstrukcijskega sklopa ne pride.

Doseženo je ustrezno temperaturno dušenje in primerna temperaturna zakasnitev.

Primerna je tudi površinska temperatura.



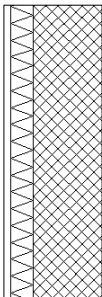
Grafikon 4: T - d diagram za tipično fasado iz vidnega betona



Grafikon 5: p - r diagram za tipično fasado iz vidnega betona

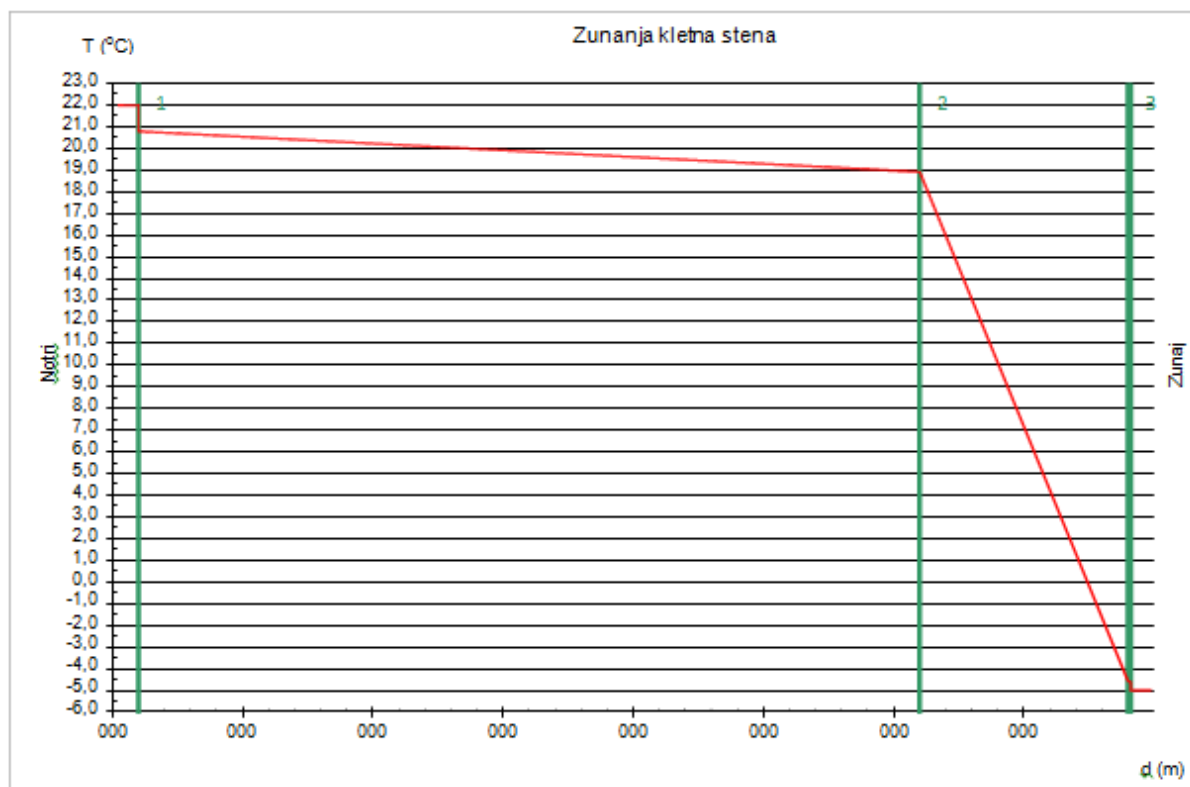
3.5.1.3 Zunanja kletna stena proti ogrevanim prostorom

Preglednica 5: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena – zunanja kletna stena proti ogrevanim prostorom

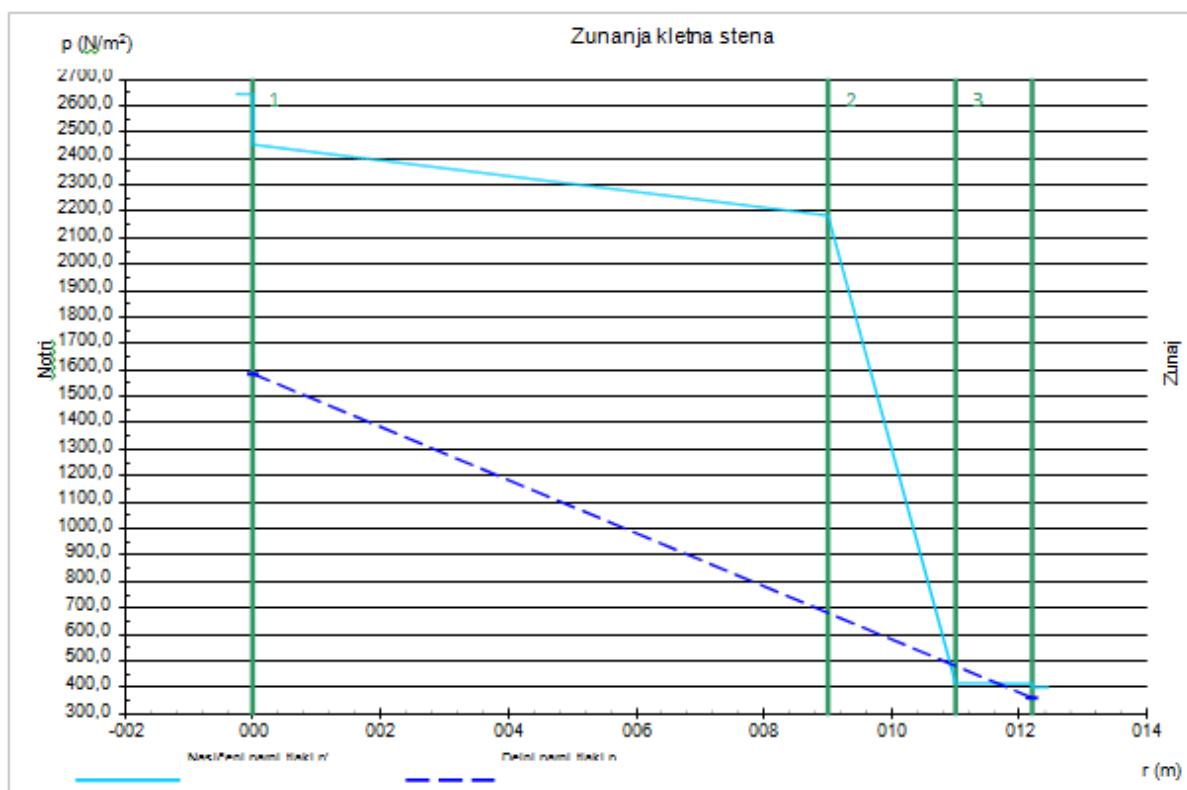
Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			AB stena	30	
			Ekspandirani polistiren	8	
			Samolepilna folija na bazi HDPE	/	
			Zasutje z nasipnim materialom	/	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,348	>	U _{max} = 0,280	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	20,8	18,9
Kondenz nastaja v plasti št.	2		2	18,9	- 4,6
Čas potreben za izsušitev [dni]	5		3	- 4,6	- 4,6
Toplotna stabilnost					
Temperaturno dušenje	223,92				
Temperaturna zakasnitev [ura]	8,66				
Površinska temperatura [°C]	20,8				

Konstrukcijski sklop ne ustreza kriteriju toplotne prehodnosti. Z računalniškim programom TEDI smo ponovno izračunali, koliko toplotne izolacije je potrebno, da bo toplotna prehodnost manjša od 0,28 W/m²K. Kriterij izpolnimo s toplotno izolacijo debeline 12 cm, pri kateri je U_{izr} = 0,243 W/m²K.

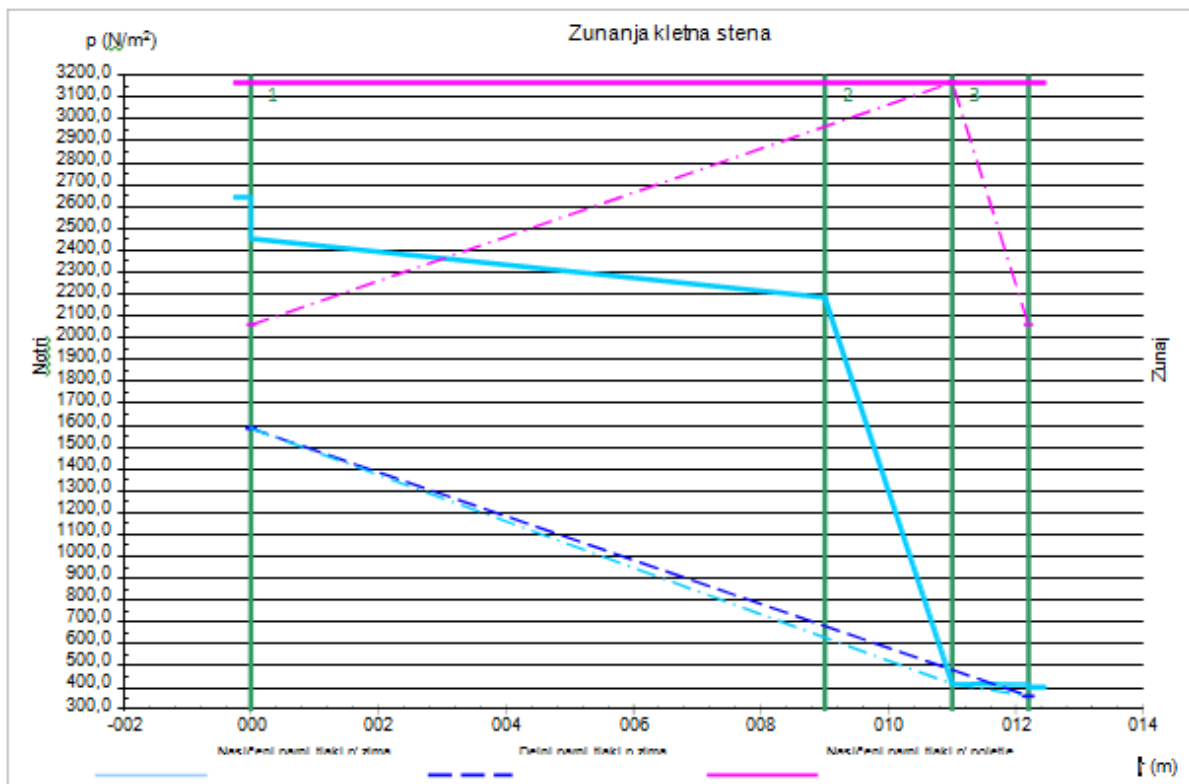
Toplotno udobje je zagotovljeno, saj imamo ustrezno temperaturno dušenje, primerno temperaturno zakasnitev in površinsko temperaturo.



Grafikon 6: T - d diagram za zunanjo kletno steno



Grafikon 7: p - r diagram za zunanjo kletno steno

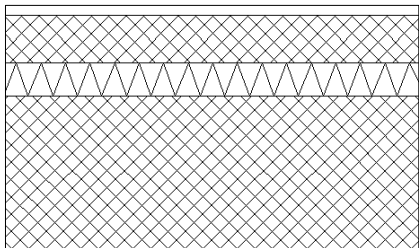


Grafikon 8: p - r diagram (vlaženje in sušenje) za zunanjo kletno steno

3.5.2 Konstrukcijski sklop - tla

3.5.2.1 Velika dvorana

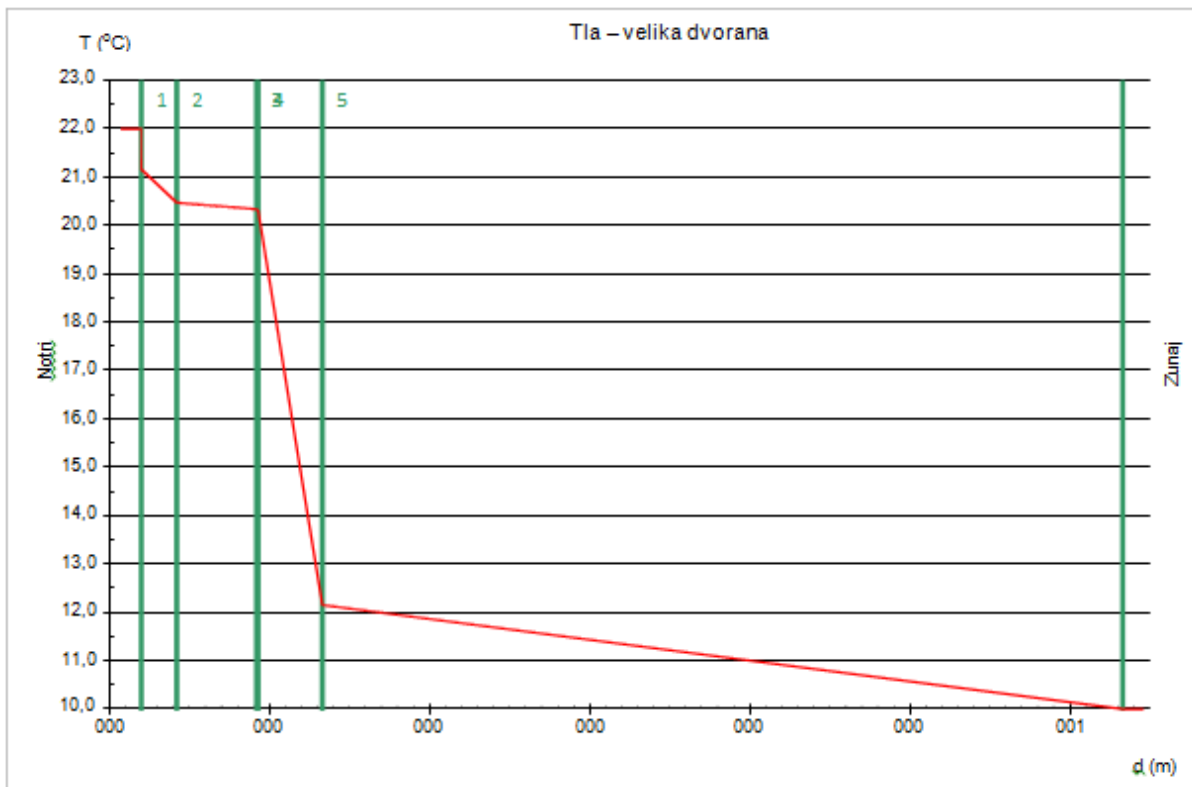
Preglednica 6: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa tla - velika dvorana

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			Tehno parket	2,2	
			Izravnalna masa	0,3	
			Mikroarmiran beton	5	
			Polietilenska folija	0,5	
			Ekspandirani polistiren	4	
			AB temeljna plošča	50	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,543	>	U _{max} = 0,3	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	21,2	20,5
Kondenz nastaja v plasti št.	/		2	20,5	20,3
Čas potreben za izsušitev [dni]	/		3	20,3	20,3
Toplotna stabilnost			4	20,3	12,2
Temperaturno dušenje	1145,59		5	12,2	10,0
Temperaturna zakasnitev [ura]	16,6				
Površinska temperatura [°C]	21,2				

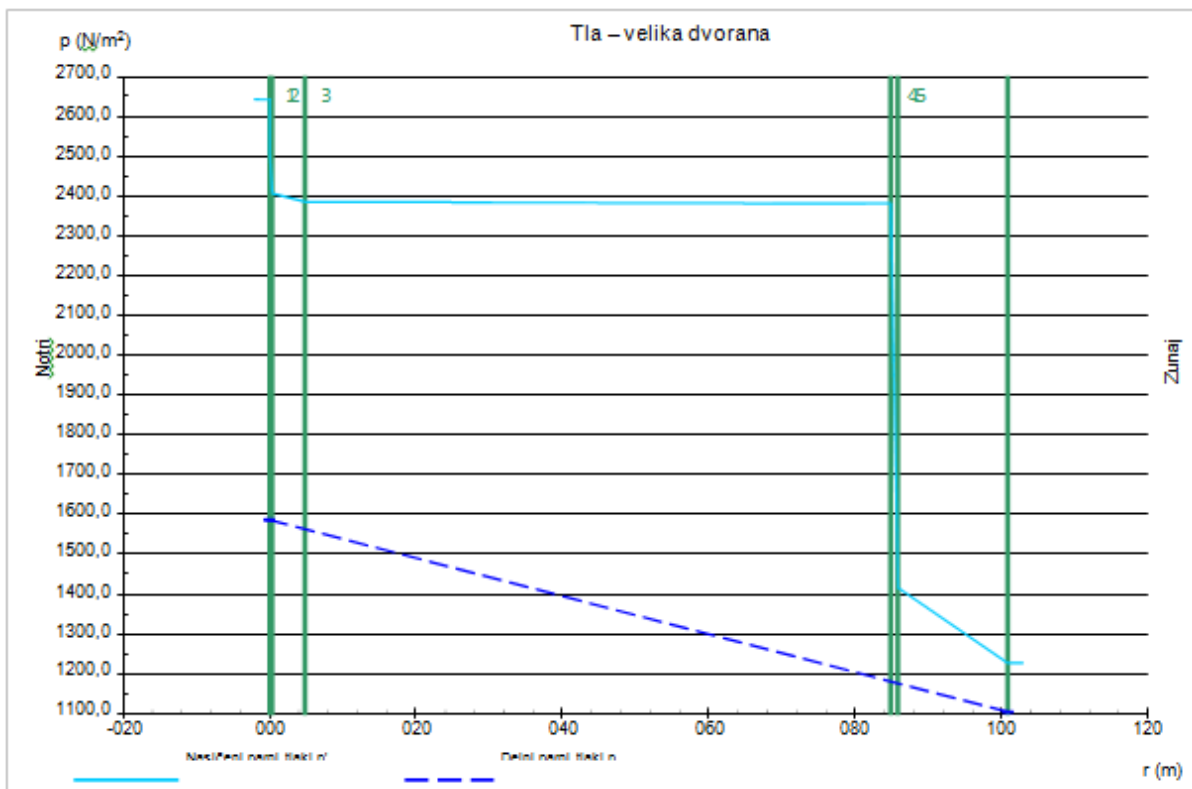
Konstrukcijski sklop ne ustreza kriteriju toplotne prehodnosti, saj je premalo toplotne izolacije. Z računalniškim programom TEDI smo ponovno izračunali, koliko toplotne izolacije je potrebno, da bo toplotna prehodnost manjša od 0,3 W/m²K. Kriterij izpolnimo s toplotno izolacijo debeline 10 cm, pri kateri je U_{izr} = 0,269 W/m²K.

Program difuzije vodne pare ne računa, ker pravilnik določa, da ni treba.

Toplotnemu udobju je zadoščeno, saj imamo ustrezno temperaturno dušenje, primerno temperaturno zakasnitev in površinsko temperaturo.



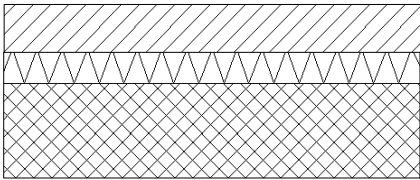
Grafikon 9: T - d diagram za veliko dvorano



Grafikon 10: p - r diagram za veliko dvorano

3.5.2.2 Okrepčevalnica, kavarna

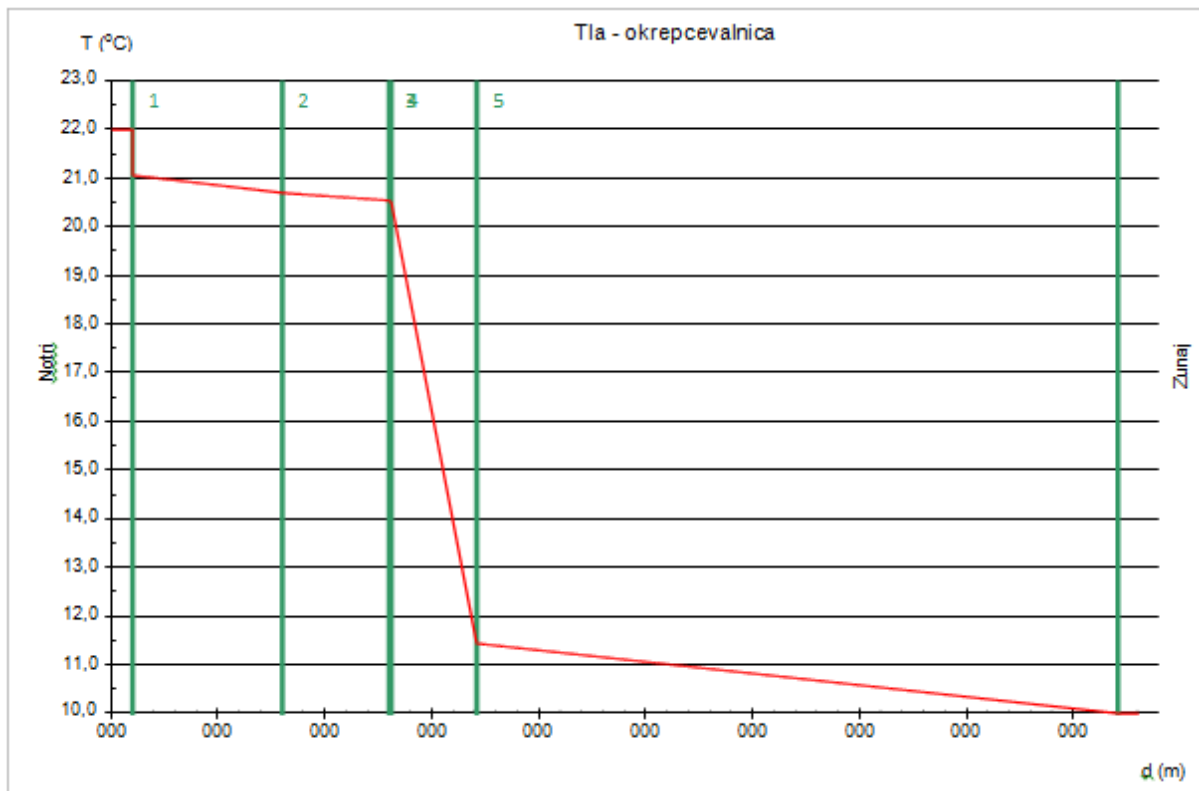
Preglednica 7: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa tla - okrepčevalnica, kavarna

Slika KS		Sestava KS (od znotraj proti zunaj)			
		Material	d [cm]		
		Samorazlivni tlak na osnovi cementa	0,5		
		Cementni estrih	7		
		Polietilenska folija	0,5		
		Ekspandirani polistiren	4		
		AB plošča nad kletjo	30		
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperature na stikih plasti			
U _{izr} = 0,604	>	U _{max} = 0,3	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	21,1	20,7
Kondenz nastaja v plasti št.	/		2	20,7	20,5
Čas potreben za izsušitev [dni]	/		3	20,5	20,5
Toplotna stabilnost			4	20,5	11,4
Temperaturno dušenje	343,18		5	11,4	10,0
Temperaturna zakasnitev [ura]	12,77				
Površinska temperatura [°C]	21,1				

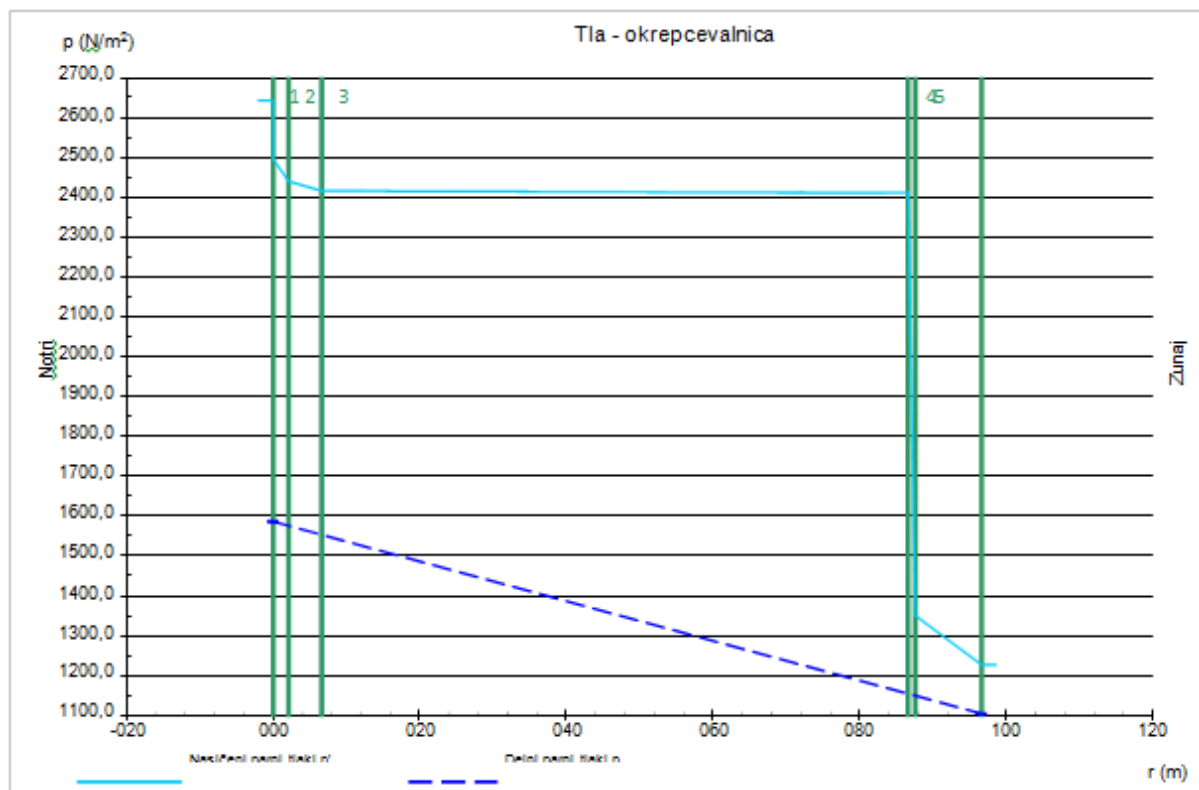
Konstrukcijski sklop ne ustreza kriteriju toplotne prehodnosti, saj je premalo toplotne izolacije. Z računalniškim programom TEDI smo ponovno izračunali, koliko toplotne izolacije je potrebno, da bo toplotna prehodnost manjša od 0,3 W/m²K. Kriterij izpolnimo s toplotno izolacijo debeline 10 cm, pri kateri je U_{izr} = 0,283 W/m²K.

Program difuzije vodne pare ne računa, ker pravilnik določa, da ni treba.

V prostoru je toplotno udobje, saj imamo ustrezno temperaturno dušenje, primerno temperaturno zakasnitev in površinsko temperaturo.



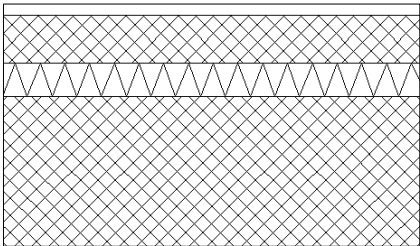
Grafikon 11: T - d diagram za okrepčevalnico



Grafikon 12: p - r diagram za okrepčevalnico

3.5.2.3 Sanitarije

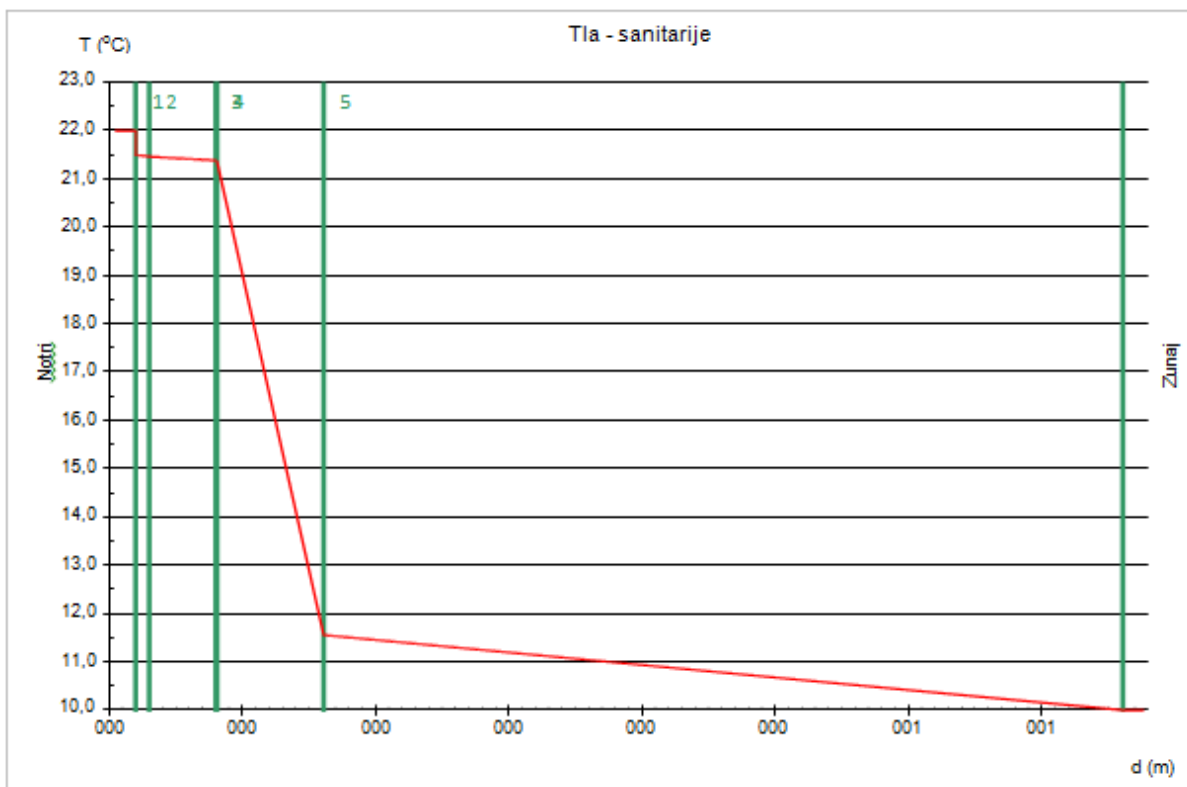
Preglednica 8: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa tla - sanitarije

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			Keramične ploščice	1	
			Cement akrilatno lepilo	0,5	
			Elastični premaz na bazi cementnega polimerizata	/	
			Mikroarmirani beton	5,5	
			Polietilenska folija	0,5	
			Ekspandirani polistiren	8	
			AB temeljna plošča	60	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,327	>	U _{max} = 0,3	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	21,5	21,5
Kondenz nastaja v plasti št.	/		2	21,5	21,4
Čas potreben za izsušitev [dni]	/		3	21,4	21,4
Toplotna stabilnost			4	21,4	11,6
Temperaturno dušenje	2998,00		5	11,6	10,0
Temperaturna zakasnitev [ura]	19,59				
Površinska temperatura [°C]	21,5				

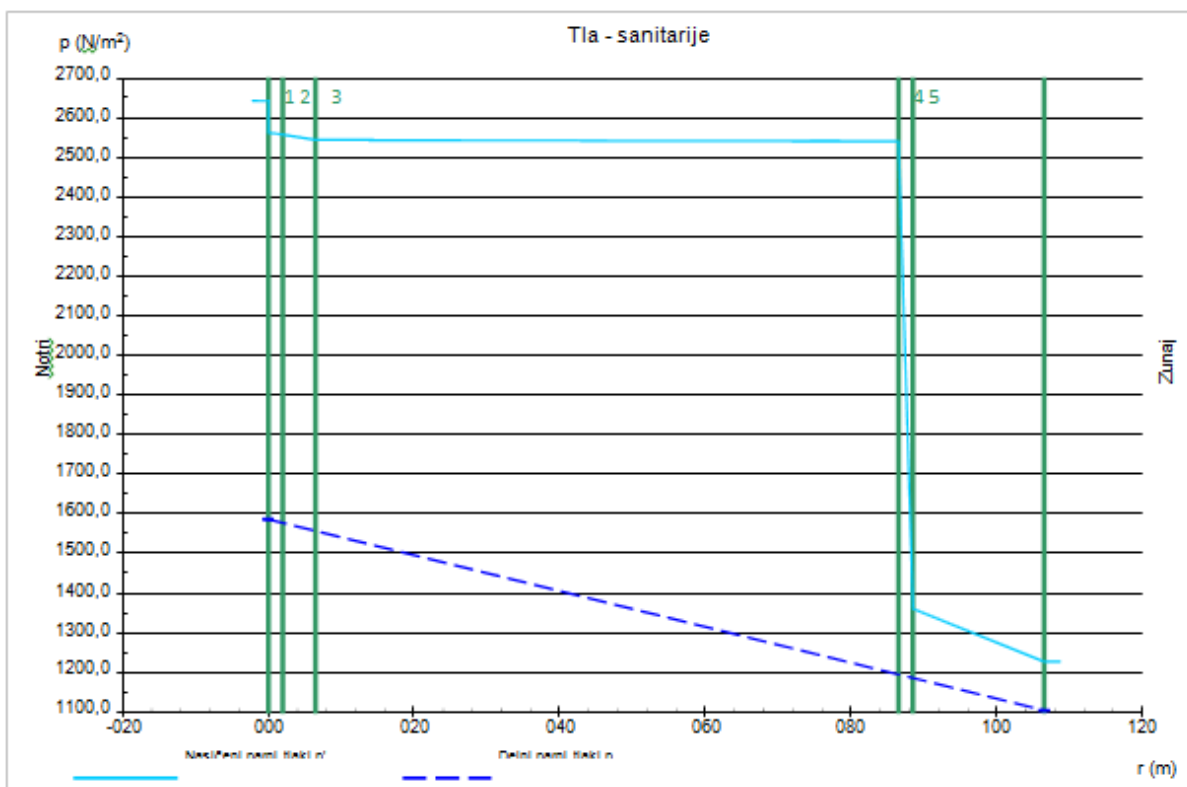
Konstrukcijski sklop ne ustreza kriteriju toplotne prehodnosti, saj je premalo toplotne izolacije. Z računalniškim programom TEDI smo ponovno izračunali, koliko toplotne izolacije je potrebno, da bo toplotna prehodnost manjša od 0,3 W/m²K. Kriterij izpolnimo s toplotno izolacijo debeline 10 cm, pri kateri je $U_{izr} = 0,271$ W/m²K.

Program difuzije vodne pare ne računa, ker pravilnik določa, da ni treba.

Zagotovljeno je toplotno udobje, saj imamo ustrezno temperaturno dušenje, primerno temperaturno zakasnitev in površinsko temperaturo.



Grafikon 13: T - d diagram za sanitarije

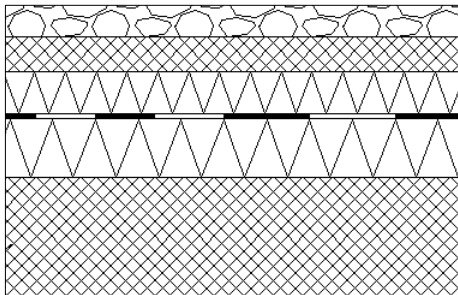


Grafikon 14: p - r diagram za sanitarije

3.5.3 Konstrukcijski sklop - streha

3.5.3.1 Ravna streha – pohodni del

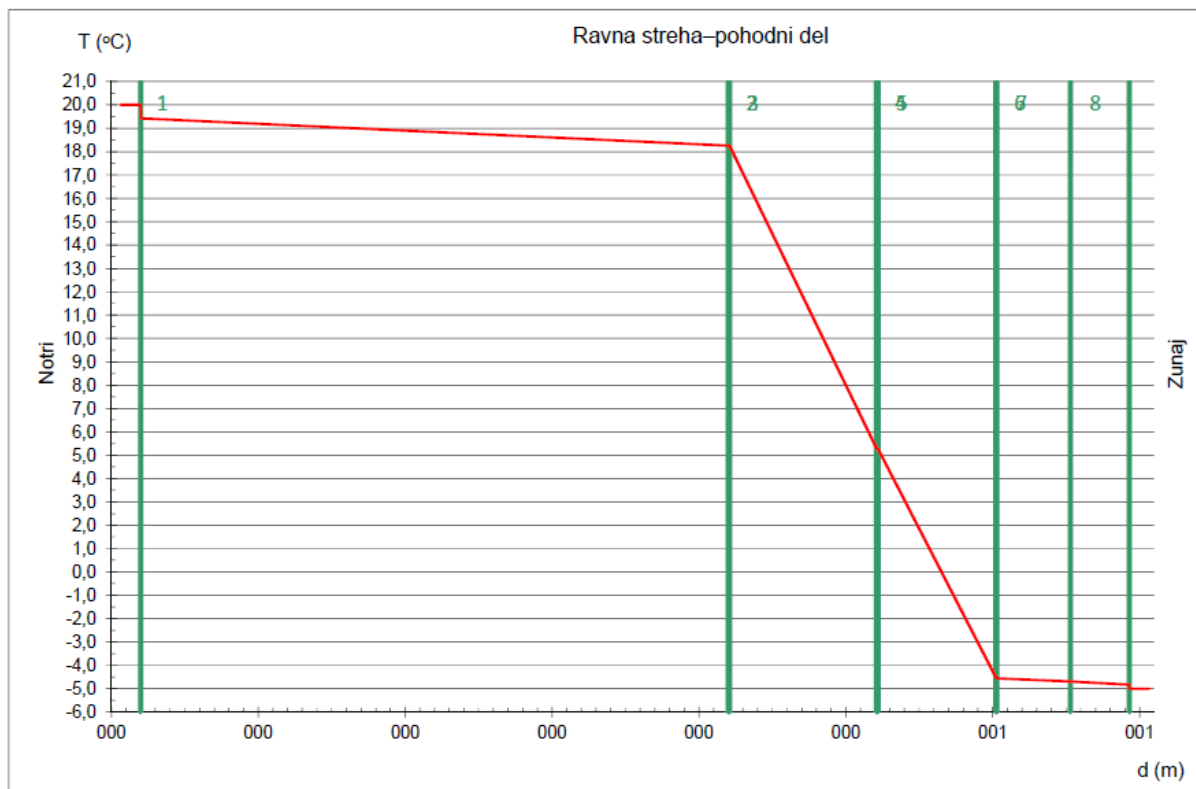
Preglednica 9: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa streha – ravna streha – pohodni del

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			AB medetažna plošča	40	
			Hladni bitumenski premaz	/	
			ALU folija (PZ)	0,5	
			Ekspandirani polistiren	10	
			Bitumenska hidroizolacija	1	
			Ekspandirani polistiren	8	
			Poliestrski filc		
			AB plošča	5	
			Pesek in droban prodec	4	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,176	<	U _{max} = 0,2	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	19,4	18,3
Kondenz nastaja v plasti št.	/		2	18,3	18,2
Čas potreben za izsušitev [dni]	/		3	18,2	5,3
Toplotna stabilnost			4	5,3	5,3
Temperaturno dušenje	1877,03		5	5,3	- 4,5
Temperaturna zakasnitev [ura]	17,91		6	- 4,5	- 4,6
Površinska temperatura [°C]	19,4		7	- 4,6	- 4,7
			8	- 4,7	- 4,8

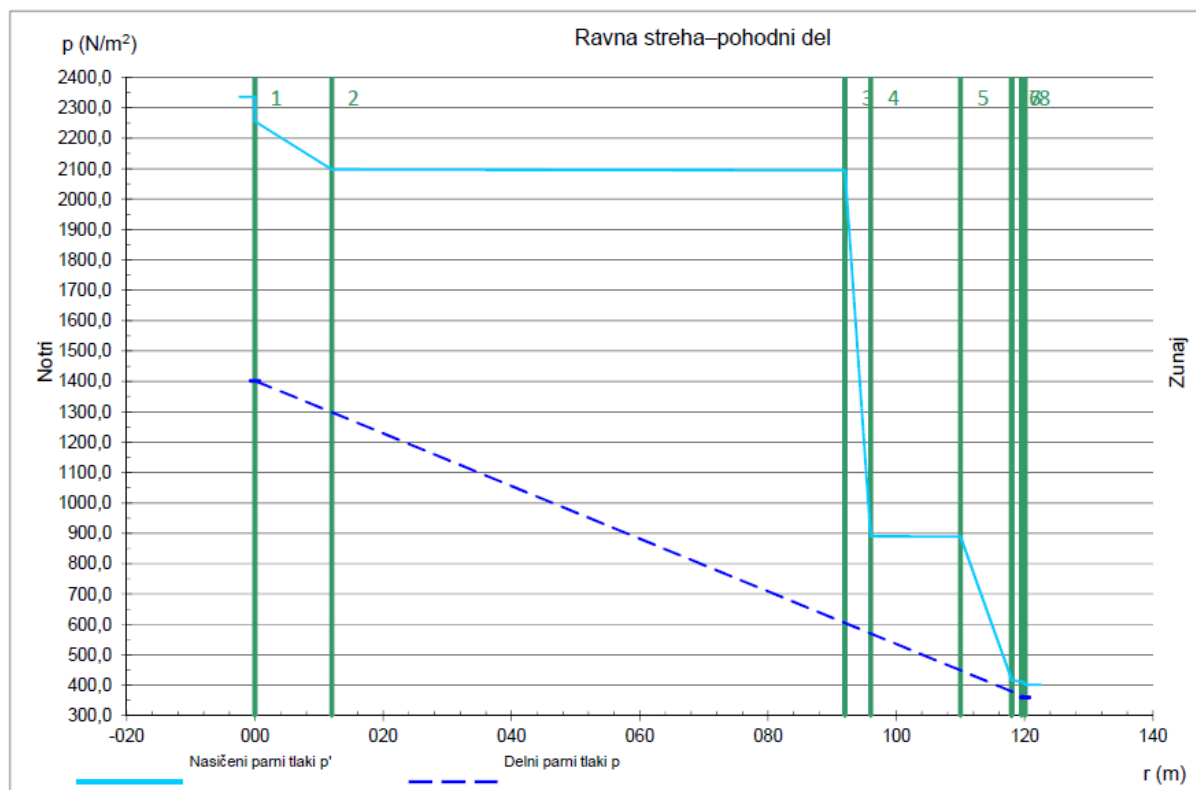
Konstrukcijski sklop ustreza zahtevam toplotne prehodnosti.

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza.

Zagotovljeno je toplotno udobje, saj imamo ustrezno temperaturno dušenje, temperaturno zakasnitev na meji optimalnega in primerno površinsko temperaturo.



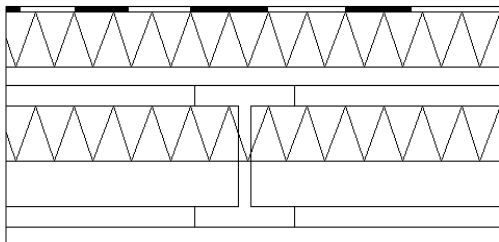
Grafikon 15: T - d diagram za ravno streho - pohodni del



Grafikon 16: p - r diagram za ravno streho - pohodni del

3.5.3.2 Streha nad konzolnim jeklenim stopniščem

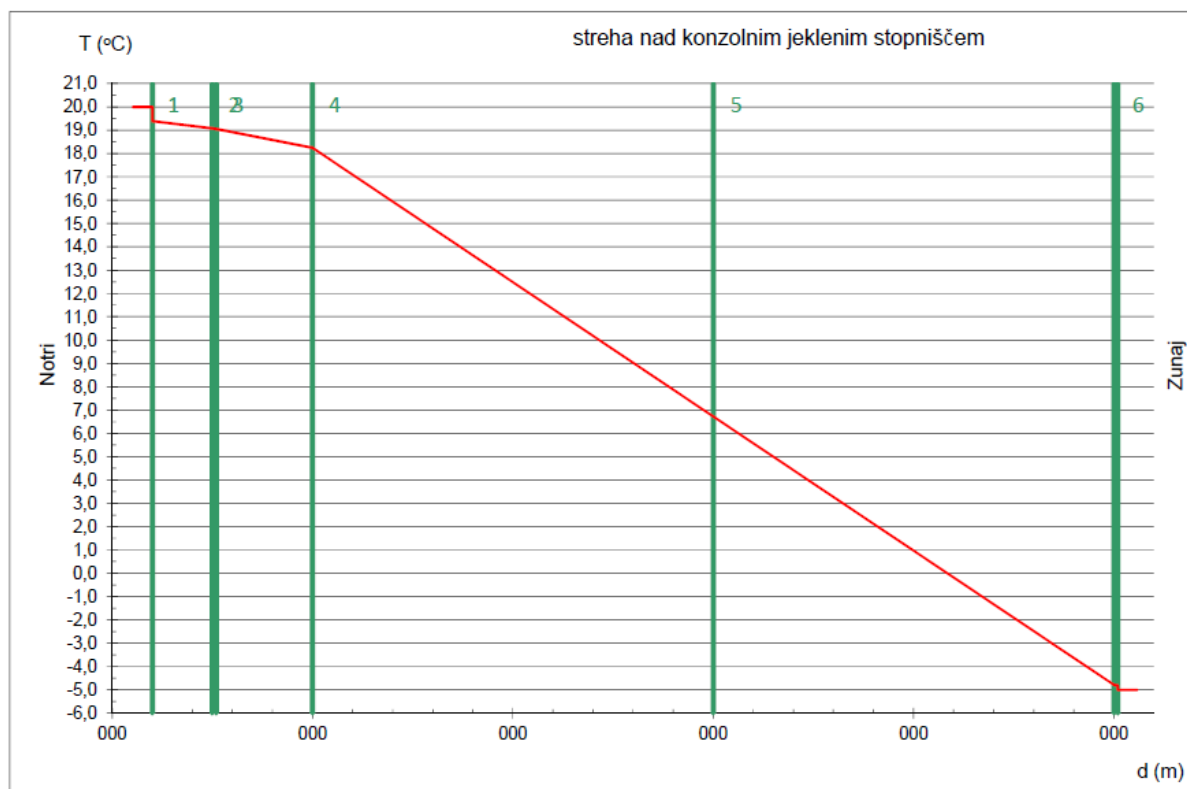
Preglednica 10: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa streha – streha nad konzolnim jeklenim stopniščem

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			Mavčno kartonaste plošče	1,5	
			Zračni prostor	9	
			Polietilenska folija	0,5	
			Mineralna volna	10	
			OSB plošče	2,4	
			Mineralna volna	10	
			Bitumenska hidroizolacija/kritina	1	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 0,189	<	U _{max} = 0,2	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	19,4	19,1
Kondenz nastaja v plasti št.	5	2	19,1	19,1	
Čas potreben za izsušitev [dni]	7	3	19,1	18,2	
Toplotna stabilnost			4	18,2	6,7
Temperaturno dušenje	89,86	5	6,7	- 4,8	
Temperaturna zakasnitev [ura]	9,26	6	- 4,8	- 4,8	
Površinska temperatura [°C]	19,4				

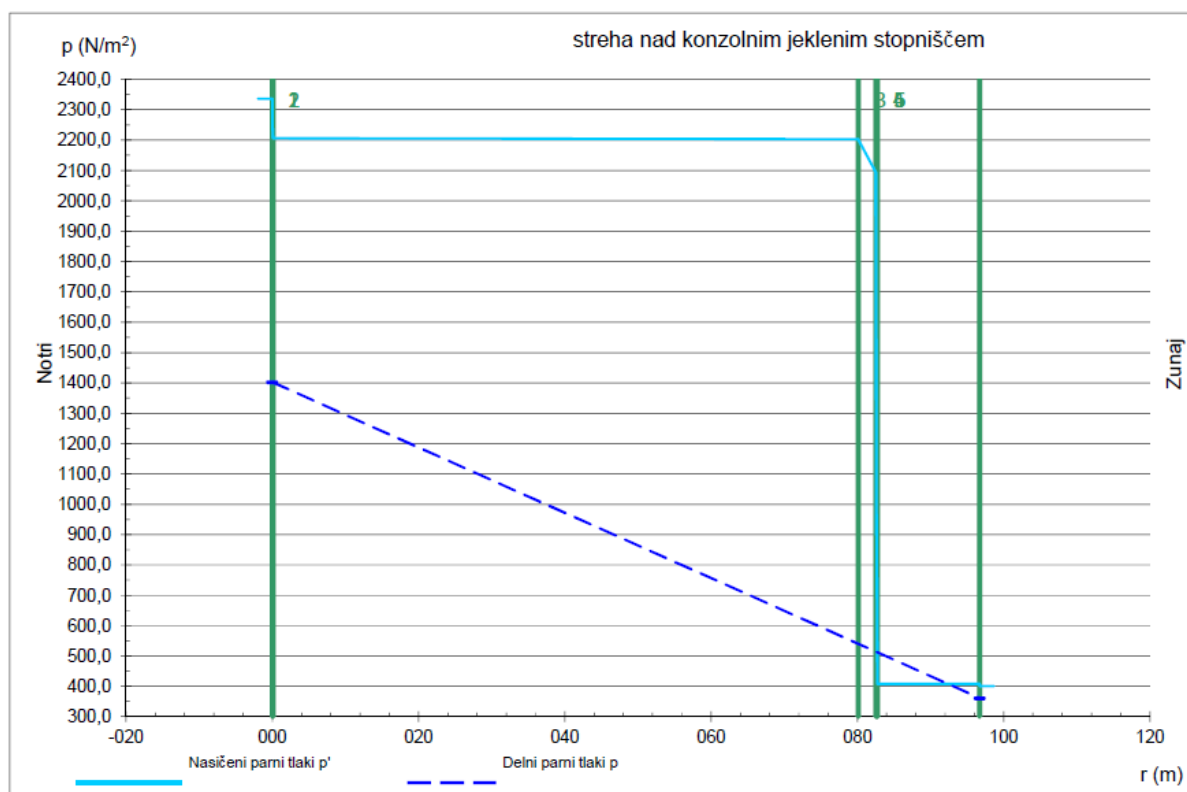
Konstrukcijski sklop ustreza zahtevam toplotne prehodnosti.

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza.

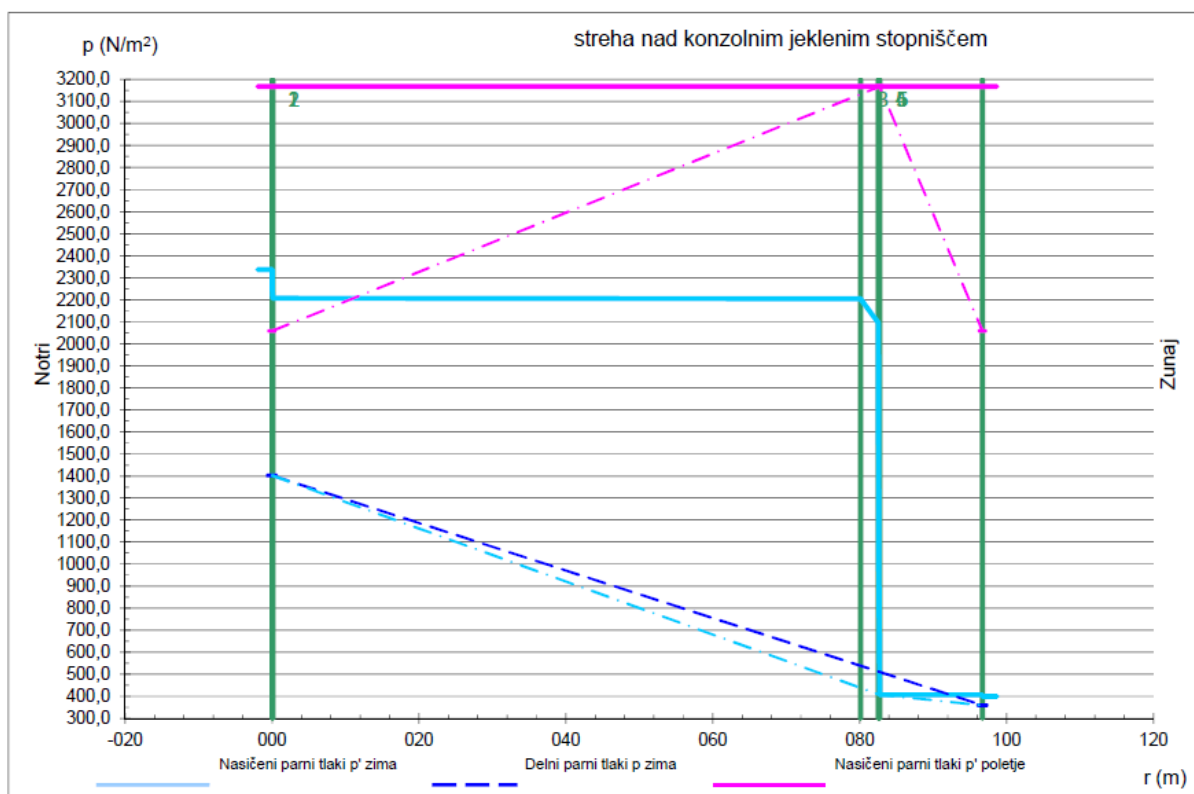
Zagotovljeno je toplotno udobje, saj imamo ustrezno temperaturno dušenje, temperaturno zakasnitev in površinsko temperaturo.



Grafikon 17: T - d diagram za streho nad konzolnim jeklenim stopniščem



Grafikon 18: p - r diagram za streho nad konzolnim jeklenim stopniščem

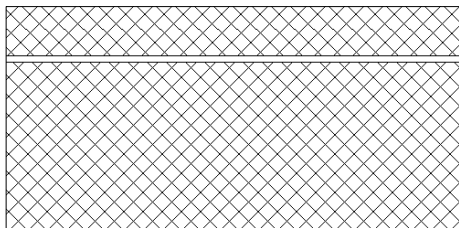


Grafikon 19: p - r diagram za streho nad konzolnim jeklenim stopniščem

3.5.4 Medetažna konstrukcija

3.5.4.1 Velike predavalnice

Preglednica 11: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija - velike predavalnice

Slika KS			Sestava KS (od znotraj proti zunaj)		
			Material	d [cm]	
			Mikroarmirani beton premazan s protiprašnim premazom na bazi tekočega PVC	9	
			Polietilenska folija	1	
			AB medetažna plošča	30	
Toplotna prehodnost [W/m²K]			Temperature na stikih plasti		
U _{izr} = 2,381	>	U _{max} = 1,35	Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare			1	18,3	17,2
Kondenz nastaja v plasti št.	/		2	17,2	15,7
Čas potreben za izsušitev [dni]	/		3	15,7	10,0
Toplotna stabilnost					
Temperaturno dušenje	24,83				
Temperaturna zakasnitev [ura]	11,10				
Površinska temperatura [°C]	18,3				

Program izpiše podatek, da konstrukcijski sklop ne ustreza kriteriju toplotni prehodnosti v PURES-2010 [27]. Glede na robne pogoje, zahteve glede U-faktorja v našem primeru ni potrebno preverjati. Pod veliko predavalnico se nahajajo laboratoriji, kjer je približno enako temperaturno ozračje, zato ni treba dodajati toplotne izolacije.

Program difuzije vodne pare ne računa, ker pravilnik določa, da ni treba.

Toplotnemu udobju je zadoščeno.

3.6 Analiza uporabljenih materialov konstrukcijskih sklopov obravnavane novogradnje

Dane konstrukcijske sklope obravnavanih stavb smo analizirali tudi s stališča vplivov na zdravje. Sestave izbranih konstrukcijskih sklopov lahko vsebujejo materiale, ki imajo negativen vpliv na zdravje ljudi. Možen vpliv na zdravje je bil posredno ocenjen s pomočjo znanstvenih študij, ki so navedene v preglednicah 14, 15, 16 in 17.

3.6.1 OSB plošče

OSB plošče se v obravnavanih stavbah pojavijo v naslednjih konstrukcijskih sklopih:

- Tla
 - podlaga za premostitev praznin med pasovi akustične izolacije
 - podlaga vgrajena na kaskadno konstrukcijo iz jeklenih profilov
- Streha
 - podlaga za premostitev praznin med pasovi akustične izolacije
- Zunanja stena
 - nosilna podlaga vgrajena na sekundarne jeklene nosilce
 - podlaga za montažno kontaktne fasade
- Medetažna konstrukcija
 - stropna obloga

Zdravju škodljiva sestavina, ki jo OSB plošče običajno vsebujejo (komponenta lepila) je formaldehid [33]. Prisotnost formaldehida zasledimo tudi v barvah, premazih, lakih, sredstvih za razkuževanje in čiščenje [34]. Prav tako je stranski produkt izgorevanja in nekaterih drugih naravnih procesov.

Tako je lahko formaldehid v večjih koncentracijah prisoten v zaprtih prostorih in na prostem [33]. Zaradi številnih notranjih virov in nezadostnega prezračevanja koncentracije formaldehida v notranjem zraku stavb pogosto dosežejo vrednosti, ki pri uporabnikih lahko povzročajo negativen vpliv na zdravje [34].

Obstajajo zadostni dokazi, da formaldehid povzroča rakotvornost pri ljudeh [35]. Za ljudi, ki delajo v gradbeni industriji, povzroča formaldehid znane zabeležene vplive na zdravje: rak (pljučni, žrela, nosne votline), bronhialno astmo, pljučni edem, pljučnico, kožne alergije, težave z očmi, kožo in draženjem dihal [36].

OSB plošče imajo možen negativen vpliv tekom celotne življenjske dobe. Zahtevajo tudi posebno ravnanje z odpadki [33]. Silva s sodelavci [37] je z LCA analizo ureaformaldehidnih smol v lesnih izdelkih dokazal negativen vpliv tekom celotnega življenjskega cikla.

Preglednica 12: OSB plošče in njihov možen vpliv na zdravje

Material	OSB plošče
Zdravju škodljiva sestavina	Formaldehid
Možen vpliv sestavin na zdravje (zbrani iz referenc podanih spodaj)	Glavobol, občutek pritiska v glavi, draženje dihal, kože in oči, razbijanje srca, bruhanje, krči, bronhialna astma, bronhitis, pljučnica, pljučni edem, koma, rak (pljuča, žrelo, nos, usta)...
Referenca	- An introduction to Indoor Air Quality (IAQ), Formaldehyde. United States Environmental Protection Agency (EPA) [33] - Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi. Šestan, Kristl, Dovjak [34] - Volume 88, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. World Health Organization (WHO) [35] - Formaldehyde. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [36] - Life Cycle Assessment of Urea Formaldehyde Resin..Silva, Mendes, Varanda, Ometto, Lahr [37] - Air change rate and concentration of formaldehyde in residential indoor air. Gilbert, Guay, Gauvin, Dietz, Chan, Levesque [38] - Formaldehyde Emissions and Exemptions. APA – The Engineered Wood Association [39]

3.6.2 Tehno parket

V stavbah se za finalno talno oblogo veliko uporablja tehno parket. Pri polaganju le tega je potrebno uporabiti poliuretanski premaz in poliuretansko lepilo. Poliuretansko lepilo se v obravnavanih objektih uporablja tudi za lepljenje OSB plošč in ekstrudiranega polistirena na gradbeno podlago.

Poliuretan je lahko škodljiv za zdravje. Vplivni parametri škodljivosti za zdravje so doza, čas izpostavljenosti, individualne značilnosti posameznika. Tekom proizvodnje mu dodajajo sredstva za izboljšanje lastnosti (penilci, zaviralci gorenja, površinsko aktivne snovi, tenzidi, katalizatorji, benzeni, formaldehidi itd.) Posebej problematični so: MDI (Methylene Diphenyl Diisocyanate), TDI (Toluene Diisocyanate) in dodani zaviralci gorenja PBDE (Polybrominated Diphenyl Ethers), ki jih poliuretanski izdelki vsebujejo. Požar oziroma povečanje temperature lahko povzroči sproščanje vodikovega cianida, če material vsebuje ogljikovega monoksida, aminov in izocianidov, kar pa so zelo strupeni plini, in smrtno nevarni [40].

Zdravstveni učinki izpostavljenosti izocianatu vključujejo draženje kože in sluznice, tiščanje v prsih in oteženo dihanje. Izocianati vključujejo spojine, ki so razvrščene kot potencialno kancerogene pri ljudeh, in je znano, da povzroča raka pri živalih [41].

Preglednica 13: Tehno parket in njegov možen vpliv na zdravje

Material	Tehno parket
Zdravju škodljiva sestavina	Poliuretan V primeru požara se lahko sproščajo strupeni snovi: vodikov cianid, ogljikov monoksid, amini in izocianidi
Možen vpliv na zdravje (zbrani iz referenc podanih spodaj)	Draženje oči, nosu, grla in kože, tiščanje v prsih, oteženo dihanje, alergijske reakcije na koži in pljučih, astma, pljučne težave, rakotvorna snov ...
Referenca	- Polyurethanes. American Chemistry Council (ACC) [40] - Isocyanates. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [41] - Protecting your health. United States Environmental Protection Agency (EPA) [42] - Polyurethanes. American Chemistry Council (ACC) [43] - Polyurethane Adhesive Ingestion. Fitzgerald, Bronstein [43] - Risk assessment for consumer exposure to toluene diisocyanate (TDI) derived from polyurethane flexible foam. Arnold, Collins, Graham, Jolly, Parod, Poole, Schupp, Shiotsuka, Woolhiser [44]

3.6.3 Material na bazi polivinilklorida

Materiali, na bazi polivinilklorida (PVC) se nahajajo v objektih FRI in FKKT. V objektu X jih ne zasledimo. Uporabljajo se za tla (Mikroarmirani beton premazan s protiprašnim premazom na bazi tekočega PVC, sintetična folija na bazi mehkega PVC) in zunanje stene (sintetična folija na bazi mehkega PVC).

Polivinilklorid (PVC) je termoplastični polimer, ki je zaradi preprostega oblikovanja, trdnosti in cenovne dostopnosti eden od najpogostejše uporabljenih materialov v vsakdanjem življenju. A kot kažejo raziskave, so izdelki iz njega lahko tudi škodljivi za zdravje. Za povečanje prožnosti, prosojnosti in trajnosti PVC-ja se mu med proizvodnjo dodajo ftalatna mehčala. Ker med PVC-jem in dodanimi ftalati ni kovalentne vezi, se ti hitro sproščajo v okolje. Ftalati se sproščajo v celotnem življenjskem ciklu proizvoda (od proizvodnje, uporabe in vse do končnega odlaganja). Študije na živalih dokazujejo, da sta ena od najpogostejše uporabljenih ftalatov, DEHP (di-2-etilheksil ftalat) in DIBP (diisobutil ftalat), lahko toksična za človeka, DEP (dietil ftalat) pa je lahko nevaren za okolje in vodne organizme [45].

Polivinilklorid je eden od najpogostejših sintetičnih materialov, ki se pojavlja v tisočih različnih formulacij in konfiguracijah. Približno 75 % vseh proizvedenih PVC-jev se uporablja v gradbene materiale. PVC, z okoljskega vidika, je najslabša umetna masa, ki predstavlja velike nevarnosti pri njegovi izdelavi, uporabi in reciklaži. S proizvodnjo se sproščajo: dioksin (najbolj znana potencialna rakotvorna snov), etilen diklorid in vinil klorid, ki povzročajo resne težave, kot so: rak, motnje endokrinega sistema, endometrioza, nevrološke poškodbe, prirojene okvare in motnje razvoja otroka, reprodukcije in imunske težave. PVC predstavlja veliko tveganje pri požarih stavb, saj še preden se vžge, sprošča smrtonosne pline, kot so klorovodik, ki se pri vdihavanju spremeni v solno kislino. Težava PVC-ja je, da ga je zelo težko reciklirati, ravno zaradi vseh dodatkov, ki jih vsebuje. PVC se na žalost veliko uporablja v gradbeništvu kot izdelki: strešne kritine, cevovodi, stenske obloge, PVC talne obloge, izolacijo električnih žic, okenskih okvirjev in vrat, dimniške tuljave, senčila, rolete, zavese za prho, žlebovi. Seveda obstajajo alternativne rešitve, ki so stroškovno učinkovite in predstavljajo manjše tveganje za zdravje delavcev in splošne javnosti [46].

Nadomestni materiali, ki se lahko uporabljajo za talne obloge in preproge so: linolej, bambus, keramične ploščice, tapison iz naravnih vlaken, les pridelan na trajnostni način, pluta, guma, beton in plastični polimeri brez kloriranja [46].

Preglednica 14: PVC in njegov možen vpliv na zdravje

Material	Mikroarmirani beton premazan s protiprašnim premazom na bazi tekočega PVC, sintetična folija na bazi mehkega PVC
Zdravju škodljiva sestavina	PVC, ftalati PVC v primeru požara tvori nevarne snovi: ogljikov monoksid, ogljikov dioksid, vodikov klorid, klorovodikova kislina, dioksini, dim/saje ...
Možen vpliv sestavin na zdravje (zbrani iz referenc podanih spodaj)	Alergija, težave dihal, astma, rakotvorna snov V primeru požara: glavobol, vrtoglavica, omotičnost, zvišan krvni tlak, povečano utripanje srca, bolezni kože, bronhitis, okvara sluha, težave z vidom, slabost, krči, dušenje, težave jeter, težave ledvic, okvare živčevja, nezavest, rak dihal, smrt ...
Referenca	- Health concerns of PVC materials in the built environment. Dovjak, Kristl [45] - PVC plastic. Healthy Building Network (HBN) [46] - PVC Bad News Comes in 3s. Belliveau, Lester. [47] - Carbon Monoxide. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [48] - Carbon Dioxide. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [49] - Dioxins and their effects on human health. World Health Organization (WHO) [50]

3.6.4 Hidroizolacijski trakovi na osnovi bitumna

Bitumen se v objektih pojavlja kot hidroizolacijski trakovi tal, strehe in stene ali kot parna zapora pri strehi. Za hidroizolacijo se uporablja enoslojna bitumenska hidroizolacija, hladni bitumenski premaz ali samolepilna HDPE folija z nanosom samolepljivega bitumna. Nalogo parne zapore pa opravlja varilni bitumenski trak. Pri zunanji ureditvi se za tlakovanje parkirišč in cest uporablja asfalt, ki prav tako vsebuje bitumen.

Bitumenski hlapi vsebujejo policiklične aromatske spojine (PAH). Obstaja možnost dolgoročnih učinkov na zdravje delavcev pri kronični izpostavljenosti z vdihavanjem ali kontaminacije preko kože. [51].

S spreminjanjem proizvodnje bitumna (dodajanjem aditivov: recikliranega lateksa in naravnega bitumna ter brez vpihovanja zraka) lahko dosežemo modificiran bitumen, z nižjimi emisijami PAH (policikličnih aromatskih ogljikovodikov) in boljše kakovosti od konvencionalnih bitumnov [52].

Bitumen je pri sobni temperaturi trden in ne predstavlja tveganja za zdravje. Med proizvodnjo, skladiščenjem, prevozom in uporabo bitumna se ta segreva, in oddaja nevarne emisije ogljikovodika, ki so jim izpostavljeni delavci v cestnem in gradbenem sektorju [53].

Kronična izpostavljenost hlapom vključuje simptome: glavobol, kožne izpuščaje, preobčutljivost, utrujenost, zmanjšan apetit, obolenje grla in oči, kašelj, in kožnega raka [54].

Preglednica 15: Bitumen in njegov možen vpliv na zdravje

Material	Enoslojna bitumenska hidroizolacija, hladni bitumenski premaz, samolepilna HDPE folija z nanosom samolepljivega bitumna, varilni bitumenski trak
Zdravju škodljiva sestavina	Bitumen
Možen vpliv na zdravje (zbrani iz referenc podanih spodaj)	Glavobol, utrujenost, preobčutljivost, zmanjšan tek, držanje oči, nosu in dihalnih poti, bolezni kože, težave z grlom, težave z očmi, kašelj, slabost, vrtoglavica, bruhanje, zastrupitev jeter, rak (pljuča, koža) ...
Referenca	- Binet, Pfohl-Leszkowicz, Brandt, Lafontaine, Castegnaro. Bitumen fumes: review of work on the potential risk to workers and the present knowledge on its origin [51] - Rasoulzadeh, Mortazavi, Yousefi, Khavanin. Decreasing polycyclic aromatic hydrocarbons emission from bitumen using alternative bitumen production process [52] - Riley. Bitumen Occupational Health – Update on recent activities [53] - Asphalt Fumes. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [54] - Asphalt (Bitumen). World Health Organization (WHO) [55]

3.6.5 Zaključki analize uporabljenih materialov

V grajenem okolju se pogosto pojavi več virov različnih emisij iz gradbenih materialov in pohištva. Dodaten problem predstavlja tudi neučinkovito prezračevanje. Vplivi se lahko seštevajo, kar ima lahko negativen vpliv na zdravje, povzročajo celo sindrom bolne stavbe (SBS). Posebej problematična skupina so občutljivi posamezniki (stari, kronični bolniki, otroci), ki so vedno prisotni. Ti imajo težave že pri majhnih koncentracijah [31]. Problem predstavljajo tudi višje temperature, izredne razmere npr. požar, kjer se lahko sproščajo strupeni plini [45].

Iz navedenega sledi, da škodljivih snovi v takšnih materialih ne sme biti, kar je treba doseči tudi z zakonodajo in nadzorom. Potrebno bi bilo prepovedati materiale s potencialno škodljivimi sestavinami, poiskati alternative in s tem zaščititi uporabnike [31], [45].

4 ELEMENTI TRAJNOSTNEGA NAČRTOVANJA

Trajnostna stavba je dobro načrtovana in premišljena stavba, ki mora temeljiti na vseh štirih vidikih: okoljskem, ekonomskem, socialnem in zdravstvenem. Na podlagi analize dejanskega stanja so v nadaljevanju naloge predstavljeni vsi štirje vidiki na konkretnih primerih, ki jih je moč uporabiti pri načrtovanju trajnostnih stavb.

4.1 Vidiki trajnostne gradnje

Za določitev osnovnih načel trajnostne stavbe je treba narediti oceno dejanskega stanja. Potrebno je pregledati več različnih virov literature, od statističnih podatkov do različnih študij. Podatke je treba predstaviti za vse štiri vidike.

4.1.1 Ekonomski vidik

EKONOMSKI VIDIK

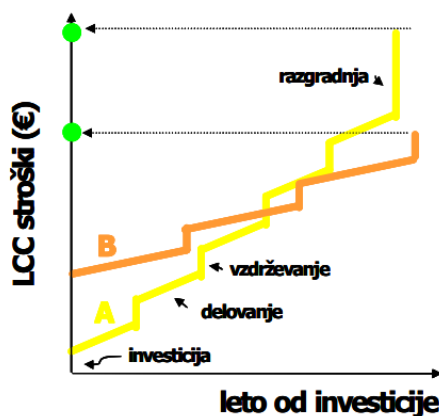
Ljudje smo, sploh v trenutni gospodarski krizi, naravnani tako, da iščemo vedno najcenejše izdelke. Zato tudi pri gradnji stavbe iščemo cenovno najbolj ugodne rešitve. Pri tem pa je treba biti pozoren tudi na kvaliteto. Najcenejši izdelki niso najbolj kvalitetni, zato je treba med dragim in cenim izdelkom potegniti črto in vzeti izdelek iz srednjega cenovnega razreda in s tem tudi srednjega kakovostnega razreda.

Pri gradnji je pomembno, da ne iščemo najcenejše variante, saj bi lahko s slabo in nestrokovno izvedbo ter uporabo manj kvalitetnih gradbenih materialov imeli še več stroškov. Dodatne stroške bi povzročila razna popravila, obnove, večja poraba energije, krajša življenjska doba stavbe in vgrajenih materialov, hkrati bi pa to lahko pomenilo tudi več škodljivih vplivov na okolje in manj kvalitetno ter zdravo bivalno okolje.

Da stavba postane trajnostna mora biti izpolnjen tudi ekonomski vidik, katerega osnova je stroškovna analiza celotnega življenjskega cikla (*Life Cycle Costing – LCC*).

LCC analiza

To je analiza, ki stroškovno ocenjuje stavbo v vseh fazah njenega »življenja«, od začetne naložbe, obratovanja in vzdrževanja do obnove in odstranitve. Uporablja se za ocenjevanje pričakovanih stroškov in prihodkov, ki so vezani na stavbo kot celoto. Ti stroški so investicijski stroški, stroški načrtovanja in gradnje, stroški obratovanja, stroški vzdrževanja, stroški porabljene energije, stroški škode povzročene okolju, stroški odstranitve oziroma porušitve in stroški razgradnje [56].



Slika 9: Prikaz stroškov dveh stavb skozi celoten življenjski cikel [57]

Na sliki so prikazani stroški dveh stavb v celotnem življenjskem ciklusu. Vidimo, da je stavba A na začetku imela manj investicijskih stroškov, so pa zato njeni stroški naraščali z vzdrževanjem pa vse do njene razgradnje. Torej je stavba B skozi celoten življenjski cikel cenejša.

Stavbe pa ne moremo ekonomsko upravičeno oceniti zgolj s primerjavo druge stavbe. To lahko naredimo le na začetku LCC analize, ko je načrtovanje stavbe še pod rokami arhitekta in ne moremo narediti zanesljivih računskih analiz. Takrat lahko stavbe, ki so podobne naši, stroškovno ovrednotimo na podlagi statističnih podatkov drugih (izbira primernih materialov in njihove debeline, strošek gradnje, vzdrževanja, ogrevanja, hlajenja, porabo vode ...). Ko pa je stavba načrtovana že v celoti pa lahko z različnimi računskimi analizami natančno ocenimo stroške čez njeno celotno življenjsko obdobje [56].

LCC analiza se v gradbeništvo v Sloveniji še ni razširila, saj ni predpisana v zakonodaji. Je pa ponekod po Evropi, na primer na Finskem in Norveškem, obvezna za javne stavbe, medtem ko je v Nemčiji le priporočena. Pri nas, za razvoj stroškovne analize stavbe skozi celoten življenjski cikel, primanjkuje ustreznih programskih orodij, s katerimi bi lahko opravljali računske analize stavb, primanjkuje pa nam tudi strokovnega znanja in izkušnje [56].

4.1.2 Okoljski vidik

OKOLJSKI VIDIK

Med vsemi štirimi vidiki trajnostne gradnje smo najbolj seznanjeni z okoljskim, saj smo se v preteklosti največ ukvarjali z njim. V sklopu tega vidika se moramo posebej posvetiti učinkovitemu ravnanju z energijo, preudarni uporabi z materialnimi viri in preiščeni izrabi vode.

Okoljske vplive, kot so škodljivi izpusti ogljikovega dioksida, žveplovega dioksida in dušikovih oksidov, raba obnovljivih virov energije, uporaba naravnih materialov in izrabljanje pitne vode, ocenjujemo z analizo celotnega življenjskega cikla (*LCA – Life Cycle Assessment*).

LCA analiza

Analiza LCA je postopek za ovrednotenje vplivov na okolje, ki je opisan v standardih SIST EN ISO 14040:2006 (Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri) [58] in SIST EN ISO 14044:2006 (Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice) [59]. V analizi življenjskega cikla (LCA) ocenjujemo vplive nekega elementa ali proizvoda na okolje od njegovega začetka do konca in pri tem so vključene vse faze: pridobivanje virov, proizvodnja, izdelava, gradnja, uporaba, vzdrževanje ter faza po koncu uporabe, katera je lahko predelava, recikliranje ali odlaganje na smetišču.

S pomočjo ogljikovega odtisa pa ovrednotimo emisije ogljikovega dioksida (CO_2), ki je eden izmed toplogrednih plinov, kateri segrevajo naše ozračje in tako rušijo ravnovesje v okolju.

Ogljikov odtis

V izračunu ogljikovega odtisa so poleg glavnega toplogrednega plina CO_2 upoštevani tudi drugi toplogredni plini, kot so metan (CH_4), dušikovi oksidi (N_2O) in klorofloroogljikovodiki (CFC), ki so veliko močnejši od ogljikovega dioksida, vendar se jih proizvede veliko manj, zato so njihove emisije preračunane glede na količino CO_2 . Ogljikov dioksid se proizvaja konstantno in nastaja s še najbolj preprostimi dejanji, kot je npr. prižig luči, s katerim povzročimo, da elektrarna porabi več goriva in ustvari vedno več ogljikovega dioksida [60].

Če seštejemo vse emisije CO_2 in ostalih toplogrednih plinov, ki nastanejo posredno ali neposredno pri raznih dejanjih in storitvah, dobimo ogljikov odtis. Povedano drugače, ogljikov odtis je število enot CO_2 , ki jih s svojimi dejanji izpustimo v naravo [60].

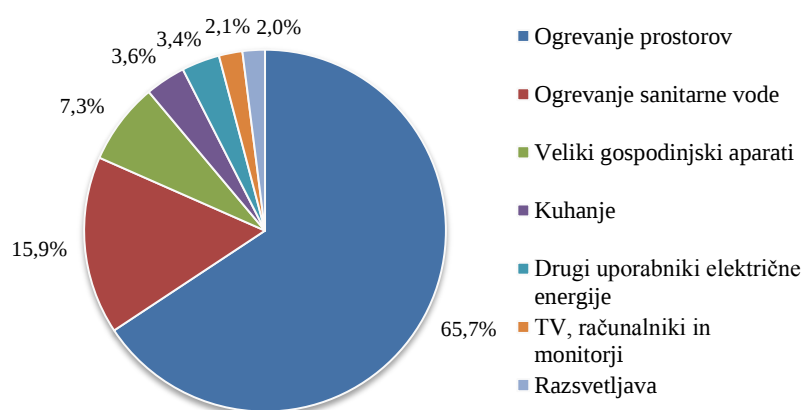
Ogljikov odtis lahko razdelimo na primarni odtis in sekundarni odtis. Primarni odtis je neposredna posledica vsakodnevnih človekovih dejavnosti, kot so: poraba goriva zaradi vožnje z avtomobilom, poraba elektrike, plina in vode v gospodinjstvu itd. Sekundarni odtis pa je posredna posledica naše izbire določenega izdelka za uporabo in izraža emisije CO_2 , ki se sproščajo v njegovem celotnem življenjskem obdobju [60].

Na primer, če kupimo plastični izdelek, ki je bil narejen na Kitajskem, bo ta za svojo pot do nas pri transportu izpustil veliko ogljikovega dioksida v ozračje. Prav tako bo veliko energije sprostil pri svoji uporabi, nato pa se bo po končani uporabi razgrajeval še več tisoč let. Zato je potrebno dobro premisliti kaj kupujemo, iz kje pride izdelek in kakšen ima vpliv na okolje [60].

Energija

6. bistvena zahteva Uredbe (EU) št. 305/2011 varčevanje z energijo in ohranjanje toplote pravi, da »Gradbeni objekti ter njihove naprave za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo in zračenje morajo biti načrtovani in grajeni tako, da je ob upoštevanju oseb v objektu in lokalnih podnebnih razmer poraba energije pri uporabi objekta in naprav majhna. Gradbeni objekti morajo biti tudi energetsko učinkoviti ter med gradnjo in rušenjem porabiti čim manj energije.« [13]

Trenutno v Sloveniji ta zahteva še ne drži, kajti obstoječe stavbe so precej energijsko potratne. Slovenska gospodinjstva namreč povprečno letno porabijo več kot 200 kWh na vsak ogrevalni kvadratni meter površine [61]. Od tega se za ogrevanje prostorov porabita kar dve tretjini energije, tretjina pa se porabi za pripravo tople sanitarne vode, razsvetljavo ter potrebe naprav [61]. Zato je potrebno čim več investicijskih ukrepov, ki nudijo boljšo energijsko učinkovitost, predvsem pri prenovah stavb. Kajti pri novogradnjah je v slovenski zakonodaji, v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) [28] in v Tehnični smernici za graditev TSG-1-004: Učinkovita raba energije [29] predpisana minimalna energijska učinkovitost.



Slika 10: Končna poraba energije po namenih, gospodinjstva v Sloveniji leta 2009 [61]

Visoko energijsko učinkovite stavbe so dobro premišljene že pri sami zasnovi stavbe, od prave izbire materialov do ustreznih tehnologij ogrevanja, hlajenja in prezračevanja. Stavbe morajo čim manj onesnaževati okolje, biti bolj CO₂ nevtralne in porabljati energijo iz obnovljivih virov.

Materiali

Materiale, ki so prijazni do okolja, lahko razdelimo v dve skupini:

- naravni in sonaravni ekološki materiali
- stari in reciklirani ekološki materiali [60]

Naravni in sonaravni materiali

Najmanjši vpliv na okolje imajo materiali, ki jih najdemo v naravi. Najbolj pogosti primeri naravnih materialov so les, volna, pluta, slama in bambus. Njihova velika prednost je, da dihanje in tako omogočajo prehajanje vlage, zato preprečujejo kopičenje vlage v prostoru in uravnavajo kondenzacijo. Poleg tega imajo nekateri naravni materiali tudi antibakterijske lastnosti [60].

Stari in reciklirani materiali

Predelani oz. reciklirani materiali pridobivajo v trajnostnem razvoju čedalje večjo veljavo v primerjavi z naravnimi materiali, saj ohranjajo naravne vire in ne uničujejo ekosistema. Slabost izdelkov iz recikliranih snovi pa je, da večinoma vsebujejo precej nizek odstotek predelanih materialov. Tako dobijo oznako recikliran izdelek že, če je v njem 40 % predelanih snovi in 60 % novih materialov [60].

Primeri materialov, ki vsebujejo visok odstotek predelanih materialov in jih je preprosto predelati so: steklo, nerjaveče jeklo, celuloza in nekatere plastike [60].

Najpogostejše uporabljeni naravni in reciklirani materiali so les, ovčja volna, slama, celuloza in steklo.

Les

Je naravno obnovljiv, energetsko najbolj varčen material, saj nastaja iz ogljikovega dioksida s pomočjo sonca in ustreza vsem načelom trajnostnega razvoja. Poleg tega je les razgradljiv, zato ga po končani uporabi lahko recikliramo ali pa ga prepustimo naravni razgradnji [60].

Uporaba: nosilna konstrukcija, toplotna zaščita, polnila, okna, vrata, fasadni sistemi

Ovčja volna:

Je okolju prijazen material, ki za svojo proizvodnjo ne potrebuje dodatnih energentov. V naravi je ekološko razgradljiva in je ne obremenjuje. Ljudem nudi prijetno bivalno okolje, striženje volne pa ugodno vpliva na počutje ovac [60].

Uporaba: Toplotna izolacija, zvočna izolacija

Slama:

Je naravni material, ki ga dobimo kot stranski produkt pri proizvodnji hrane, zato skoraj nič ne obremenjuje okolja. Slamo pripravijo iz dozorele in osušene svetlo rumene žitne bili po mlačvi zrnja. Žita iz katerih se izdeluje slama ne smejo biti gnojena, saj bi s hitro rastjo žit nastala krhka in slabo vzdržljiva slama. V slamnatem sloju je približno 85 % zraka, ki je odličen izolator. Poleg tega se življenjska doba slame, kot gradbenega materiala, sklene s kompostiranjem [62].

Uporaba: Toplotna izolacija, zvočna izolacija, strešna kritina

Celuloza:

Celulozna izolacija je kakovostna toplotna in zvočna izolacija, ki je izdelana iz recikliranega časopisnega papirja. Je eden najstarejših izolacijskih materialov. Za njeno proizvodnjo se porabi malo energije, med izolacijskimi materiali pa ima najnižjo vgrajeno energijo. Njena prednost je med drugim tudi ta, da jo lahko ponovno uporabimo oziroma recikliramo [63].

Uporaba: toplotna izolacija, zvočna izolacija

Steklo:

Pri proizvodnji stekla se porabi veliko energije in se sprošča velika količina ogljika, ampak kljub temu ga uvrščamo v ekološki material, saj omogoča prehod naravne svetlobe in zmanjšuje potrebo po umetni osvetlitvi [60].

Uporaba: okna, predelna stena

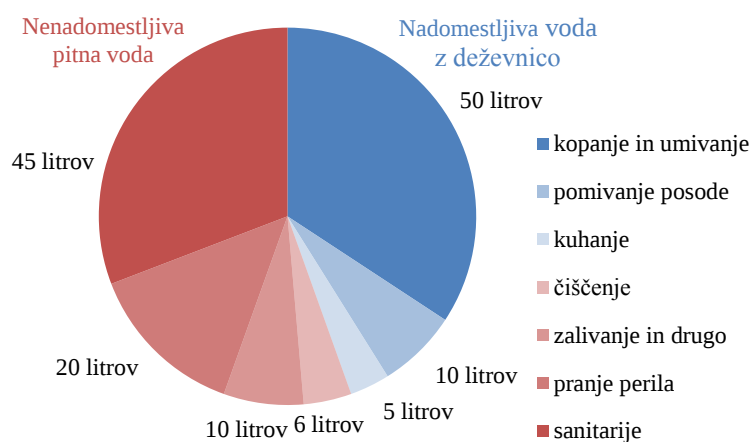
Iz okoljskega vidika pa ne smemo gledati samo izvora materiala, ampak moramo tudi upoštevati porabo energije za izdelavo, količino sproščenega CO₂ pri transportu in izdelavi, vgradnjo, trpežnost, možnost recikliranja, vpliv materiala po zaključeni dobi uporabe – kot odpadki ...

Voda

Pitna voda je najdragocenejše naravno bogastvo na Zemlji, vendar so njene zaloge omejene, zato moramo z njo ravnati premišljeno. Zaskrbljujoč je podatek, da vsa gospodinjstva porabijo toliko vode kot jo skupaj kmetijstvo, industrija in druge gospodarske in negospodarske dejavnosti [64]. Zato lahko ravno gospodinjstva pomembno prispevajo k varčevanju z vodo.

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je bilo leta 2010 v Sloveniji skupaj porabljenih 125 milijonov m³ načrpane vode, od tega 85 milijonov m³ v gospodinjstvih [64].

V slovenskem gospodinjstvu povprečno porabimo 150 l pitne vode na dan, največ porabimo za kopanje in umivanje ter za sanitarije. Z uporabo deževnice bi lahko prihranili do 50 % pitne vode, katera ima pomembno vlogo predvsem pri uporabi za izpiranje stranišč.



Slika 11: Poraba vode v gospodinjstvu na dan (z rdečo barvo je predstavljena nenadomestljiva pitna voda, z modro pa nadomestljiva z deževnico) [65]

Prednost deževnice je, da je zastonj, nihče je ne more privatizirati in tudi zajetje je blizu uporabnika. Deževnica je mehka voda, zato se apnenčaste obloge na ceveh, ventilih in grelnikih ne bodo pojavile. Uporabna je za zalivanje vrta, pranje perila, čiščenje, pranje avtomobila, izpiranje stranišč, za industrijske namene, očiščena v enostavnih filtrnih napravah pa za gasilske sisteme, hlajenje itd.

Če želimo uporabljati deževnico pa ni dovolj, da postavimo le zbiralnik, ampak moramo glede na namen uporabe deževnice vzpostaviti ustrezen vodovodni sistem. Bolj enostaven sistem je sistem za zalivanje vrta in pranje avtomobila, medtem ko moramo pri sistemu, kjer bomo vodo uporabljali tudi v gospodinjstvu (WC kotliček, pralni stroj, pomivalni stroj ...), namestiti še ustrezne filtre in črpalke [66]. Več o teh sistemu bomo napisali v nadaljevanju diplomske naloge.

4.1.3 Socialni in zdravstveni vidik

SOCIALNI IN ZDRAVSTVENI VIDIK

Trajnostna stavba mora zadostiti pomembnim socialnim zahtevam, ki so: toplotno, zvočno in vizualno udobje, dnevna svetloba, kakovosten zrak, zadovoljstvo ljudi, ki prebivajo v njej, varnost in dostopnost. Človek v sodobnem svetu kar 90 % časa preživi v prostoru, zato je pomembno, da stavba izpolnjuje vse našete pogoje [67].

Toplotno udobje pomeni za uporabnika stanje, ko v prostoru ni niti prevroče niti prehladno. Faktorji toplotnega udobja so: temperatura zraka, relativna vlaga, gibanje zraka, aklimatizacija: sprememba lokacije (hladnejše, toplejše podnebje), letne

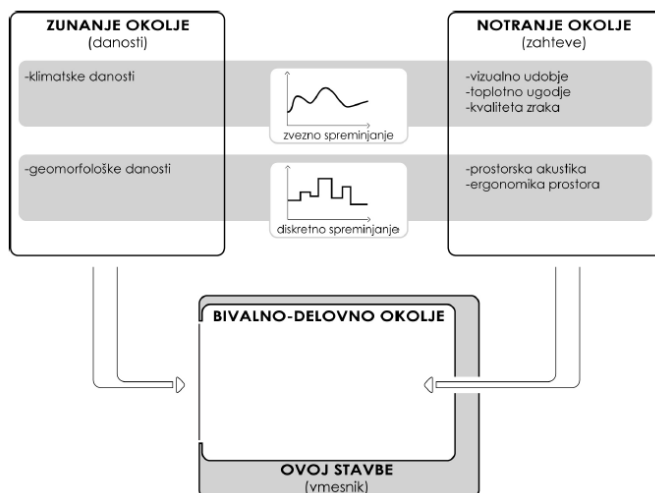
spremembe na določeni lokaciji (letni časi ipd.), starost in spol, zgradba telesa, kondicija in zdravje, hrana in pijača, sevalne asimetrije, prepih, tople ali hladne površine [68]. V zimskem času toplotno udobje zagotovimo z ustreznimi sistemi za ogrevanje, glede na vročinske vane zadnjih let, pa so še posebej pomembni sistemi za hlajenje prostorov. Seveda pa je še prej, pri načrtovanju stavbe treba izbrati tudi ustrezno debelino toplotne izolacije.

Za svoje delovanje in dobro počutje ljudi potrebujemo tudi ustrezno dnevno svetlobo, ki jo je, s čim več in čim večjimi okni, treba zagotoviti. Čeprav to lahko pomeni več toplotnih izgub in možnost pregrevanja stavbe v poletnem času, lahko le to z ustreznimi ukrepi (primerna zasteklitev, uporaba senčil, strokovna izvedba ...) zmanjšamo. Dokazano je namreč bilo, da dnevna svetloba ugodno vpliva na zdravje, vizualno udobje, pripomore k večji produktivnosti, ljudi poveže z naravo in prispeva k varčevanju z energijo [68].

Ena izmed pomembnih zahtev socialnega vidika je tudi kakovosten zrak. Le tega lahko v prostoru zagotovimo z ustreznim prezračevanjem, bodisi naravno bodisi mehansko. To je nujno potrebno, saj je lahko notranji zrak do desetkrat bolj onesnažen kot zunanji [67]. Na slabo počutje pa ne vpliva le slabo kakovosten zrak, temveč tudi prenizka ali previsoka vlažnost zraka. Optimalna vlažnost zraka v prostoru, v katerem je zagotovljeno bivalno ugodje, naj bi bila nekje med 45 % in 55 % [67]. Kakovosten zrak in primerna vlažnost zraka pa ne vplivata le na udobje človeka v prostoru, ampak tudi na njegovo zdravje, na katerega se bomo osredotočili v naslednjem poglavju – Zdravstveni vidik.

Pomemben kriterij za kakovost stavbe je zadovoljstvo oseb, ki se zadržujejo v njej. Večina ljudi je bistveno bolj zadovoljnih, če lahko na svoje stanje in okolje neposredno vplivajo. Če lahko vplivajo na spremembe bivalnega in delovnega prostora (premikanje pohištva, obešanje slik), če lahko odpirajo okna in vplivajo na temperaturo in osvetljenost. Raziskave so pokazale, da je predvsem nezadovoljstvo vzrok za pojav sindroma bolne stavbe (Sick Building Syndrom - SBS), kateremu se bomo bolj podrobno posvetili v poglavju – Zdravstveni vidik [69].

Z ustrezno lokacijo in obliko stavbe pa ugodimo še ostalim zahtevam iz socialnega vidika trajnostne stavbe. Tako je pomembno, da so bivalni prostori stavbe obrnjeni proti jugu in stran od hrupne ceste, da ni preveč zvočno izolirana od okolice, da je v stavbi stik z naravo in predvsem, da je omogočena dostopnost urbanega naselja [70]. Do bližnje trgovine, vrta, šola ali službe bomo tako lahko prišli peš, s kolesom ali z javnim prevozom, ter tako poskrbeli za manj izpustov toplogrednih plinov v ozračje.

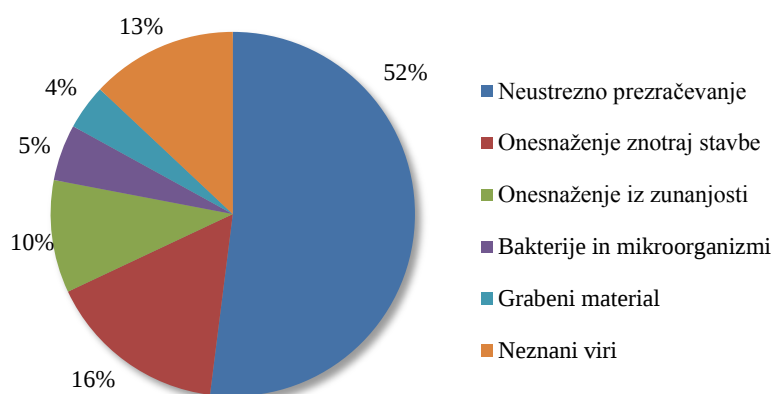


Slika 12: Sistem formiranja notranjega bivalno - delovnega okolja [povzeto po 71]

Velika večina ljudi ob besedi trajnostna stavba prvo pomisli na ekološko stavbo, vendar pa je zdravstveni vidik zelo pomemben, če ne celo najpomembnejši vidik trajnostne gradnje. Na žalost je pri načrtovanju stavbe zelo podcenjeno zdravo bivalno okolje, ki ga pa zato mora nuditi trajnostna stavba.

V nekaterih gradbenih materialih se skriva veliko zdravju škodljivih in strupenih snovi, ki pa lahko svoje posledice pokažejo zelo pozno. Zato je pomembno, da že pri zasnovi stavbe izberemo okolju in zdravju prijazne materiale. Velikokrat pa se izkaže, da so vzrok za zdravstvene težave, kot je na primer glavobol, škodljive snovi v zraku. Viri le teh pa so lahko po prostorih različni. Med največje vire škodljivih snovi sodijo tobačni dim, čistila, odprta ognjišča (kamin), laki in sredstva za zaščito lesa, stenske in talne obloge, pohištvo, gradbeni in izolacijski materiali itd. [72]. Zato je prostore treba redno zračiti, ali mehansko ali naravno.

Slaba kakovost notranjega zraka, škodljive snovi v zraku ali draženje zaradi bakterij in mikroorganizmov ter nezadovoljstvo ljudi v prostoru so najpogostejše lastnosti pojava **sindroma bolne stavbe** (*Sick building syndrome - SBS*) [69].



Grafikon 20: Vzroki za slabo kakovosten notranji zrak [73]

Sindrom bolne stavbe je kombinacija bolezni (sindromov) povezana z individualnim bivalnim ali delovnim (pisarne, ipd.) prostorom. Po podatkih svetovne zdravstvene organizacije (World Health Organization - WHO) je možno, da ima do 30 % novih in prenovljenih stavb sindrom bolne stavbe [69].

Vzroki za nastanek sindroma bolne stavbe so:

- onesnažen notranji zrak,
- toksične plesni,
- umetne vonjave (pranje),
- slabo ali neprimerno osvetljevanje, skupaj z odsotnostjo ali omejenim dostopom do naravne, dnevne svetlobe,
- slabo gretje ali prezračevanje,
- onesnaženje sistemov ogrevanja, prezračevanja, klimatizacije in hlajenja (sistemi HVAC – Heating, Ventilation and Air- conditioning Systems) z mikrobi ali pršicami,
- slaba akustika [69].

Zaradi teh vzrokov lahko pride do poslabšanja zdravstvenega stanja človeka v prostoru. Poznanih je več kot 50 možnih simptomov sindroma bolne stavbe. Najpogostejši so: glavobol, draženje oči, nosa ali grla, suh kašelj, suha ali srbeča koža, omotica ali slabost, težave s koncentracijo, utrujenost, občutljivost na vonjave, povečanje števila napadov astme ali navideznih napadov astme pri neastmatikih, sprememba osebnosti jeza/jok/paranoja/depresija, domnevni primeri bronhitisa ali pljučnice, ki se ne odzivajo na zdravljenje z antibiotiki [69].

V čistem podeželskem zraku je več kot 350 milijonov različnih delcev na m^3 [69]. Na tak zrak smo se ljudje prilagodili, zato ni pametno, da s popolno zatesnitvijo stavbe in samo z mehansko izmenjavo »čistega« zrak ustvarimo sterilno okolje v stavbi, v kateri živimo, saj bi postali neodporni na zunanji zrak in bi takoj ob stiku z zunanjim okoljem zboleli [68].

Napotki za trajnostno gradnjo ne morejo biti splošni, v stilu »veliko oken na jug«, ker mora biti vsaka stavba prilagojena značilnostim lokacije in željam posameznika. Zato se vsakokrat odločamo, kaj je najbolje v konkretni situaciji.

4.2 Primerna lokacija in oblika stavbe

LOKACIJA IN OBLIKA STAVBE

Lokacija objekta je najpomembnejša odločitev pri gradnji in bo zelo vplivala na udobno bivanje in kvalitetno življenje, zato jo je treba premišljeno izbrati. Je trajna odločitev, katere ne moremo spremeniti, razen v primeru selitve. Stavbo pa lahko kasneje spreminjamo, obnavljamo, dodajamo, izboljšamo toplotno in zvočno izolativnost, zamenjamo strešno kritino ali fasado, pregradimo notranjost itd. [70].

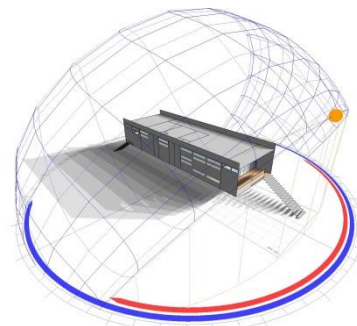
Pomembno vodilo pri načrtovanju trajnostne stavbe je tudi orientacija. Idealna lega parcele je prisojna lega, katera je čez cel dan osvetljena s soncem [74]. S tako lego bomo prihranili energijo in stroške ogrevanja ter ugodno vplivali na zdravje in počutje ljudi v stavbi.

Poleg orientacije stavbe je zelo pomembno tudi, da jo doseže čim več sončnih žarkov. Stavbe ne smejo zasenčiti visoka drevesa, goste rastlinje ali sosednje zgradbe. V bližini južne, vzhodne in zahodne fasade so lahko zasajena listopadna drevesa. Poleti so njihovi listi sončna zaščita, pozimi, ko odpadejo, pa sonce lahko sije na zgradbo in jo tako segreva [74].

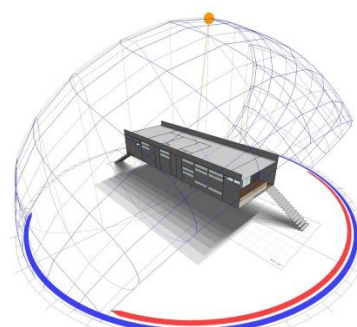
Razmiki med stavbami morajo biti dimenzionirani glede na nizki vpadni kot zimskega sončnega sevanja. Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 [29]: Učinkovita raba energije zahteva: »Sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanjske ovoja stavbe (zbirna površina), ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom navzgor, v času:

- zimskega solsticija (21.12.) najmanj 2 uri, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 30^\circ$ odstopanja od smeri jug,
- ekvinokcija (21.03. in 21.09.), najmanj 4 ure, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 60^\circ$ odstopanja od smeri jug,
- poletnega solsticija (21.06.) najmanj 6 ur, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 110^\circ$ odstopanja od smeri jug [29].

Pri začetni zasnovi trajnostne stavbe pa moramo poleg lokacije upoštevati tudi obliko stavbe, saj le ta skozi zunanji ovoj izgublja največ toplote. Čim večja je zunanja površina, tem večje bodo toplotne izgube. Zato je smiselno izbrati čim bolj enostavno obliko stavbe, najbolj pogosti sta seveda pravokotna in kvadratna. Pomembno je, da je stavba čim manj razčlenjena in da nima veliko delov, ki povzročajo toplotne mostove [74].



Slika 13: Pot sonca in sence v času zimskega solsticija [75]

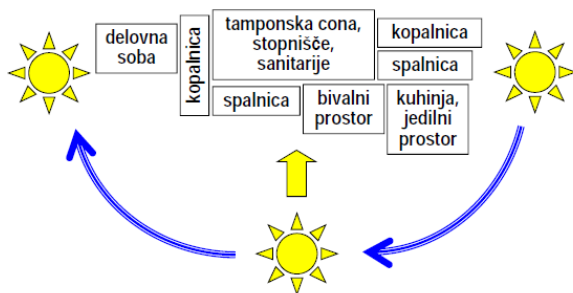


Slika 14: Pot sonca in sence v času poletnega solsticija [75]

Ekonomski vidik:

Smiselno je izbrati parcelo, ki je že komunalno opremljena, ima dovoz s ceste, napeljan vodovod, kanalizacijo in elektriko, ali pa ima to infrastrukturo vsaj v bližini parcele, saj bi lahko bila osamljena lokacija objekta nekje ob gozdu, potoku ali ob travniku zelo draga investicija [70].

Parcela naj bo ravna, ali pa rahlo nagnjena, saj bi v primeru precej nagnjenega zemljišča potrebovali oporne zidove in zahtevno temeljenje, kar bi pa posledično privedlo do velikega stroška gradnje. Prav tako bi zelo podražili izvedbo objekta, če bi izbrali zemljišče, ki ima veliko vsebnost vlage, izvire voda ali visoko podtalnico, saj bi morali izboljšati temeljna tla, izvesti ustrezno drenažo okoli temeljev, zato moramo izbrati suho in geološko primerno zemljišče [70].

	Stavba, orientirana na jug, bo v zimskem času na južni fasadi izkoriščala najintenzivnejše sončno obsevanje in s tem pripomogla k varčevanju z energijo in posledično k zmanjšanju stroškov za ogrevanje stavbe. Poleti pa je ravno nasprotno, saj bo južna fasada manj obsijana s soncem kot vzhodna in zahodna, zato ne bo prišlo do velikega pregrevanja in bo manj stroškov za hlajenje stavbe [74]. Čim bolj enostavna oblika stavbe in ne preveč velika zunanja površina objekta bosta zmanjšali toplotne izgube skozi zunanji ovoj v primerjavi s kompleksno obliko velike stavbe. S tem se bodo zmanjšali tudi stroški ogrevanja. Seveda bi manjše toplotne izgube lahko dosegli tudi pri razčlenjeni stavbi, vendar bi zato cena bila precej višja [74].
Okoljski vidik:	Varčevanje z energijo je pomemben del okoljskega vidika trajnostne stavbe, katerega lahko dosežemo tudi s pravilno postavitvijo stavbe v okolje in z njeno obliko. Če je stavba umeščena na južno orientirano zemljišče s tem omogoča maksimalno izrabo sončne energije in v hladnih dneh prinese približno 40 odstotni doprinos k ogrevanju stavbe [74]. Prav tako lahko, kot smo že zapisali, s primerno obliko stavbe pripomoremo k zmanjšanju toplotnih izgub skozi zunanji ovoj stavbe. Zelo pomembna je bližina urbanega naselja in s tem primerna oddaljenost objektov kot so vrtec, šola, zdravstveni dom, trgovina in druge storitvene dejavnosti, ki so ključne za normalno in kvalitetno življenje. Do omenjenih objektov bomo lahko prišli s trajnostnim prevoznim sredstvom, pozimi z javnimi prevoznimi sredstvi, ki so povsod na voljo in v toplejših letnih časih s kolesom ali pa kar peš in tako v zrak spustili manj izpušnih plinov [70].
Socialni vidik:	Za udobno življenje v stavbi je pomembna tudi pravilna razporeditev prostorov v objektu. Najprimernejša postavitev objekta je taka, da so bivalni in spalni prostori usmerjeni na jug ali zahod, kuhinja, kopalnica in drugi spalni prostori na vzhod, kopalnice, stopnišče, sanitarije in shramba pa na sever [69]. Vhod v objekt in garaža naj bi bila v hrupnem delu stavbe in povezana z dovozno cesto. Če je le mogoče, naj bodo kuhinja, jedilnica in dnevna soba s pogledom na vrt na južni ali vzhodni strani in odmaknjena od javne in hrupne poti.  Slika 15: Razporeditev prostorov glede na sončno dinamiko [69] Pri izbiri lokacije stavbe je treba pozornost posvetiti tudi bivalni soseski, saj bo ta trajna, prav tako pa tudi sosedje. Dobro je poznati sosede, njihove navade in način življenja, saj nam bodo lahko dobri medsosedske odnosi pripomogli h kvalitetnejšemu bivanju [70]. Izbira bivalne soseske lahko ugodno vpliva na počutje prebivalcev v njej. Velik vpliv na počutje ima tudi starostna struktura prebivalcev, zato je najbolje graditi v soseski z isto starostno skupino. Tudi poklic prebivalcev lahko vpliva na sobivanje ljudi. Za obrtnika je najprimerneje, da zgradi stavbo v obrtno-stanovanjski coni, kjer morebiten hrup ne bo motil sosedov, medtem ko je za intelektualca primerneje, da zgradi svoje bivališče v mirnejših predelih in bližini mest [70].
Zdravstveni vidik:	Omenjena zgornja načela pa posledično lahko vplivajo tudi na zdravje ljudi v stavbi. Tako zunanje okolje pri človeku deluje stimulativno na fiziologijo in psiho [68]. Topli in osvetljeni bivalni prostori, odmaknjeni od javnosti in hrupne ceste, s pogledom na vrt in pokrajino ugodno vplivajo na počutje in zdravje prebivalcev stavbe. Namreč, ljudje, ki se bodo v stavbi dobro počutili, ne bodo imeli veliko težav z glavoboli, utrujenostjo, depresijo, koncentracijo ...

4.3 Les kot material za nosilno konstrukcijo trajnostne stavbe

LES

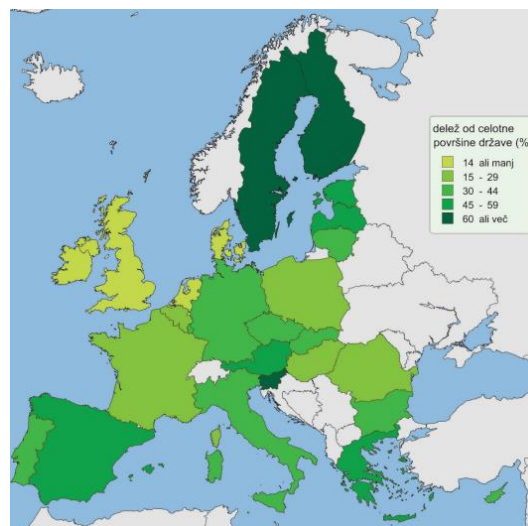
21. stoletje bi naj bilo, po mnenju strokovnjakov, stoletje lesa, saj je v primerjavi z ostalimi materiali najmanj škodljiv človeku in okolju [76].

Slovenija je, za Finsko in Švedsko, tretja najbolj gozdnata država v Evropi, saj gozdovi pokrivajo več kot 58 % kopne površine (tj. 1.186.104 hektarjev). Poleg tega se površina gozdov v zadnjih letih povečuje, zato bi morali to naravno danost znati izkoristiti [77].

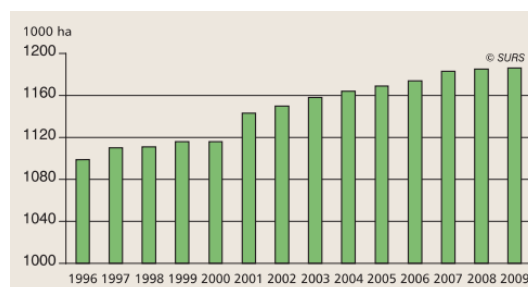
Najboljša izbira gradbenega materiala v trajnostni stavbi je več kot dokazano les, saj v celotnem življenjskem obdobju porabi dvakrat manj energije kot npr. beton ali opeka [78].

Ima veliko prednosti pred ostalimi materiali, od minimalne porabe energije, hitrosti in enostavnosti uporabe do ugodja bivanja v leseni stavbi, kljub temu pa je njegov delež uporabe v gradbeništvu zelo nizek. Ljudje še vedno raje gradijo z betonom, opeko in jeklom, saj se vsi bojijo stika lesa z vodo ali pa z ognjem. Res je, da so vsi trije omenjeni materiali bistveno bolj odporni proti vlagi kot les in bolj odporni proti raznim škodljivcem, vendar pa lahko, s pravilno uporabo in kvaliteto lesa ter s pravilno zaščito, zmanjšamo te slabosti lesa [79].

Najpomembnejša lastnost lesa, ki se uporablja kot nosilni material v konstrukcijah, je visoka trdnost glede na majhno lastno težo. Les prenese upogib, tlak, nateg in strig, zato je zelo primeren kot nosilni element [79].



Slika 16: Površina gozda in drugih gozdnih zemljišč [77]



Slika 17: Površina gozda v Sloveniji [77]

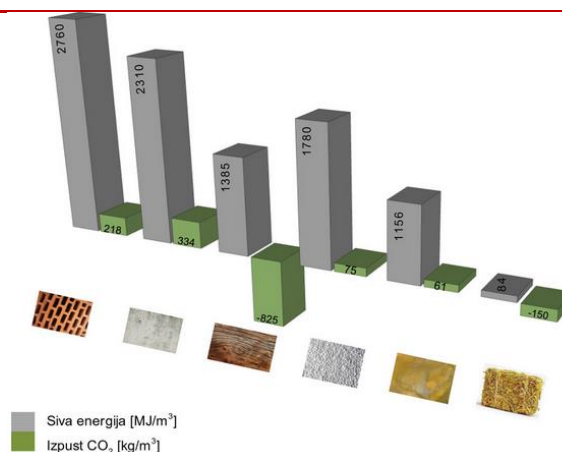
Ekonomski vidik:

Stroški gradnje z lesom so primerljivi z običajnim načinom gradnje, to je klasična masivna gradnja iz betona in opeke. Narejena je bila neposredna primerjava dveh enodružinskih hiš, ki sta izvedeni v povsem enakem tlorisu in gabaritu, le da je ena zgrajena s klasično konstrukcijo iz opečnih votlakov in armiranobetonskih vezi z armiranobetonsko medetažno ploščo, druga pa z leseno masivno konstrukcijo Xlam. Primerjava konstrukcijskih sistemov je bila narejena tako glede stroškov kakor glede hitrosti gradnje [80].



Slika 18: Neposredna primerjava klasične in lesene gradnje

	Brez upoštevanja temeljenja, ki je pri lahki leseni konstrukciji enostavnejše in cenejše zaradi približno štirikrat manjše teže, je cena lesene konstrukcije za okoli deset odstotkov višja kot klasična, kar pomeni razliko pet tisoč evrov. Strošek temeljenja je bil pri klasično grajenem objektu za 2.500 evrov oziroma 20 odstotkov višji. Strešna konstrukcija je pri obeh objektih enaka. Skupna razlika v strošku gradnje do pokritega objekta z upoštevanjem razlike v temeljenju je bila tako okoli dva tisoč evrov oziroma manj kot pet odstotkov [80]. Pri primerjavi izkoriščenosti notranje površine objekta se je izkazalo, da je zaradi tanjših sten pri leseni masivni konstrukciji Xlam notranja neto površina objekta večja za skoraj deset odstotkov pri enakem zunanem gabaritu. Ta dodatna površina se pri notranjih prostorih posebej pokaže v občutku mnogo večje prostornosti. Vsa nadaljnja dela finalizacije objekta naj bi bila pri leseni masivni konstrukciji Xlam zaradi enostavnejšega pritrdjevanja in s tem večje hitrosti izvedbe del nekoliko cenejša [80]. Klasična konstrukcija objekta je bila postavljena v šestih tednih, lesena pa v treh dneh [80]. Neposredna primerjava stroškov na enaki zasnovi enodružinske hiše pokaže, da naj bi bila lesena masivna gradnja iz elementov Xlam (konstrukcijski elementi iz križno lepljenega lesa) ne samo primerljiva, ampak celo cenejša od klasične, še posebno, če jo vrednotimo po ceni na kvadratni meter notranje neto bivalne površine [80]. Za vzdrževanje ugodne klime v leseni stavbi je potrebno dosti manj energije za gretje in hlajenje kot v klasični masivni stavbi, saj je toplotnemu udobju zadosti že 2°C manjša sobna temperatura. To posledično pomeni zmanjšanje stroškov za ogrevanje, kar pri razliki 2 °C lahko pomeni več kot 10 % prihranka energije in s tem stroškov [78].
Okoljski vidik:	Les je edini obnovljivi gradbeni material z zelo čistim in energijsko varčnim življenjskim ciklom. Nastaja iz ogljikovega dioksida s pomočjo sonca. Je naravni akumulator atmosferskega ogljika in je CO₂ nevtralen. Ko pa stavba dotraja, lahko les recikliramo, ga pustimo naravni razgradnji ali pokurimo, saj les pri sežigu odda le toliko ogljikovega dioksida, kolikor ga je v procesu fotosinteze sprejel za rast [78]. Pri razkroju lesa in lesnih odpadkov pomagajo naravni razkrojevalci, termiti, ki so pri naravni razgradnji dobrodošli, medtem ko je njihovo pojavljanje na tehničnem lesu, nezaželeno, saj povzroča ogromno škode [81]. Slika 19: Propadla koča, ki je prepuščena naravni razgradnji (v ozadju njena novejša različica) Na naslednjem grafu (Grafikon 21) je prikazana primerjava najpogostejših konstrukcijskih in izolativnih materialov na 1m³ iz vidika sive energije (neobnovljiva energija), ki je potrebna za proizvodnjo izdelka in količine ogljikovega dioksida, ki se v času proizvodnje sprosti v ozračje [82]. Iz primerjave lesa in ostalih gradbenih materialov (opečni zidak, železobeton, ekstrudiran polistiren (EPS), steklena volna) vidimo, da je energija, potrebna za proizvodnjo lesenih izdelkov majhna in, da les ne oškoduje okolja z emisijami CO₂. Pridemo do sklepa, da je les v primerjavi z običajnimi konstrukcijskimi materiali (opeka, železobeton) veliko bolj prijazen do okolja.



Grafikon 21: Primerjava najpogostejših konstrukcijskih in izolativnih materialov na 1 m³ z vidika sive energije in količine ogljikovega dioksida [82]

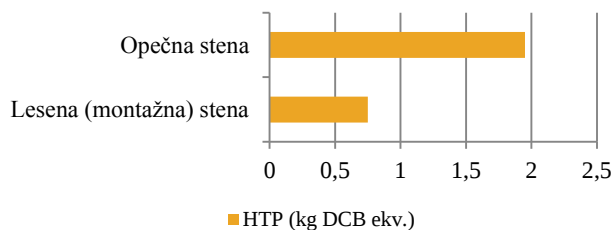
Lesene stavbe v času uporabe shranjujejo CO₂ in tako zmanjšujejo emisije v okolju. S tem izboljšujejo kakovost zraka v okolici stavbe in pri prebivalcu stavbe zmanjšujejo tveganja raznih bolezenskih obolenj. Pri nastanku enega kubičnega metra lesa drevo absorbira 0,9 tone CO₂, lesni objekti v uporabi pa še dodatno 1,1 tono, kar pomeni, da en kubični meter vgrajenega lesa prispeva k znižanju emisije dveh ton CO₂. Za lažjo predstavbo: lesena hiša povprečne velikosti v svoji življenjski dobi skladišči 25 do 60 ton CO₂, če pa dodamo še leseno notranjo opremo pa od 30 do 70 ton CO₂ [78].

Socialni vidik:

Lesena stavba na človeka psihološko ugodno vpliva in omogoča prijetno bivanje. S svojo strukturo, barvo in vonjem povzroča pri ljudeh toplino in daje vtis naravnega bivanja. Hkrati se prebivalci lesene stavbe, katera ne škoduje okolju in ne zdravju človeka bolje počutijo, saj so naredili nekaj dobrega zase in za naravo. Občutek mraza ali vročine v prostoru v leseni stavbi je v primerjavi z masivno stavbo kompenziran za 2 °C, kar pomeni, da se človek prijetno počuti že pri 18 °C – 22 °C, medtem ko se v masivni šele pri 22 °C – 24 °C [78].

Zdravstveni vidik:

Les je živ, naravni material, ki s sodelovanjem z okolico ustvarja udobje v stavbi. Les namreč diha in s tem skrbi za stalno naravno izmenjavo zraka med notranjim prostorom in zunanostjo. S tem vzdržuje optimalno klimo v stavbi. Masivni leseni zidovi zelo dobro uravnavajo vlažnost zraka v prostorih. Stene in zidovi iz pravilno posušenih, zaščitene in vgrajenih brun so bolj odporne proti plesni kot zidane stene. Del odvečne vlage se namreč shranjuje v porah lesa, od koder se po potrebi vrača v prostor, medtem ko v zidanih stavbah vlaga na stenah hitro kondenzira in povzroča nastanek plesni [83]. Ta pa vemo, da povzroči težave z zdravjem ali poslabšanje zdravstvenega stanja. Življenje alergikov na prah bo lažje v leseni stavbi, saj se prah ne poseda na lesene površine [83]. Izvedena je bila tudi primerjava opečne stene in lesene montažne stene glede potenciala toksičnosti za človeka (Human Toxicity Potential – http). Iz grafikona 22 lahko razberemo, da so opečne stene bolj nevarne za zdravje kot lesene. Kljub temu pa lesene montažne stene niso neškodljive za zdravje človeka, kar predvidimo, da gre pripisati lepilu. Pogosto se namreč pri lepljenju lesenih konstrukcij uporablja poliuretansko lepilo, ki pa je, kot smo že dokazali (točka 3.7.2) nevaren za zdravje ljudi.



Grafikon 22: Primerjava sten glede HTP - potencial toksičnosti za človeka [84]

4.4 Zelene strehe

ZELENE STREHE

Streha ima pomembno vlogo za stavbo, saj jo ščiti pred vremenskimi vplivi. Vendar pa to ni njena edina naloga, saj pomembno pripomore k boljši toplotni izolativnosti stavbe. Streha pomembno vpliva k celotnemu videzu stavbe, zato je pomembno, da se zlije z okoljem. In taka streha je zelena streha. Je ena izmed najbolj okolju prijaznih, energetske učinkovitih, ekoloških in trajnostnih strešnih kritin.

Zelene strehe so lahko ravne in tudi poševne, načeloma so za ozelenitev primerne strehe z naklonom od 2° do 35° . Pri strmih strehah moramo biti pozorni pri izvedbi konstrukcije, saj moramo preprečiti zdrs in erozijo substratnega in vegetacijskega sloja. Glede na naklon strehe, vrsto vegetacije, klimatske cone, v kateri se nahaja stavba in dostopnost strehe za vzdrževanje poznamo intenzivno, polintenzivno in ekstenzivno ozelenitev [85].

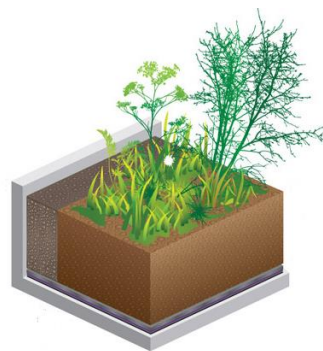
Intenzivna in polintenzivna ozelenitev sta podobni ozelenitvi v parkih, zato je pomembno redno vzdrževanje, pravilna nega, košnja, dognojevanje, odstranjevanje plevela in zalivanje rastlin v daljših sušnih obdobjih. Ker ima lahko rastlinski substrat debelino tudi do 90 cm je dodatna obremenitev strehe zelo velika, zato se ta ozelenitev lahko izvaja le na strehah z močno nosilno podkonstrukcijo (betonsko armirano ploščo). Primerna je za ravne strehe z minimalnimi nakloni [85].

Ekstenzivna ozelenitev se v praksi uporablja več, saj ima tanko plast rastlinskega substrata, kar pomeni, da manj obremenjuje nosilno konstrukcijo strehe. Pri ekstenzivni ozelenitvi so manjši stroški vzdrževanja, saj se zanjo uporabljajo nizko rastoče in manj zahtevne rastline oziroma sedumi. Ti ne zahtevajo veliko nege in pozornosti, saj se sami vzdržujejo, razvijajo in razmnožujejo [85].

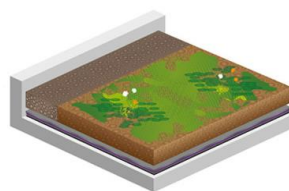
Zelene strehe so čedalje bolj priljubljene tudi pri nas, saj imajo veliko prednosti v primerjavi z običajnimi, od okoljskih, bivanjskih do lepšega estetskega videza. Te pridejo do izraza predvsem v urbanih okoljih.



Slika 20: Intenzivna ozelenitev [86]



Slika 21: Polintenzivna ozelenitev [86]



Slika 22: Ekstenzivna ozelenitev [86]

Preglednica 16: Tipi zeleni streh [87]

Vrste ozelenitve	Minimalna količina rastlinskega substrata	Vrsta vegetacije	Vzdrževanje
Intenzivna	40 – 50 cm	Trava, grmovje, drevesa	Zahtevno, obvezno zalivanje in košnja
Polintenzivna	25 cm	Trava	Zalivanje in košnja
Ekstenzivna	3 – 8 cm	Grmovnice, lišaji, zeli, gomoljnice	Minimalno, izjemoma zalivanje

Ekonomski vidik:	Trajnostna stavba zahteva daljšo življenjsko dobo in ta je pri zelenih strehah dvakrat daljša kot pri običajni strehi (podvoji se življenjska doba hidroizolacijskih slojev, ki zagotavljajo tesnost strehe) [87]. Z zeleno streho izboljšana toplotna izolativnost stavbe zniža potrebno energijo za ogrevanje pozimi ter predvsem hlajenje stavb poleti. Posledično se zmanjšajo tudi stroški [87]. V današnjem času smo priča čedalje večjim spremembam v podnebnju, ki prinašajo s sabo tudi razna neurja, zato je zelo pomembno, da so zelene strehe odporne, saj s tem nimamo dodatnih stroškov, ki bi jih imeli pri poškodbi kritine [85]. Plasti zelene strehe nudijo dobro požarno in zvočno zaščito, zato lahko prihranimo denar tudi na tem področju [85]. Pomanjkljivost zelenih streh je višja začetna investicija ter višji stroški vzdrževanja, če se odločimo za intenzivno in polintenzivno ozelenitev [87]. Vendar pa pri prekritju objekta z zeleno streho finančno pomaga Eko sklad [88], saj predstavljajo zelene strehe naložbo v učinkovito rabo vodnih virov.
Okoljski vidik:	Zelene strehe imajo s stališča okoljskega vidika veliko prednosti: - izboljšanje kakovosti zraka: vegetacija čisti, hladi in vlaži zrak, proizvaja kisik ter absorbira CO₂ in številne druge škodljive pline, - dodaten življenjski prostor za rastline in živali, - znižanje temperature zraka v urbanem okolju, - zmanjša in zadržuje meteorne vode ob nalivih (vegetacija zadrži več kot polovico deževnice, ki tako naravno izhlapeva v ozračje, namesto, da bi s strehe hipoma odtekla preko sistema odvodnjavanja), - izboljšana toplotna izolativnost stavbe znižuje količino potrebne energije za ogrevanje pozimi in hlajenje stavbe poleti, - uporaba recikliranih gradbenih materialov v plasteh zelenih streh, - vegetacijska plast ščiti strešno konstrukcijo pred UV sevanjem in preprečuje neposredne mehanske poškodbe kritine zaradi toče, strel, neurij ... [85], [86] in [87]. Slika 23: Prednosti zelene strehe v primerjavi z običajno streho [86]
Socialni vidik:	Ljudje, ki se odločijo za zelene strehe, pridobijo dodatno površino, ki je primerna za teraso, vrtove, oddih in rekreacijo. Ob pogledu na zeleno površino se počutijo mirno, svobodno, saj le ta zmanjšuje stres in ima pozitiven učinek na ljudi ter poveča njihovo storilnost. V mestu stavbe z zelenimi strehami dajejo lepši estetski videz [87]. Zelene strehe absorbirajo zvok in s tem močno izboljšajo zvočno izolativnost stavbe [87].
Zdravstveni vidik:	Zelene strehe učinkovito vplivajo tudi na zdravje ljudi, saj vegetacija zadrži do 85 odstotkov prasnih delcev [87] ter s tem prepreči prenos z vetrom. Hkrati absorbira tudi številne okolju in človeku škodljive pline in mu s tem omogoča bolj kakovosten zrak, ki ga diha [85].

4.5 Toplotna izolacija kot ključni element trajnostne gradnje

TOPLOTNA IZOLACIJA	
Trenutna gospodarska kriza in podnebne spremembe so nas prisilile k razmišljanju o varčevanju z energijo in varovanju okolja pred izpusti toplogrednih plinov v ozračje. Tako smo primorani bolj preudarno ravnati z energijo v stavbah. Stroškovno najbolj učinkovit način varčevanja z energijo je vsekakor toplotna izolacija. S pravilno izbrano in vgrajeno toplotno izolacijo ne zagotovimo le manjše rabe energije in posledično manjše stroške ogrevanja, ampak tudi ugodno bivalno okolje s primerno temperaturo in vlažnostjo zraka ter vsebnostjo CO₂ v prostoru [89]. Da zadostimo pogojem trajnostne gradnje moramo tudi pri toplotni izolaciji izbrati materiale, ki v svojem življenjskem obdobju (v fazi proizvodnje, uporabe in razgradnje) čim manj obremenjujejo okolje. Med take materiale spadata celuloza, ovčja volna in lesni kosmiči, ki so med naravnimi izolacijskimi materiali najpogostejše uporabljeni. Seveda pa vrsta materiala za toplotno izolacijo ni najbolj pomembna. Največ pozornosti je treba nameniti predvsem debelini toplotne izolacije, saj je od nje odvisna energijska učinkovitost stavbe. Za primere obnov stavb, kjer je debelina navzgor omejena, moramo najprej rešiti možno debelino toplotne izolacije in šele nato prilagodimo vrsto izolacije. Pri novogradnjah pa je ravno obratno, saj si lahko poljubno najprej izberemo vrsto izolacije in nato določimo potrebno debelino [89]. Osnovno pravilo toplotno izolacijskih materialov za zaščito stavbnega ovoja je: manjša toplotna prevodnost in večja debelina materiala nam dasta učinkovitejšo toplotno zaščitno funkcijo. Materiali toplotnih izolacij, za katere menimo, da so trajnostni, nimajo nujno boljših toplotnih lastnosti, nižje cene ali so bolj ekološko pridelani kot klasični materiali, zato jih bomo podrobneje ocenili iz okoljskega in ekonomskega vidika.	
Celulozna izolacija Je zelo trajnostno naravnana izolacija, saj za njeno proizvodnjo ne potrebujemo nobenih novih surovin iz narave. Izdelana je namreč iz recikliranega papirja. Poleg tega se za proizvodnjo porabi zelo malo energije, po njeni dotrajanosti pa lahko celulozno izolacijo ponovno uporabimo oziroma recikliramo [90]. Za proizvodnjo celulozne izolacije se uporablja le časopisni papir in ne gladki, povošeni ali plastificirani papir. Papir mora biti suh in ne sme vsebovati nobenih nečistoč [90]. Celulozna izolacija je proti požaru zaščitena z borovo soljo, ki absorbira kisik in tako zaduši plamen. Borova sol ščiti celulozno izolacijo tudi pred insekti, gnilobo in plesnijo [91]. Celulozna izolacija se lahko uporablja pri novogradnjah ter tudi pri obnovah stavb. Primerna je za izolacijo sten lesenih hiš, vseh vrst streh, izolacijo talne plošče, medetažne plošče itd. [90]. Uporablja se tudi v številnih posebnih izvedbah, kot so toplotna izolacija zalogovnikov in boilerjev, izolacija okenskih okvirjev, akustične obloge proizvodnih delavnic itd. [91] Izolacija se s pomočjo vpihovalnega stroja vpahuje v prazne prostore v konstrukciji, ki jih s pomočjo zračnega pritiska zapolni v vsakem kotičku, zato obstaja manjša možnost za toplotne mostove [90].	 Slika 24: Celulozna izolacija [91]  Slika 25: Vgradnja celulozne izolacije [91]
Ovčja volna Edina izolacija živalskega izvora je toplotna izolacija iz ovčje volne. Njena uporaba je dobrodošla tudi pri ovcah, saj striženje volne ugodno vpliva na njihovo počutje [92]. Ovčja volna je ekološki naravni material, ki za svojo proizvodnjo ne potrebuje nobene dodatne energije, kot odpaden material pa prav tako ne obremenjuje okolja [92]. Varuje pred mrazom, negativnimi vplivi okolja in vzpostavlja prijetno klimo ter omogoča dober pretok zraka. Dobro uravnava temperaturo, pozimi počasi izgublja akumulirano toploto, poleti pa se ne pregreva [92].	 Slika 26: Vgrajena volna v obliki plošč [92]

Ker je v vlaknu ovčje volne veliko maščobe imenovane lanolin, ki s čim več vsebnostjo izboljšuje izolativnost, je odporna proti raznim zajedavcem in mikroorganizmom. Poleg tega je tudi protialergijska, saj odbija prah, pršice in vlažnost [92].

Kljub vsej odpornosti, ki jo ima ovčja volna sama, pa je volnena izolacija dodatno zaščitena z naravnim zaščitnim sredstvom proti zajedavcem in vnetljivosti [92].

Uporablja se za novogradnje in obnove streh, stropov, tal, predelnih sten in kot izolator na notranji strani sten iz masivnih zidov in lesenih brun [92].

Volnena izolacija je lahko v obliki plošč, ki se vgrajuje po principu polaganja in mehanskega pritrdjevanja, ali v razsutem stanju (kot oblika runa), kjer jo tlačimo za opaž [92].



Slika 27: Vgrajena volna v razsutem stanju [92]

Izolacija iz lesnih kosmičev

Izdelana je iz čistega lesa iglavcev in naravno predelana v obliko mehkih kosmičev. Njena toplotna izolativnost je kar 3,5-krat večja kot pri lesu v naravni obliki [93].

Med vsemi naravnimi izolacijami ima najmanjšo toplotno prevodnost ($U = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$) in najvišjo specifično toploto ($c = 2100 \text{ J/kgK}$). Kombinacija visoke specifične toplote in visoke gostote vgrajenega materiala zagotavlja izolaciji iz lesnih kosmičev največjo toplotno stabilnost med izolacijami in posledično največji fazni zamik toplote (razlika časa med pojavom najvišje temperature na zunanji strani konstrukcije in notranji strani konstrukcije), kar ji daje odlično odpornost proti poletni vročini [93].

Izolacija iz lesnih kosmičev ima prav tako kot naravni les veliko pozitivnih lastnosti: uravnava mikroklimo v prostoru, čisti zrak v prostoru, nase veže odvečno vlago in jo po potrebi vrača v prostor, je mehka na otip in prijetnega vonja [93].

Izolacija sledi trajnostnim načelom čez celo svojo življenjsko dobo, saj ne obremenjuje okolja, niti v času proizvodnje, uporabe, niti po končani uporabi [93].

Odporna je proti gorenju in s svojo visoko gostoto tudi zelo dobro duši ogenj. Visoka gostota omogoča tudi odlično zvočno izolativnost [93].

Uporablja se kot izolacija zunanjih sten, podstrešja, stropov, medetaž in notranjih sten skeletnih hiš, montažnih hiš in brunaric [93].

Izolacija iz lesnih kosmičev je lahko v obliki plošč, ki je namenjena predvsem samograditeljem, ali v razsutem stanju, kjer je potrebna profesionalna strojna vgradnja. Pri strojni vgradnji material zapolni vse kotičke in nepravilne oblike v konstrukciji, zato se s tem zmanjša nastanek toplotnih mostov [93].



Slika 28: Izolacija iz lesnih kosmičev v obliki plošč [94]

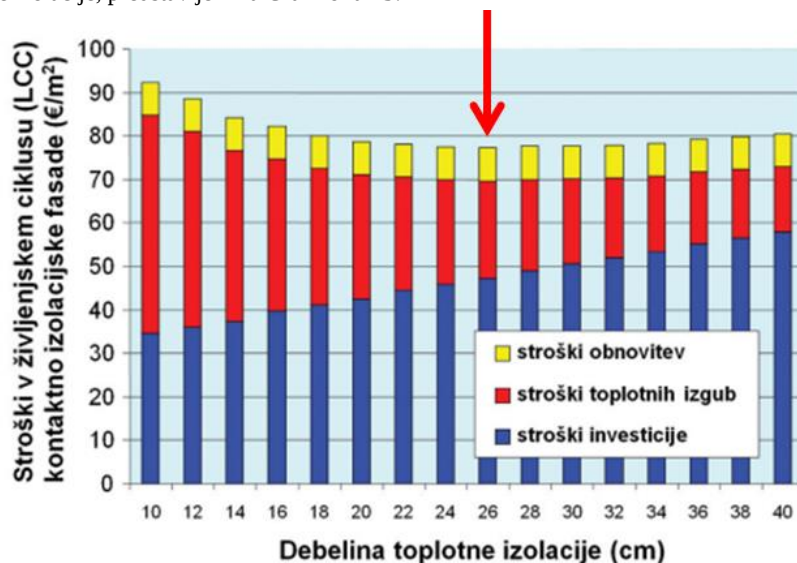


Slika 29: Izolacija iz lesnih kosmičev v razsutem stanju [94]

Ekonomski vidik:

Toplotna izolacija predstavlja cenovno najboljši način varčevanja z energijo. S standardi predpisana minimalna debelina toplotne izolacije ni nikoli predstavljala dobre ekonomske odločitve. Glede na to, da se pri trajnostnih stavbah pričakuje dolga življenjska doba objekta, je večja debelina toplotnih izolacij bolj ekonomično upravičena. Tudi v današnjem obdobju, ko se višajo cene energentov, višajo standardi toplotnega udobja in se v čim večji meri želi ohranjati naravno okolje, je debelejši sloj toplotne izolacije pametna naložba v stavbo [95].

S pomočjo metode stroškov v življenjskem ciklusu (LCC) je bila narejena analiza kontaktne izolativne fasade, saj je le ta pri nas najpogostejše izvedena. Kontaktna fasada je fasada, pri kateri so vsi sloji, od toplotne izolacije do osnovnega in zaključnega ometa, med seboj povezani oziroma v kontaktu. Stroški skozi celotno življenjsko dobo kontaktne fasade so razdeljeni na stroške investicije, stroške toplotnih izgub skozi zunanji ovoj in stroške obnovitev zaključnega sloja v odvisnosti od debeline toplotne izolacije [95]. Ti stroški so, v odvisnosti od različne debeline toplotne izolacije, predstavljeni na Grafikonu 23.



Grafikon 23: Stroški v življenjskem ciklusu (LCC) kontaktno izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije [95]

Iz grafikona lahko razberemo, da so stroški investicije in toplotnih izgub odvisni od debeline toplotne izolacije, medtem ko so stroški obnovitev neodvisni. Z večanjem debeline toplotnega ovoja se večajo tudi stroški investicije, se pa zato s tem manjšajo stroški toplotnih izgub.

Minimalni stroški v celotnem življenjskem obdobju kontaktne fasade so doseženi pri 26 cm debeli toplotni izolaciji. Ekonomično se večje debeline toplotne izolacije splačajo le pri višjih cenah energentov, nižji ceni toplotnih izolacij in pričakovani daljši življenjski dobi objekta. S stališča trajnostnega razvoja, pri katerem se pričakuje daljša življenjska doba in varovanje okolja se lahko vgrajujejo do 35 cm debeli sloji toplotne zaščite, kar pa je trenutno tudi maksimum zaradi težav pri izvedbi. Pri nas se najpogostejše pri masivnih stenah vgrajuje 14 cm toplotne izolacije, kar pa je glede na ekonomičnost stavbe pametno povečati. Vsak dodatni centimeter debeline toplotne zaščite namreč predstavlja samo dva odstotka višjo naložbo, ki se pa hitro povrne. To pomeni, da lahko pri 20 odstotnem povišanju stroškov investicije, pridobimo kar 10 cm več toplotne izolacije, ki nam bo še kako povrnila začetne stroške. Pomembno je tudi vedeti, da Eko sklad [88], slovenski okoljski javni sklad, nudi nepovratno finančno spodbudo vsem, ki se odločijo za dobro toplotno izolacijo, namenjeno zmanjševanju toplotnih izgub pri obnovi ali gradnji stavbe [95].

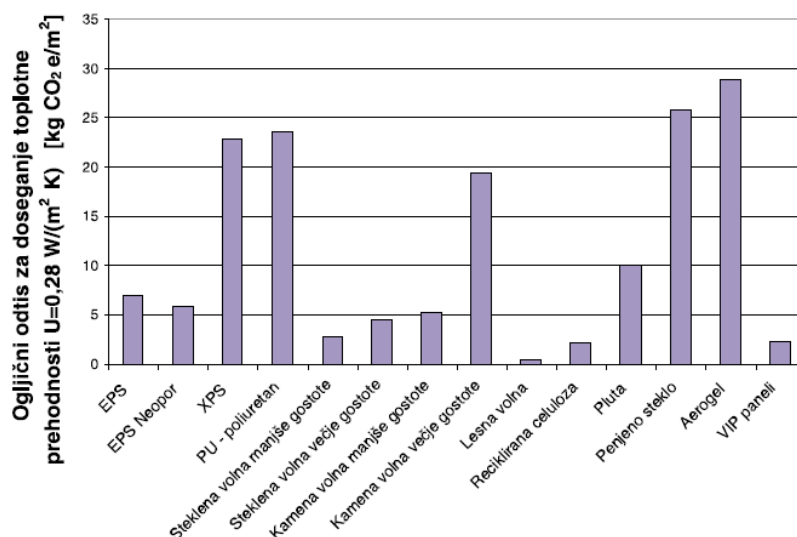
Stroški v celotnem življenjskem obdobju toplotno izolacijskega sloja so bili izračunani glede na trenutne razmere v gospodarstvu. Ker pa stavbo gradimo za prihodnost, v kateri bodo cene energentov samo naraščale, stavbe pa bodo morale zadostiti vsem vidikom trajnostne gradnje, je pri začetnem vložku v toplotno izolacijo pametno dobro premisliti in izbrati večjo debelino toplotne izolacije. Seveda pa ne smemo pozabiti na zdravo pamet, ki nam pravi, da se večanje debeline izolacije splača samo do določene mere. Kar pomeni, da je izolativni doprinos 25 cm in 35 cm debele izolacije približno enak, cena pa je občutno različna [95].

Okoljski vidik:

Pravilna izbira toplotnoizolacijskih materialov je najboljši ukrep zmanjšanja okoljskih vplivov stavb. V splošnem velja, da je pri trajnostni gradnji za toplotni ščit treba preveriti, kakšen je ogljikov odtis tudi pri umetnih materialih, saj imajo ti, ob isti toplotni izolativnosti, manjšo toplotno prevodnost in manjšo gostoto materiala [96].

V sklopu znanstvenega članka: Ogljikni odtis toplotnoizolacijskih materialov v toplotnem ovoju stavb (Kunič, Tavzes, Kutnar) [96] je bila narejena raziskava, v kateri so primerjali okoljske vplive različnih toplotnoizolacijskih materialov. V izračunih so se omejili na emisije, ki jih izolacijski materiali povzročijo do vgradnje (brez upoštevanja emisij, ki jih povzroči upravljanje stavb) in pri tem upoštevali potrebno debelino toplotne izolacije za doseganje največje toplotne prevodnosti zunanjih sten, in sicer $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, ki je predpisana po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES-2 2010 [28]) [96].

Na Grafikonu 24 je prikazan ogljikov odtis različnih toplotnoizolacijskih materialov, pri katerih je potrebna debelina določena za izpolnitev omenjenega pogoja toplotne prehodnosti zunanjega ovoja.



Grafikon 24: Ogljikov odtis toplotnoizolacijskih materialov debeline, ki je potrebna, da je dosežena toplotna prehodnost zunanjega ovoja $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, prikazan na enoto površine ovoja stavbe [m²] [96]

Iz zgornjega grafa odčitamo, da ima najmanjši vpliv na okolje lesna volna. Ta nastaja s fotosintezo, ki iz atmosfere veže ogljikov dioksid. Nizek vpliv na okolje ima tudi reciklirana celuloza. Oba naravna materiala namreč sama ne vplivata negativno na okolje, ampak ogljikov odtis večinoma povzročijo njuni dodatki proti gorenju, plesni, gnitju in trohnenju [96]. Dobre rezultate pri vrednotenju vplivov na okolje so dosegli tudi vakuumsko izolacijski paneli (predvsem na račun svoje nizke toplotne prevodnosti) ter kamena in steklena volna manjše gostote (zaradi nizke gostote) [96].

V raziskavi so za primerjavo med fizikalnimi lastnostmi toplotnoizolacijskih materialov in njihovim vplivom na okolje (Preglednica 21) uporabili podatke o povprečni gostoti toplotnoizolacijskih materialov, njihovi toplotni prevodnosti in potrebni debelini za doseganje toplotne prehodnosti $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$. Te podatke so primerjali z ogljikovim odtisom posamezne toplotne izolacije na enoto površine individualne hiše (tj. m²), da bi dosegli toplotno prehodnost $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ in z identičnim ogljikovim odtisom, ki ga povzroči avtomobil srednjega razreda s prevoženo razdaljo [96].

Za osnovno nosilno konstrukcijo je bil podan armiranobetonski zid z debelino 15 cm, ki je bil na eni strani ometan s cementno-apnenim ometom debeline 2 cm [96].

Preglednica 17: Primerjava med fizikalnimi lastnostmi toplotnoizolacijskih materialov, ogljikovim odtisom različnih toplotnoizolacijskih materialov za doseganje toplotne prehodnosti $U = 28 \text{ W/m}^2\text{K}$ na enoto površine ovoja stavbe (m^2) in z okoljskim vplivom, ki ga povzročimo s prevozom z osebnim avtomobilom srednjega razreda [96]

Toplotnoizolacijski material	Povprečna gostota $[\rho]$	Toplotna prevodnost $[\lambda]$	Potrebna debelina toplotne izolacije za $U=28\text{W/m}^2\text{K}$	Ogljikov odtis toplotne izolacije za $U=28\text{W/m}^2\text{K}$	Ekvivalent razdalje prevoza z osebnim avtomobilom
	kg/m^3	mW/mK	cm	$\text{kg CO}_2\text{-e/m}^2$	km
EPS	16	38	12,9	7,0	20,9
EPS Neopor	16	31	10,5	5,9	17,6
XPS	32	36	12,2	22,8	68,6
PU – poliuretan	45	32	10,8	23,5	70,7
Steklena volna manjše gostote	15	38	12,5	2,7	8,2
Steklena volna večje gostote	30	34	11,5	4,5	13,5
Kamena volna manjše gostote	40	36	12,2	5,3	15,8
Kamena volna večje gostote	160	40	13,5	19,5	58,5
Lesna volna	55	42	14,2	0,5	1,4
Reciklirana celuloza	45	40	13,1	2,2	6,5
Pluta	60	43	14,5	10,0	30,1
Penjeno steklo	150	45	14,8	25,7	77,2
Aerogel	140	15	4,9	29,0	87,0
VIP paneli	170	6	2,0	2,3	6,8

Umetni ali plastični materiali imajo v povprečju manjšo gostoto in toplotno prevodnost kot naravni toplotnoizolacijski materiali. So zelo kompaktni in se lažje vgradijo. Se pa zato zelo slabo obnašajo do okolja, saj imajo večji ogljikov odtis. Kljub temu pa se izkaže, da imajo umetni materiali zaradi majhne gostote in zelo nizke toplotne prevodnosti lahko primerljiv ogljikov odtis z naravnimi toplotnoizolacijskimi materiali glede na enak učinek toplotne izolativnosti oziroma enako vrednost toplotne prehodnosti [96].

Tako pridemo do sklepa, da ni toliko pomemben okoljski vpliv toplotne izolacije, saj je le ta v primerjavi z drugimi gradbenimi materiali majhen, ampak kakšen tip konstrukcije imamo, kolikšno debelino potrebujemo in kako bo izbira materiala vplivala na nas [96].

Socialni vidik:

Ljudje se raje odločamo za naravne materiale, saj nas ti bolj povezujejo z naravo. Vendar nam cenovno ugodne rešitve predstavljajo večji pomen. Zato se bomo zaradi vseh omenjenih prednosti odločili raje za debelejšo toplotno izolacijo. Vendar pa debelejša toplotna izolacija pomeni tudi debelejšo zvočno izolacijo. Seveda si želimo mirno bivanjsko okolje, vendar bi nas prekomerna zvočna izolacija lahko osamila od vseh pozitivnih zunanjih zvokov. Debel zvočni ščit bi nas lahko prikrajšal za čivkanje ptic, šelestenja listja, pomirjujočega zvoka dežnih kapljic, sosede, ki nas kliče na kavo ali enostavno otroka, ki joče zaradi opraskanega kolena [68]. Vse to nam prinaša ugodno bivanje, zato je treba dobro razmisliti o debelini toplotnega in zvočnega sloja.

Zdravstveni vidik:

Najprimernejši toplotnoizolacijski materiali iz vidika zdravja so vsekakor naravni, saj imajo najmanjše izpuste emisij toplogrednih plinov v ozračje in s tem skrbijo za bolj kakovosten zrak v okolici. Naravni materialni niso nevarni zdravju, saj niso strupeni, ne povzročajo težav z dihalni in ne povzročajo alergij, vendar le v primeru, da nimajo škodljivih dodatkov. Poleg tega se pri vgradnji naravnih toplotnoizolacijskih materialov ne uporabljajo nobena lepila, ki bi bila škodljiva za zdravje (na primer: pri lepljenju EPS in XPS izolacijskih plošč (stiropor in stirodur) in mineralne volne na gradbene podlage, se najpogosteje uporablja lepilo na poliuretanski osnovi, ki pa je, kot smo že dokazali, nevaren za zdravje).

4.6 Okno kot pomemben vir dnevne svetlobe v prostoru

OKNO

Trajnostna stavba mora biti oblikovana tako, da omogoča čim večjo uporabo dnevne svetlobe, do čim večje globine prostorov na čim bolj ekonomičen in enostaven način in pri tem mora varčevati z energijo za osvetljevanje, gretje in hlajenje [68].

Stavbo načrtujemo tako, da zagotovimo dnevno osvetljenost prostorov čim daljši čas, predvsem pa v tistih časovnih obdobjih, ko se v prostorih največ zadržujemo. V javnih stavbah bi naj bili delovni prostori dnevno osvetljeni vsaj 90 % delovnega časa (npr. med 9. in 17. uro), saj bi s tem ugodno vplivali na uporabnike (višja storilnost) in prihranili energijo (manjša poraba energije za osvetljevanje in hlajenje) [97].

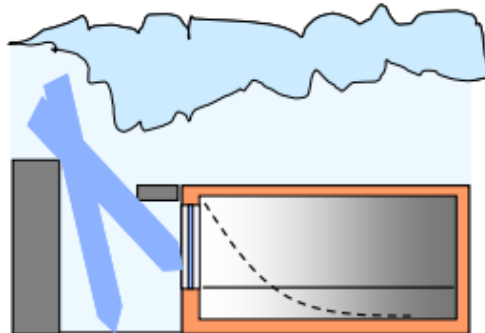
Na osvetljenost v prostoru pa vpliva veliko različnih faktorjev: geografski položaj, orientacija, velikost okenske odprtine, lega okenske površine (postavitev nizko ali visoko), oblika okenske odprtine (vertikalna ali horizontalna), zasteklitev, okenski okviri, debelina zunanje stene, vpliv ovir na stavbi, lastnosti notranjih površin, notranje ovire in vpliv ovir v okolici stavbe [97].

Časovne enakomernosti dnevnega osvetljevanja ne moremo zagotoviti, zato moramo takrat, ko dnevne svetlobe ni na voljo, uporabiti umetne vire svetlobe. Ker dnevna svetloba v notranjih prostorih po globini hitro upada, ne moremo zagotoviti niti prostorske enakomerne osvetljenosti. To dosegamo s svetlobnimi odprtinami na več mestih in s pomočjo elementov, ki lomijo ali preusmerjajo svetlobo [97].

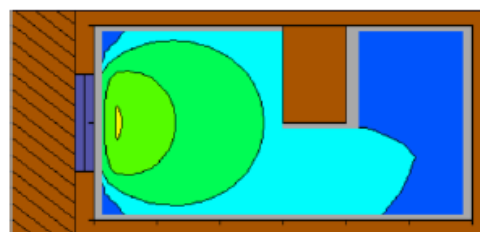
Okno

Okno nam nudi povezavo z zunanjim svetom, daje svetlobo, varnost in udobje. Dnevna svetloba, ki prihaja v stavbo skozi okenske odprtine, pomeni kvaliteten vir energije in dobrega počutja. Osnovno vodilo vseh proizvajalcev oken je, da so energijsko varčna. Vendar pa morajo kakovostna okna poleg tega prepuščati, čim več dnevne svetlobe, omogočati prezračevanje prostorov, nuditi dobro zvočno izolativnost, varnost in stik z okoljem. PVC, les in aluminij so osnovni materiali oken, iz katerih sta zgrajena okvir in krilo. Imajo zelo podobne vrednosti toplotne in zvočne izolativnosti. Toplotno izolativnost okna pa povečamo tudi z ustrezno izbiro zasteklitve. Energijsko učinkovitost oken dosegamo z dvojno ali trojno zasteklitvijo. Kot trajnostna in najbolj energijsko varčna se čedalje več promovirajo in uporabljajo okna s troslojnim steklom [98].

Katera okna pa so res najboljša, si bomo ogledali iz okoljskega, ekonomskega, socialnega in zdravstvenega vidika.



Slika 30: Vpliv različnih faktorjev na osvetljenost prostora [97]



Slika 31: Dnevna svetloba v notranjih prostorih po globini hitro upada [97]

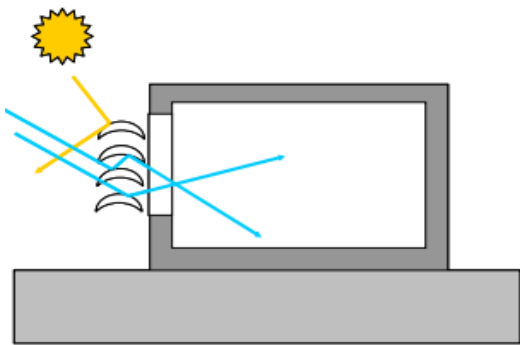
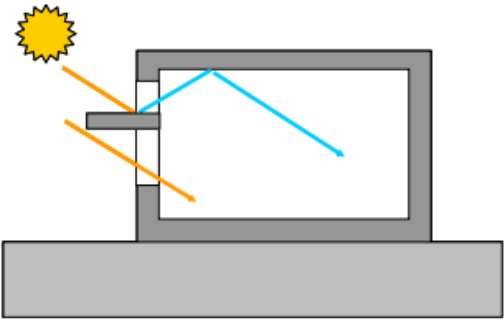


Slika 32: Okno s troslojno zasteklitvijo na obravnavani novogradnji Fakultete za računalništvo v Ljubljani

Ekonomski vidik:	Če želimo kupiti ekonomično ugodna okna, in hkrati zadostiti še okoljskemu vidiku bomo izbirali med lesenimi in PVC okni. Aluminijasta okna so namreč najdražja, njihova edina prednost pred ostalima materialoma pa je najboljša odpornost proti zunanjim vplivom. Poleg tega imajo tudi najslabšo toplotno izolativnost. Imajo dolgo življenjsko dobo, katero pa dosežemo tudi s PVC okni, razlika je le, da so ti dosti cenejši. Kot najcenejši material, so zato PVC okna tudi najpogostejša izbira pri nakupu oken pri nas. Cenovno bi se lahko ob subvencioniranju Eko sklada [88] primerjala z njimi tudi lesena okna, vendar se za njih ljudje zaradi rednega vzdrževanja kljub ekološkemu materialu ne odločajo [99]. Proizvajalci oken promovirajo okna s trojno zasteklitvijo, saj naj bi bila ta ob malce višji ceni bolj toplotno izolativna in posledično zmanjševala stroške ogrevanja. Kot pa bomo ugotovili pri okoljskem vidiku, so boljša dvoslojna okna, saj so toplotni prihranki zanemarljivo majhni, prihranimo pa tudi pri začetnem vložku, saj so okna z dvojno zasteklitvijo cenejša [68].																																								
Okoljski vidik:	S stališča energetske učinkovitosti ovrednotimo okna glede na toplotno prehodnost, prepustnost sončnega obsevanja in prepustnost zraka. Toplotna prehodnost nam pove kolikšen toplotni tok steče skozi konstrukcijski sklop površine 1 m² pri temperaturni razliki 1 K na obeh straneh zidu. Višja kot je toplotna prehodnost, višji so toplotni tokovi in večje so toplotne izgube [98]. Povzeto po TSG-1-004:2010 [29]: »Toplotna prehodnost oken (steklo in okvir) v odvisnosti od materiala okvirjev ne sme biti večja od 1,3 W/m²K pri oknih z lesenim profilom, profilom iz umetne mase in profilom iz kombinacije materialov, katerih osnova je profil iz lesa ali umetne mase, oziroma od 1,6 W/m²K pri oknih s kovinskimi okvirji.« Okna iz dveh šip imajo večjo toplotno prehodnost kot okna s trojno zasteklitvijo, zato prepustijo več sončne energije. Pri prepustnosti sončnega obsevanja (g) moramo upoštevati dva različna načina senčenja, in sicer s pomočjo senčil ali s sončno zaščitnimi stekli. Najbolj pogost primer je uporaba senčil, s katerimi si pomagamo predvsem poleti, zato se pri teh oknih zahteva čim višja energijska prepustnost. Tretja količina energijske lastnosti okna, pa je prepustnost zraka, ki jo moramo obravnavati posebej kot prepustnost v pripihih in posebej kot prepustnost vgrajenega okna [98]. Pri izbiri materiala za okvir moramo, tako kot vse materiale, ki želijo slediti trajnostnemu razvoju, paziti kakšen ima vpliv na okolje čez celoten življenjski cikel. Najmanjši vpliv ima vsekakor okno iz lesa, ki ima v času proizvodnje manjši izpust CO₂ kot PVC okno ali okno iz aluminija. Če pa pogledamo naslednji grafikon (Grafikon 25), vidimo, da se izpusti CO₂ v celotnem življenjskem obdobju ne razlikujejo precej, kar lahko interpretiramo s tem, da mora biti leseno okno v času svoje uporabe večkrat zaščiteno pred vremenskimi vplivi z raznimi kemikalijam, ki povzročajo ogljikov dioksid. GWP100 1089 kg CO₂-eq. 996 kg CO₂-eq. 906 kg CO₂-eq. <table><thead><tr><th>Material</th><th>ALUMINIJ</th><th>PVC</th><th>LES</th></tr></thead><tbody><tr><td>Transport</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Razgradnja</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Okvir(material)</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Pov. obdelava</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Živ.doba 30 let</td><td>~0</td><td>~0</td><td>~-100</td></tr><tr><td>Proizvodnja</td><td>~1000</td><td>~900</td><td>~800</td></tr><tr><td>Tesnilo</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Montaža</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Skupaj</td><td>1089</td><td>996</td><td>906</td></tr></tbody></table> Grafikon 25: Izpust CO₂ za različne materiale oken [98] Toplotno izolativnost oken lahko izboljšamo z ustrezno izbiro zasteklitve. Najboljšo toplotno izolativnost dosežemo s troslojnim steklom, katero lahko doseže stopnjo izolativnosti samo 0,5 W/Km²[98]. Ker pa imajo okna z dvojno zasteklitvijo boljšo toplotno prehodnost in prepuščajo več sončne energije, smo primerjali obe vrsti zasteklitve.	Material	ALUMINIJ	PVC	LES	Transport	~10	~10	~10	Razgradnja	~10	~10	~10	Okvir(material)	~10	~10	~10	Pov. obdelava	~10	~10	~10	Živ.doba 30 let	~0	~0	~-100	Proizvodnja	~1000	~900	~800	Tesnilo	~10	~10	~10	Montaža	~10	~10	~10	Skupaj	1089	996	906
Material	ALUMINIJ	PVC	LES																																						
Transport	~10	~10	~10																																						
Razgradnja	~10	~10	~10																																						
Okvir(material)	~10	~10	~10																																						
Pov. obdelava	~10	~10	~10																																						
Živ.doba 30 let	~0	~0	~-100																																						
Proizvodnja	~1000	~900	~800																																						
Tesnilo	~10	~10	~10																																						
Montaža	~10	~10	~10																																						
Skupaj	1089	996	906																																						

	V sklopu znanstvenega članka Pasivna hiša proti bioklimatski hiši (Krainer, Košir, Kristl, Dovjak) [68] je bila narejena primerjalna analiza dvojne in trojne zasteklitve na vzorčni stavbi. Struktura dvojne zasteklitve je bila steklo optifloat clear 4 mm + argon polnilo 15 mm + steklo optitherm S3 4 mm s tehničnimi podatki: $U = 1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 61\%$ in $\tau_v = 76\%$. Struktura trojne zasteklitve pa je bila steklo optitherm SN 4 mm + argon polnilo 12 mm + steklo optifloat clear 4 mm + argon polnilo 12 mm + steklo optitherm SN 4 mm s tehničnimi podatki: $U = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 50\%$ in $\tau_v = 66\%$. Pri tem so U toplotna prehodnost, g faktor prepustnosti sončnega obsevanja in τ_v [68]. Pri najmanjši dovoljeni okenski odprtini je bila specifična letna poraba energije za ogrevanje za primer dvojne zasteklitve $68,33 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, v primeru trojne zasteklitve pa $67,80 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. To pomeni, da se je pri trojni zasteklitvi poraba energije zmanjšala za $0,78\%$, pri tem pa se je povprečna letna osvetljenost z dnevno svetlobo zmanjšala za $13\text{--}15\%$. V primeru z največjo okensko odprtino pa je bila specifična poraba energije za ogrevanje pri dvojni zasteklitvi $59 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, v primeru trojne zasteklitve pa $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar pomeni 7% manjšo porabo. Pri tem se je povprečna letna osvetljenost pri idealnih razmerah zmanjšala za 14%. Upoštevana so bile idealne razmere, in sicer čisto steklo in vpadni kot sončne svetlobe 90°. V realnosti, kjer pa se upošteva faktor umazanosti stekel in dejanski vpadni kot sončnega sevanja, pa se osvetljenost z dnevno svetlobo zmanjša za kar 38% [68]. Tako pridemo do sklepa, da so okna z dvojno zasteklitvijo kljub zanemarljivo večji porabi energije boljše izbira oken pri trajnostni stavbi. Obenem še povejmo, da so dvojno zastekljena okna, prijaznejša do okolja kot trojna, saj je pri trojni zasteklitvi uporabljena večja količina materiala. Slika 33: Toplotna prehodnost okna z v dvojno ali trojno zasteklitvijo [100]
Socialni vidik:	Kot smo že dokazali pri okoljskem vidiku, so predvsem s stališča družbe dvojna zastekljena okna boljše izbira. Prepuščajo več dnevne svetlobe in s tem ugodno vplivajo na ljudi. Sončna svetloba namreč pomaga k bolj učinkovitemu delu, večji zbranosti in pripomore k boljše počutju ljudi. Večslojna zasteklitev pomeni tudi večjo teže okenskega sistema, zato bodo montažerji na mestih, kjer ne morejo uporabiti dvigal, lažje vgradili dvoslojno zastekljena okna. Pri izbiri materiala za okvir, se bomo ljudje raje odločili za lesena okna, saj je to naravni material, ki vpliva na ugodno počutje v prostoru.
Zdravstveni vidik:	Izbira oken je s stališča zdravja zelo pomembna, saj lahko slaba svetloba neugodno vpliva na počutje ljudi, njihove fizične zmožnosti in psiho ter prispeva k poslabšanju zdravstvenega stanja. Ker človek povprečno preživi 90% časa v zaprtem okolju, potrebuje za svoje delovanje in počutje ustrezno dnevno svetlobo. Če ta ni zagotovljena, se lahko kot posledica pomanjkanja le te pojavijo: motnje cirkadianega ritma (motnje spanja in budnosti), SBS (sindrom bolne stavbe), zmanjšanje produktivnosti (nižja raven energije, nižja raven koncentracije ...), sezonska depresija, sad (sezonska afektivna motnja), večja pogostnost rakavih obolenj itd. [97]. Več dnevne svetlobe prepuščajo dvojno zastekljena stekla, zato ta pripomorejo k boljšemu zdravju ljudi. V diplomski nalogi smo že večkrat omenili, da je les zdravju neškodljiv, zato bi se tudi pri izbiri materiala za okvir oken, odločili za lesena okna. Vendar le v primeru, da gre za čisti les, brez dodatkov kot so formaldehid, PVC in druge škodljive primesi.

4.7 Nadzor dnevne svetlobe in sončnega sevanja s senčili

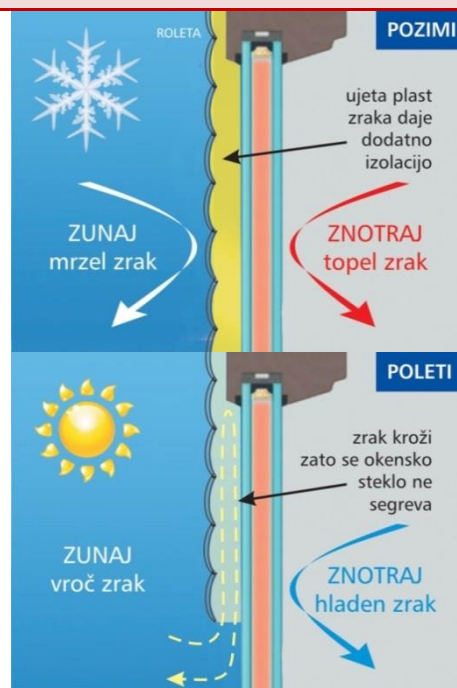
NADZOR DNEVNE SVETLOBE IN SONČNEGA SEVANJA S SENČILI	
Senčila imajo v stavbi pomembno vlogo, saj z njimi uravnavamo bivalno klimo v prostoru in povečamo energetske učinkovitost stavbe. S senčili se lahko zaščitimo pred UV žarki, premočno svetlobo in toploto, ter zmanjšamo učinek bleščanja. V grobem jih lahko razdelimo na zunanja in notranja senčila [101]. Najprimernejša izvedba je senčilo na zunanji strani zastekljenega okna, saj nam ta v poletnih dneh preprečuje močan vdor svetlobe in toplote v prostor. Zunanja senčila lahko razdelimo na fiksna (balkoni, pergole, nadstreški, napušči ...) in pomična (žaluzije, rolete, polkna ...). Fiksna senčila omejujejo vpad sončnega sevanja čez celo leto in jih ne moremo spreminjati, zato nam lahko, če niso dobro projektirana, v zimskem času povzročajo s svojim senčenjem tudi škodo. Najbolj uporabna senčila so zato vsekakor pomična zunanja senčila, med katerimi so najpogostejše uporabljene rolete in žaluzije. Senčilo na notranji strani ni primerno, saj sonce ogreva stekleno površino, ki poleg sončnih žarkov dodatno ogrevajo notranji prostor [101].	 Slika 34: Energetska učinkovitost senčila glede na lego [101]
Žaluzije	
Za žaluzije se večinoma odločajo ljudje, ki si želijo moderen videz stavbe in imajo željo po spreminjanju vpadnega kota svetlobe. So najbolj primerne za senčenje večjih površin in predvsem uporabne za okna nestandardnih oblik. Žaluzije so zelo raznolike, lahko imajo horizontalne ali vertikalne lamele, izbiramo lahko med različnimi barvami, širino in obliko lamel, različnimi materiali (aluminij, steklo ...), zato ustrezajo kakršnim koli slogom arhitekture. Njihova velika prednost pred roletami je tudi ta, da lahko svetlobo uravnavamo s spreminjanjem nagiba lamel. Poleti je potrebno naklon lamel obrniti tako, da odbijejo čim več sončnih žarkov in s tem preprečimo pregrevanje stavbe. Pozimi pa žaluzije nimajo nobene funkcije, ki bi pripomogla k boljši energijski učinkovitosti [97].	 Slika 35: Prikaz delovanja horizontalnih lamel [97]
Svetlobna polica	
Svetlobna polica (»light shelf«) opravlja dve nalogi, je senčilo in element za izboljšanje osvetljenosti ob enem. Polica, ki deli okno na dva dela nad nivojem oči, je lahko nameščena zunaj, znotraj ali kombinirano. Svetlobni odbojnik svetlobo v zgornjem delu okna odbija proti stropu (zgornja površina police je obdelana z visoko reflektivnim materialom) in tako omogoča da svetloba prodre globlje v prostor, v spodnjem delu pa je osvetlitev direktna (polica zagotavlja senčenje, zmanjšanje kontrasta in nevarnosti bleščanja). Običajno se uporabljajo pri visokih in nizkih oknih poslovnih stavb in raznih institucij. [97].	 Slika 36: Prikaz delovanja svetlobne police [97]

Rolete

Omogočanje dodatne izolacije okenskih stekel, popolna zatemnitev prostora, dodatna zvočna zaščita in varnost so najpomembnejše prednosti rolet pri lažji izbiri senčil [102].

Vendar pa je potrebno za najboljši energijski učinek znati rolete pravilno uporabljati.

Pozimi, takoj ko se stemni spustimo rolete, saj nam tako nudijo dodatno toplotno izolacijo in zmanjšujejo toplotni prehod skozi okno. Ker so pozimi dnevi kratki, nam tako spuščene rolete lahko veliko prispevajo k prihranku energije in manjšim stroškom ogrevanja. Večina ljudi v poletni vročini spusti rolete do konca, kar pa ni pravilno. Rolete je potrebno spustiti približno 15-20 cm nad okensko polico, saj s tem omogočimo kroženje zraka med roletami in okenskim steklom, zato sta ta zrak in steklo manj vroča [102].



Slika 37: Uporaba rolete pozimi in poleti [102]

Ekonomski vidik:

Senčila mogoče res predstavljajo dodaten strošek pri gradnji stavbe, ki se marsikomu zdi nepotreben, vendar se, kot se pokaže šele kasneje pri uporabi stavbe, vsekakor splača. O tipu senčil je treba že na začetku dobro premisliti in se ne ozirati le na ceno.

Senčila iz blaga so mogoče res najcenejša oblika senčil, vendar pa se na dolgi rok nikakor ne obnesejo, saj se blago umaže in obledi, poleg tega pa nudijo precej slabšo zaščito kot na primer rolete in žaluzije [102].

Kljub mogoče malce večje začetnemu finančnemu vložku, so najprimernejša senčila rolete, pri katerih se nam dolgi rok investicija hitro povrne. Ker omogočajo dodatno izolacijo okenskih stekel, lahko prihranimo tudi pri stroških za ogrevanje in hlajenje stavbe.

Okoljski vidik:

Rolete, v primerjavi z žaluzijami, ob pravilni uporabi nudijo toplotno izolacijo okna in stekel ter zmanjšujejo toplotni most. S tem prispevajo k varčevanju energije in ohranjanju okolja.

Socialni vidik:

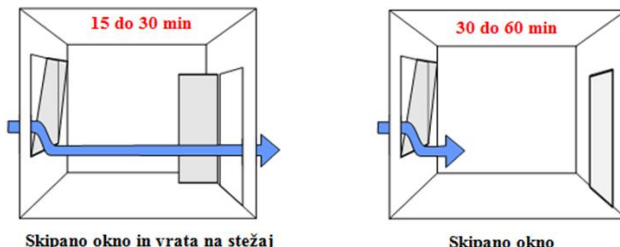
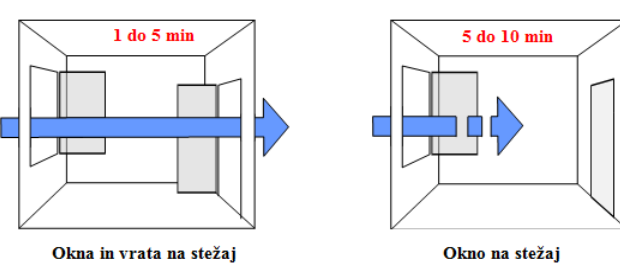
S senčili vzdržujemo v prostoru ugodno bivalno klimo, nadzorujemo dnevno svetlobo, vzpostavljamo zasebnost itd. Pomembna naloga senčil je tudi nadzor bleščanja (občutek, ki nastane zaradi bleščavih (sijočih) površin v vidnem polju), ki lahko neugodno vpliva na psihološko počutje ljudi. Omejevanje bleščanja je pomembno, saj lahko zaradi bleščanja pride do napak, utrujenosti in nesreč [97].

Najenostavnejša oblika senčil so rolete in žaluzije, katerih nadzor je lahko ročni ali avtomatski. Za vzdrževanje so primernejše rolete, saj je žaluzije težje čistiti [97].

Zdravstveni vidik:

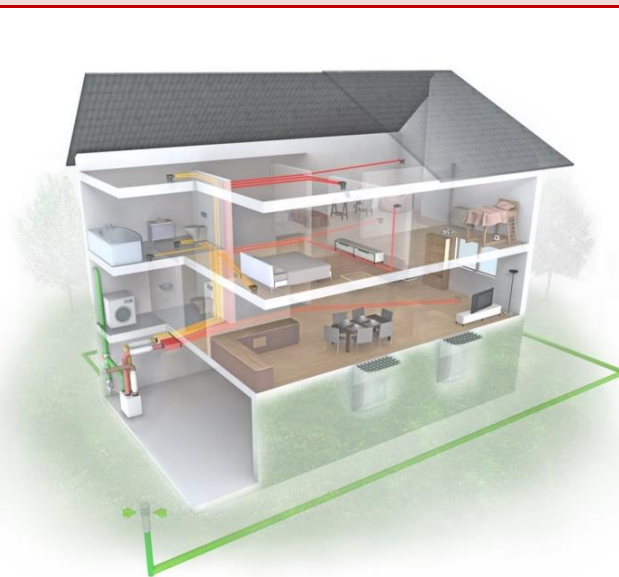
Direktna sončna svetloba in bleščavost sta lahko pri ljudeh zelo moteča dejavnika, ki lahko pripeljeta do manjših zdravstvenih težav, kot so glavobol, stres, depresija, težave z očmi itd. Zato s senčili ne vplivamo le na udobno bivanje, temveč tudi na zdravo bivanje v prostoru.

4.8 Sistem za mehansko prezračevanje

SISTEM ZA MEHANSKO PREZRAČEVANJE	
Z razvojem trajnostne gradnje, učinkovitimi izolativnimi materiali, dobri zrakotesnosti, želji po energetski varčnosti in varovanju okolja se je bistveno povečala potreba po najboljšem bivalnem udobju in s tem potreba po kvalitetni prezračенosti prostorov. Majhna toplotna prehodnost skozi ovoj stavbe in dobro izolirana okna povzročita, da se v stavbi zadrži vlaga, neprijetne vonjave in razne škodljive snovi [68]. Nezadostno prezračevanje ima zato veliko škodljivih posledic: povečana količina CO₂ v prostoru, slabo počutje, nezbranost, glavobol, alergije, razmnoževanje mikroorganizmov in pršic ter nastajanje plesni [69]. Le z občasnim odpiranjem oken pa ne moremo zagotoviti dobrih bivalnih pogojev in zdrave klime, zato je pametna rešitev sistem mehanskega prezračevanja.	 Grafikon 26: Vzroki za slabo kakovosten zrak [103]
Naravno prezračevanje	
Če nimamo vgrajenega mehanskega prezračevanja, se moramo zateči k odpiranju oken, katerega bi morali izvesti vsako uro. Pri naravnem prezračevanju poznamo dolgotrajno in kratkotrajno zračenje. Dolgotrajno zračenje je odpiranje oken z zvrčanjem v polvertikalni položaj oziroma kot jim rečemo po domače skipana okna. Taka okna pustimo odprta večino dneva in v toplih dneh tudi čez noč. Z dolgotrajnim prezračevanjem pa izgubimo veliko toplote in izničimo funkcijo dobre toplotne izolacije stavbe in stavbnega pohištva. Veliko bolj primerno je kratkotrajno, vendar zato intenzivno prezračevanje z odpiranjem okna na stežaj. Tako prezračevanje bi mogli izvajati vsako uro in zračiti prostor z nekaj minutnim preprihom. S tem bi, v primerjavi z dolgotrajnim zračenjem, zmanjšali toplotne izgube in prihranili pri stroških ogrevanja [103]. Na slikah desno (Slika 39 in Slika 40) so prikazani načini prezračevanja in čas, ki je potreben, da se celoten zrak v prostoru zamenja s »čistim« iz zunanosti. Kot vidimo iz slik, je pri kratkotrajnem zračenju manjši tudi čas, ki je potreben za menjavo zraka iz okolice v prostor, zato je nekaj minutno odpiranje oken na stežaj bolj optimalna rešitev naravnega prezračevanja.	Dolgotrajno zračenje:  Slika 38: Dolgotrajno zračenje [103] Kratkotrajno zračenje:  Slika 39: Kratkotrajno zračenje [103]

Mehansko prezračevanje

Neprestano prezračevanje vsako uro je nujno, če želimo imeti prijetne in zdrave pogoje bivanja v stavbi. Se pa zavedamo, da ne moremo ves čas našega bivanja odpirati oken, sploh ne ponoči in v času odsotnosti. Zato je v trajnostni stavbi potreben sistem mehanskega prezračevanja, ki je najbolj energijsko učinkovita rešitev in s katerim zagotavljamo kakovost zraka v prostoru z dovodom svežega zraka v čiste prostore ter z odvodom odpadnega zraka iz obremenjenih prostorov. Zunanji zrak se zajema sveži zrak, ki poteka skozi filter, preko katerega se izločijo prašni in škodljivi delci, do prezračevalne naprave. Osrednji del naprave je prenosnik toplote oziroma rekuperator, v katerem se sveži zrak s toploto odpadnega zraka, ki se izsesava iz stavbe predgreje na temperaturo zraka v prostorih. Nato se ogreti sveži zrak dovaja v čiste prostore kot so spalnica, dnevna soba, jedilnica in delovna soba. Iz prostorov, ki so obremenjeni z vlago in neprijetnimi vonjavami (kuhinja, stranišče, kopalnica, pralnica) se odvaja odpadni zrak do prezračevalne naprave. V rekuperatorju odda toploto svežemu in hladnemu dovodnemu zraku, nato pa se po ceveh odvede na prosto. Tako je v stavbi zagotovljen vedno svež in čist zrak in ni potrebe po odpiranju oken. Pozimi lahko s pomočjo toplote zemlje predgrejamo svež zrak preden vstopi v sistem prezračevanja. Zunanji mrzli zrak vodimo v zemeljski kanalih in ga tako predgrejamo. To se izkaže za koristno tudi v poletnem času, saj lahko z njim vroč zrak ohlajujemo [104].



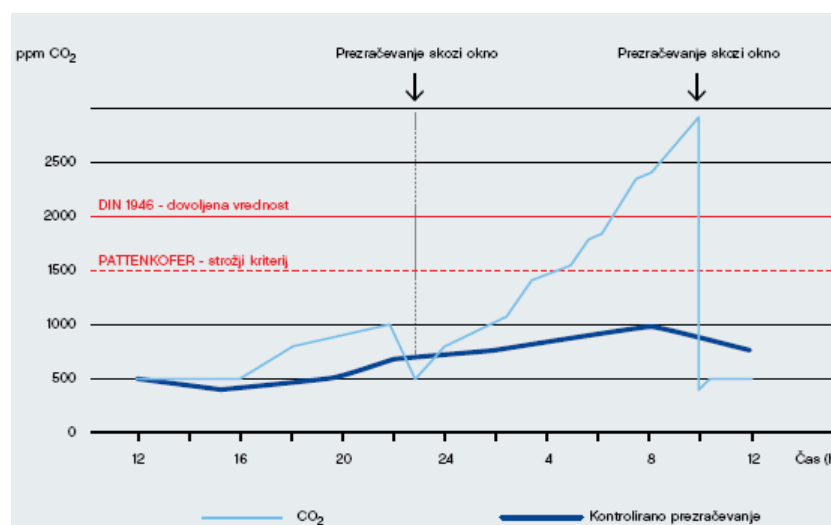
Slika 40: Prikaz delovanja mehanskega prezračevanja. Po zeleni cevi se zrak dovaja iz zunanosti, po rdeči potuje v čiste prostore, po rumeni pa gre odpaden zrak iz stavbe [105]

Ekonomski vidik:

Če se odločimo za mehansko prezračevanje na podlagi prihranka energije je pametno izbrati najcenejšo obliko, saj bi ob tudi petkrat višji investiciji v prezračevanje prihranili le okoli 15 % toplotne energije več kot pri nižji naložbi. Za dražjo varianto s posebno filtracijo zraka se je pametno odločiti le na območju z zelo onesnaženim zrakom, torej če je stavba v bližini glavnih prometnic in industrije [106]. Pri Eko skladu [88] se za sistem z vračanjem toplote in vlage lahko pridobi subvencija v višini 25 % celotne investicije, kar mogoče pomaga ljudem pri odločitvi za mehansko prezračevanje.

Okoljski vidik:

Mehansko prezračevanje ima veliko okolju prijaznih lastnosti, saj je energijsko učinkovit način prezračevanja, ki stalno zagotavlja svež in kakovosten zrak v stavbi. Z mehanskim prezračevanjem prihranimo glede na okensko zračenje približno 30 do 36 % toplotne energije [106]. Poskrbi, da je v zraku zadostna količina kisika, primerna zračna vlaga in zanemarljiva količina škodljivih snovi. S posebnimi filtri se lahko v zraku zmanjšuje vsebnost CO₂ in ostalih škodljivih plinov [104]. Na naslednjem grafu (Grafikon 27) je prikazana koncentracija CO₂ v zaprtem prostoru brez mehanskega prezračevanja in z mehanskim prezračevanjem skozi časovno obdobje 24-ih ur. Iz grafa je razvidno, da v prostoru brez vgrajenega mehanskega sistema prezračevanja koncentracija CO₂ strmo narašča, dokler ne zagotovimo svežega zraka z naravnim prezračevanjem. V nočnem času, ko dlje časa ne zračimo prostora, vrednost koncentracije CO₂ strmo naraste in preseže vse dovoljene kriterije koncentracije CO₂. S temno modro črto je označen primer z vgrajenim mehanskim prezračevanjem, kjer bo v prostoru zagotovljen stalen dotok svežega zraka in tako zmeraj nizke vrednosti koncentracije CO₂ [107].

Grafikon 27: Koncentracija CO₂ v zaprtem prostoru skozi časovno obdobje 24-ih ur [107]**Socialni vidik:**

Z mehanskim prezračevanjem zagotovimo v stavbi vedno svež, kakovosten zrak, s primerno temperaturo in vlažnostjo, zadostno količino kisika in brez neprijetnih vonjav, kar vpliva na ugodno počutje ljudi v njej.

V več propagandnih letakih o mehanskem prezračevanju piše, da odpiranje oken in s tem naravno prezračevanje prostorov, ni potrebno. Kljub temu pa imamo ljudje radi nadzor nad vsem in si želimo tudi sami uravnavati temperaturo in vlago v prostoru ter se na neki način z odpiranjem oken tudi bolj povežemo z naravo [108].

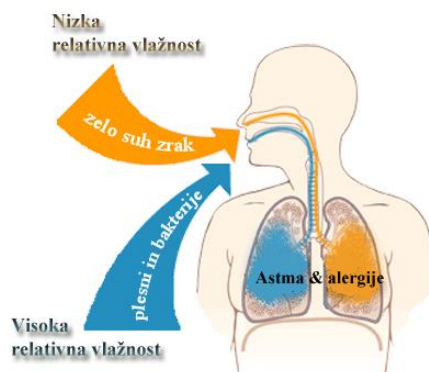
Zdravstveni vidik:

Vedno kakovosten in čist zrak zagotavlja zdravo in prijetno klimo v prostoru. Mehansko prezračevanje je posebej primerno za ljudi s pogostimi glavoboli in alergijami, saj se zrak filtrira in tako znebi pršnih delcev, cvetnega prahu in drugih alergenov [104].

Vendar pa preveč sterilno bivalno okolje tudi ni dobro za človeka, saj lahko postane v stiku z zunanostjo občutljiv na milijone različnih delcev, ki potujejo po zraku ter takoj zbolijo [68].

Za dobro počutje je v prostoru potrebna relativna vlažnost od 40 do 55 %. V zimskem času, ko se zračna vlaga zniža na približno 20-30 %, se pogosteje pojavljajo obolenja, kot so alergije, oteženo dihanje ter prehladi. Pri izsuševanju zraka se poveča nastajanje prahu, ta pa v stiku z ogrevalnimi napravami izloča različne snovi, katere dražijo dihalne organe [108].

Če pa je v prostoru prekomerna vlaga se poveča razvoj plesni v samem bivalnem okolju, kar povzroči poslabšanje zdravstvenega stanja. Vzroki za nastajanje vlage ter posredno plesni v prostoru so dihanje človeka, znojenje, tuširanje, kuhanje, pranje in sušenje perila, likanje ter predvsem ne dovolj pogosto, redno in premišljeno zračenje prostorov. Zato je mehansko prezračevanje, ki stalno »čisti« zrak, še kako dobrodošlo [108].



Slika 41: Vpliv vlage na zdravje ljudi [108]

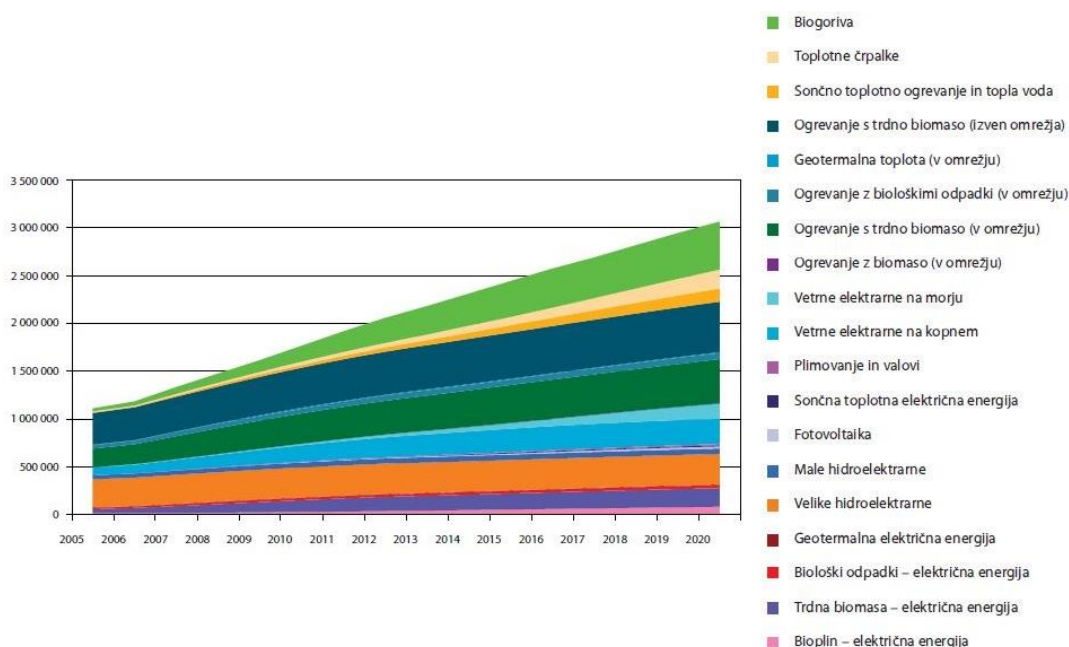
4.9 Raba obnovljivih virov energije

OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Koriščenje obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE) postaja v Sloveniji čedalje večja »modna muha«. Ljudje se zaradi želje, po čim večjih prihrankih, čedalje strožjim omejitvam izpusta toplogrednih plinov v ozračje, izrazitemu naraščanju cen fosilnih goriv in zavedanju, da je naravno treba varovati odločajo za OVE. Vendar ta način pridobitve energije ni poceni, zato je treba o njem dobro razmisliti. Najprej moramo dobro izolirati vse zidove, streho, tla in odprtine, zatesniti vsa okna, vrata in dimnike, zagotoviti zrakotesnost ... Šele ko zagotovimo, da je s tem stavba energijsko varčna, lahko razmislimo o naložbi v OVE. Dobra lastnost naprav za izrabljanje teh virov energije pa je subvencioniranje, s katerim se pokrije del stroškov in se tako skrajša rok, v katerem se investicija povrne [60].

V Akcijskem načrtu za obnovljive vire energije (AN OVE 2010-2020) [109] piše, da mora Slovenija do leta 2020 povečati delež OVE na 25 %. Glede na to, da je imela leta 2005 16,2 % deleža OVE, leta 2012 pa 20,3 % napredujemo spodbudno in lahko dosežemo načrtovani cilj [109].

Tudi napovedi Evropske komisije za rabo OVE do leta 2020 so zelo lepe, saj naj bi se proizvodnja električne energije iz OVE med letoma 2004 in 2020 potrojila, prav tako pa naj bi strmo naraščalo tudi ogrevanje z OVE [110].



Slika 42: Rast energije iz OVE v EU (v gigavatnih urah na leto) [110]

Najbolj pogosto uporabljen OVE je bioenergija (predvsem prednjači lesna biomasa), zatem vodna energija, v zadnjih letih pa najbolj bliskovito narašča uporaba sončne energije. Zelo malo pa v Sloveniji izkoriščamo geotermalno in vetrno energijo, kljub temu da imamo veliko potenciala [110].

Preglednica 18: Uporaba energije iz obnovljivih virov [110]

Obnovljiv vir energije	Ogrevanje in hlajenje	Topla voda	Elektrika	Gorivo za prevoz
Bioenergija	✓	✓	✓	✓
Geotermalna energija	✓	✓	✓	
Sončna energija	✓	✓	✓	
Vetrna energija			✓	
Vodna energija			✓	

Največ izkoriščene energije se porabi za ogrevanje in hlajenje, s katero ogrevamo stanovanja, stanovanjske hiše, poslovne in industrijske stavbe ter proizvajamo toplo sanitarno vodo. Ta delež porabljene energije je dosti večji v primerjavi z energijo, ki jo uporabljamo za proizvodnjo elektrike in goriv. Kljub temu pa OVE za potrebe ogrevanja, hlajenja in pripravo tople vode še niso zadosti izkoriščeni, saj predstavlja samo 10 odstotni delež energije porabljene za toploto [110].

4.9.1 Bioenergija

BIOENERGIJA

Najbolj izkoriščen OVE je bioenergija, ki drži primat med ostalimi viri energije že nekaj časa. Iz nje se v Evropi proizvaja kar 67,8 % energije [110]. Kot lahko vidimo iz desnega grafikona (Grafikon 28) se v sklopu bioenergije največ uporablja lesna biomasa, ki močno prevladuje v primerjavi z ostalimi viri bioenergije (lesna biomasa predstavlja kar 77 % delež).

Pod besedo bioenergija se skrivajo pojmi biomasa, bioplin in biogorivo. Biomasa izvira iz organskih snovi, kot so lesni ostanki, kmetijski ostanki, oljnice, rastline, ki vsebujejo sladkor ter gospodinjski in komunalni odpadki. Uporabljamo jo za ogrevanje in hlajenje, pripravo tople vode, proizvodnjo elektrike in gorivo za prevoz. Bioplin se večinoma proizvaja iz organskih odpadkov s pomočjo anaerobne fermentacije, Biogoriva pa se pridelujejo iz obnovljivih virov z uporabo biomase. Obe vrsti bioenergije se uporabljata za gorivo za prevoz, zato jima ne bomo namenili večje pozornosti [110].

Biomasa

Je organska snov, ki nastaja v procesu fotosinteze in se v obliki sončne energije shranjuje v rastlinah in živalih. Trdna biomasa (les, slama, oljnice ...) se kot vir energije obdeluje pri sežiganju, pirolizi, hidrolizi ali uplinjanju [110].

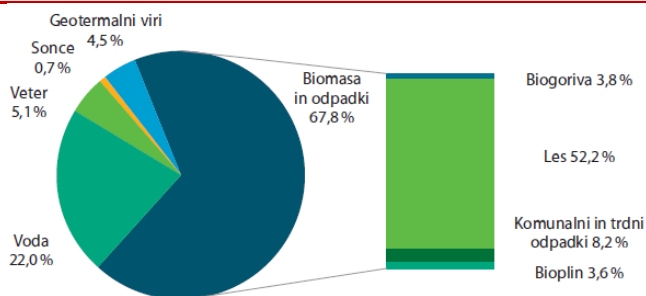
Najpogostejše se uporablja lesna biomasa, zato jo bomo ocenili z vseh vidikov trajnostnega razvoja.

Lesna biomasa

Slovenija je tretja najbolj gozdnata država v Evropi, saj jo pokriva okoli 60 % gozdnih površin [77], ki predstavljajo velik obnovljiv vir energije. Pridobivanje toplote z uporabo lesne biomase je v zadnjih letih precej v vzponu, medtem ko pridobivanje električne energije pri nas nekako ni zaživel.

Kotli na lesno biomaso delujejo precej podobno kot navadne peči, ki energijo pridobivajo s pomočjo dragih in neobnovljivi fosilnih goriv, le da za gorivo uporabljajo les [60].

Lesna biomasa pa niso samo polena, ampak tudi, za trajnostni razvoj pomembno gorivo, odpadni lesni material (žagovina, oblanci, suh lesni prah, odpadki pri sečnji in obrezovanju dreves ...). Lesni odpadki se lahko stisnejo v pelete (oblika valjčkov premera 4-20 mm in dolžine 10-30 mm) in brikete (valjasta oblika premera 20-120 mm in dolžine do 400 mm) ali zmeljejo v sekance (koščki lesa dolžine okrog 30 mm) [111].



Grafikon 28: Proizvodnja energije iz OVE [110]



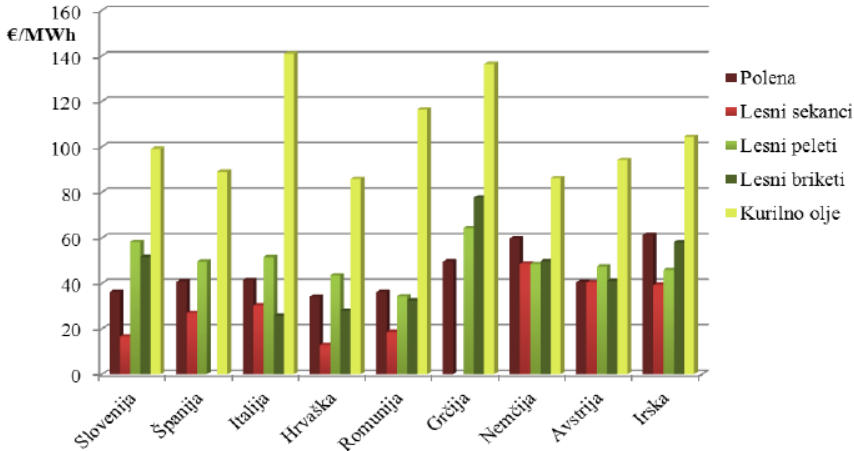
Slika 43: Lesni peleti [111]



Slika 44: Lesni briketi [111]



Slika 45: Lesni sekanci [111]

Ekonomski vidik:	Cene fosilnih goriv, predvsem kurilnega olja v zadnjih letih izrazito naraščajo, zato se ljudje raje odločajo za ogrevanje z lesno biomaso, saj lahko v primerjavi z ogrevanjem s fosilnimi energenti prihranijo tudi do 50 % obratovalnih stroškov [112].  Grafikon 29: Cene različnih energentov v €/MWh po državah [112] Iz Grafikona 29 vidimo, da so cene kurilnega olja precej višje v primerjavi s ceno lesnega kuriva. Ker pa povpraševanje po lesnem gorivu čedalje bolj narašča in s tem tudi konkurenca med ponudniki lesa kot OVE, se tudi cene višajo. Cena lesnega goriva pa je v primerjavi s ceno fosilnih goriv precej nekonstantna, saj se cene čez leto spreminjajo [112]. Najbolj ugoden čas za nakup lesne biomase je poletje, saj takrat ni kurilna sezona in je zato lesna biomasa dosti cenejša. Problem pri pridobivanju energije s pomočjo lesne biomase se pojavi pri visokih investicijskih stroških, ki pa se lahko blagodejno zmanjšajo s subvencijami Eko sklada [88].
Okoljski vidik:	Lesna biomasa je obnovljivo gorivo, ki zmanjšuje onesnaževanje okolja. Emisije CO₂, ki nastanejo pri ogrevanju, so namreč zelo majhne, saj se v zrak sprošča le toliko CO₂, koliko ga je drevo med svojo rastjo vsrkalo iz okolja. Ker je les domač vir energije in ga najdemo v Sloveniji praktično na vsakem koraku, s tem tudi zmanjšamo emisije CO₂, ki bi nastale pri prevozu goriva iz tujih držav (kot na primer pri uvozu fosilnih goriv) [110]. Pri gorenju lesne biomase nastaja pepel, ki je tako ekološko čist, da je primeren še za nadaljnjo uporabo, na primer za razkisanje zemlje. V Sloveniji imamo pozitiven prirast lesne biomase, saj gozd zelo razrašča [77], zato imamo velike potenciale pri uporabi lesne biomase kot gorivo za ogrevanje in mogoče tudi za pridobivanje elektrike. Vendar pa je potrebno opozoriti, da bi lahko pri prekomerni množični uporabi te vrste OVE, prišlo do izumrtja gozdov, če ne bi bilo pravilno poskrbljeno za zasaditev novih hitrorastočih dreves [77].
Socialni vidik:	Lesna biomasa je v primerjavi z ostalo trdo biomaso med ljudmi najbolj priljubljena, saj jim je ta najbolj »domača«. Poleg tega je les topel in okolju prijazen material, ki ga imamo na voljo v bližini. Ker je lesna biomasa edini OVE, ki ga je treba kupiti [60], se ljudje raje odločajo za bližnji, lokalni vir energije, če ga imajo le na voljo, ter s tem prispevajo k polnjenju državne blagajne. Obstaja tudi vrsta bioenergije, pri kateri se, kot gorivo uporabljajo živalski odpadki, vendar je ta manj razširjen način pridobivanja energije, saj ljudje v svojih gospodinjstvih ne želijo uporabljati goriva iz živalskih iztrebkov [60].
Zdravstveni vidik:	Emisije CO₂, ki se sproščajo pri kurjenju lesne biomase, so mogoče res zanemarljive, se pa pri nepravilnem izgorevanju, lahko sproščajo nevarne snovi, ki imajo negativen vpliv na zdravje ljudi. Onesnaževala iz kurišč na lesno biomaso, ki škodujejo zdravju, so lahko delci PM (trdni prašni delci), benzen, policiklični aromatski ogljikovodiki, formaldehidi, ogljikov monoksid itd. ... Emisije, ki so zelo odvisne od načina delovanja kurišča, so lahko pri običajnem obratovanju tudi 10 krat večje kot pri idealnih pogojih, pri slabih pogojih pa kar 100 krat višje [113]. Zato je pomembna pravilna uporaba kotlov na lesno biomaso.

4.9.2 Geotermalna energija

GEOTERMALNA ENERGIJA

Geotermalna energija je energija, ki prihaja iz notranjosti Zemlje. Ponekod se v obliki izvira vroče vode ali gejzirja pojavi na površju (na primer na Islandiji) in jo lahko neposredno uporabljajo za ogrevanje, medtem ko je v večini držav po svetu potrebno vročo vodo, primerno za ogrevanje, izvrtati iz vrtin, ki lahko dosežejo globino do 3000 m [114].

Geotermalna energija pa se ne uporablja le za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode, temveč tudi za proizvodnjo električne energije, katere pa v Sloveniji za zdaj še nimamo. Zelo učinkovito pa se uporablja tudi v kmetijstvu, kjer se uporablja za ogrevanje rastlinjakov za pridelavo zelenjave in cvetja [114].

Ima veliko pozitivnih lastnosti, saj so njene zaloge v notranjosti zemlje neizčrpne, je okolju prijazna in ni odvisna od vremenskih razmer, zato se lahko uporablja 24 ur dnevno [114].

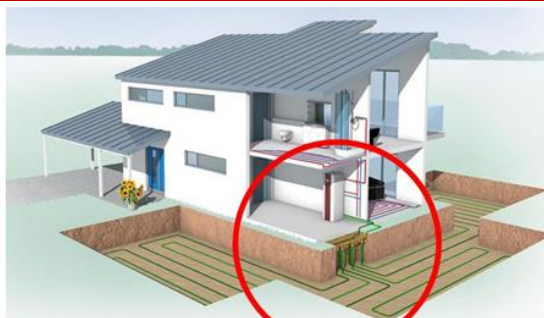
Najstarejši in najbolj razširjen način uporabe geotermalne energije je v toplicah, kjer se uporablja vroča voda v bazenih, pa tudi pri balneologiji [110].

V zadnjih letih narašča uporaba geotermalne energije za ogrevanje in hlajenje s toplotnimi črpalkami, ki predstavljajo tehnološko prijazno oskrbo s toploto [114].

Toplotna črpalka

V Sloveniji traja kurilna sezona približno osem mesecev, kar pomeni, da porabimo veliko denarja za ogrevanje stavbe in eden izmed najbolj ekoloških načinov ogrevanje prostorov je s toplotno črpalko, s katero koristimo OVE. Z njo lahko pridobivamo tudi energijo za hlajenje in toplo sanitarno vodo. Toplotne črpalke omogočajo znižanje ogrevalnih stroškov za 60 do 80 % in omogočajo zmanjšanje emisij CO₂ do 60 %, zato so postale trend v svoji konkurenci ogrevalnih sistemov [115].

Toplotne črpalke delujejo ravno nasprotno kot hladilnik, saj pretvarjajo energijo v višjo temperaturno stopnjo. Manjša je razlika med začetno in končno temperaturo energije, bolj so toplotne črpalke učinkovite. Odvisno od temperature območja delovanja zato izkoriščajo različne toplotne vire (zrak, zemlja, voda). Poznamo sisteme zrak-voda (kjer je toplotni vir: okoliški zrak), zemlja-voda (toplotni vir: zemlja) in voda-voda (toplotni vir: podtalnica ali površinska voda) [116].



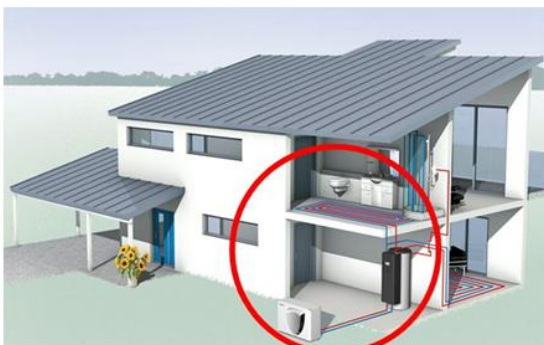
Sistem zemlja – voda
toplotni vir: zemlja
območje delovanja: -5 °C do +25 °C

Slika 46: Sistem toplotne črpalke zemlja - voda [116]



Sistem voda – voda
toplotni vir: voda
območje delovanja: +5 °C do +25 °C

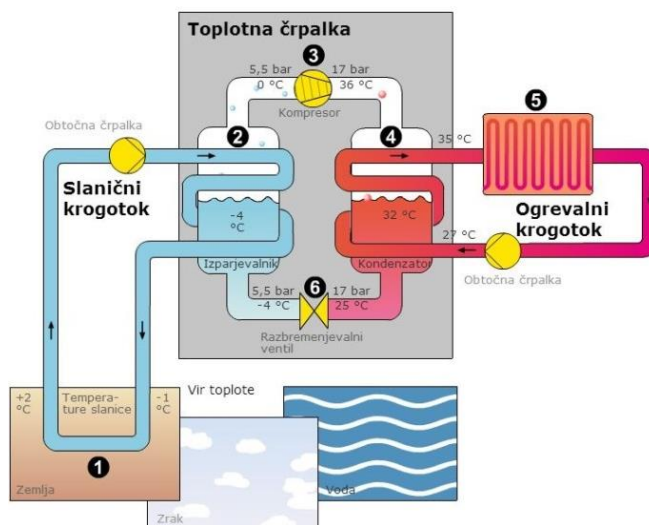
Slika 47: Sistem toplotne črpalke voda - voda [116]



Sistem zrak – voda
toplotni vir: zrak
območje delovanja: -25 °C do +35 °C

Proces pridobivanja toplote v toplotni črpalki deluje v krožnem procesu, ki ga prikazuje Slika 50. S pomočjo izparjevalnika oziroma toplotnega izmenjevalnika se toplota iz okolice, iz zemlje, zraka ali vode (točka 1), prenaša na hladivo (tekočina z nizko točko vrelišča) v izparjevalniku (točka 2), kjer izpareva. Para nato potuje skozi kompresor (točka 3), kjer se stisne, zato se ji zvišata tlak in temperatura. To vroče parjeno hladivo prenese toploto v kondenzatorju (točka 4) na grelno vodo in se utekočinja. Grelna voda nato ogreva talno gretje (točka 5; talno gretje zaradi ploskega ogrevalnega sistema najboljša kombinacija s toplotno črpalko) in tako oddaja toploto v prostor. V razbremenjevalnem ventilu oziroma dušilnem ventilu (točka 6) se hladivo razbremeni (ohladi in tlak se zniža na začetnega). Od razbremenjevalnega ventila gre spet v izparjevalnik in krožni proces toplotne črpalke se ponovi [116].

Slika 48: Sistem toplotne črpalke zrak - voda [116]

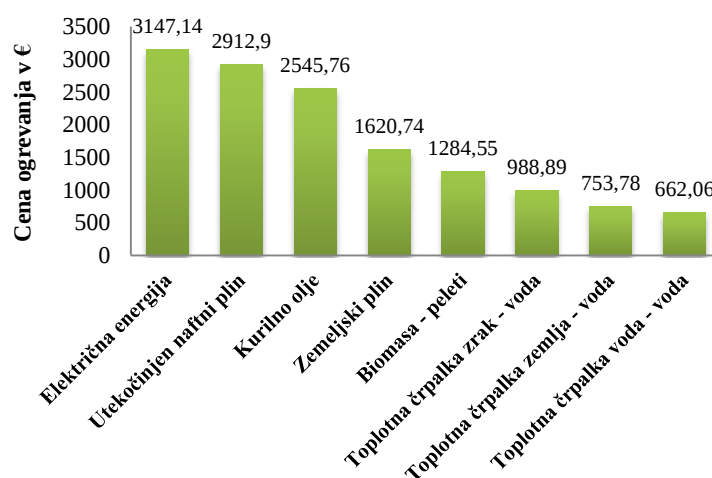


Slika 49: Delovanje toplotne črpalke [116]

Ekonomski vidik:

Toplotna črpalka mora biti dobro načrtovana že na začetku gradnje stavbe, saj je vrsta toplotne črpalke zelo odvisna od terenskih pogojev in grelnega števila (COP), ki predstavlja razmerje med ustvarjeno in porabljeno toploto. Ne smemo pa pozabiti, da je zelo pomemben, če ne celo najpomembnejši, dejavnik pri izbiri toplotne črpalke cena le te.

S pomočjo spletne aplikacije Gorproject, ki je objavljena na spletni strani podjetja Gorenje [115], lahko naredimo informativni izračun letnih stroškov za ogrevanje stavbe in sanitarne vode s toplotno črpalko. Za vhodne podatke smo si izbrali enodružinsko hišo s 150 m² ogrevalne površine na območju Ljubljane. V stavbi prebivajo 4 osebe, ki na leto porabi približno 2500 l kurilnega olja. Aplikacija, glede na osnovi porabe energenta obstoječega ogrevalnega sistema, izračuna stroške letne porabe energije za ogrevanje stavbe in sanitarne vode glede na različne tipe toplotnih črpalk. Primerjava letnih stroškov porabe energije za ogrevanje stavbe in sanitarne vode glede na vrsto energenta za omenjen primer, je prikazana na Grafikonu 30.

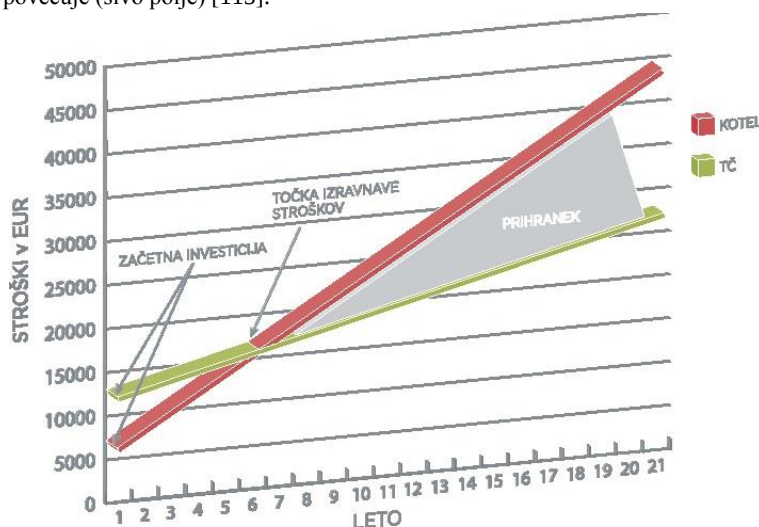


Grafikon 30: Primerjava letnih stroškov porabe energije za ogrevanje stavbe in sanitarne vode glede na vrsto energenta za enodružinsko hišo s 150 m² ogrevalne površine [115]

Najcenejša varianta toplotne črpalke je sistem voda - voda, ki je, za približno 33 %, cenejša od sistema zrak – voda. Vendar pa se za tip toplotne črpalke odločimo tudi na podlagi terenskih možnosti stavbe.

Če imamo v bližini vodni vir (podtalnico, reke, potoke, jezera ...), se je priporočljivo odločiti za sistem voda – voda, ki ima najvišje grelni število (najboljši toplotni izkoristek), vendar pa je zato tudi najdražja začetna investicija v ta sistem ogrevanja. Za stavbe z velikim zemljiščem je primeren sistem zemlja – voda, ki pa je prav tako dražja izbira. Najcenejša začetna investicija toplotne črpalke je pri sistemu zrak – voda, ki imajo tudi najslabši izkoristek toplote. Kljub temu pa se zrak kot vir toplote najbolj izplača, saj bi se prihranki toplote v primeru dražje variante toplotne črpalke povrnili šele po nekaj desetletjih [115].

Na Grafikonu 21 je prikazana primerjava stroškov ogrevalne naprave na kurilno olje in toplotne črpalke skozi celotno življenjsko obdobje. Začetna investicija je pri toplotni črpalci res višja, vendar se zaradi manjših stroškov porabljenega energenta na letnem nivoju stroški izenačijo v manj kot 7 letih. V naslednjih letih življenjske dobe se pri toplotni črpalci, v razmerju s kotlom na olje, prihranek povečuje (sivo polje) [115].



Grafikon 31: Primerjava stroškov ogrevalne naprave na kurilno olje in toplotne črpalke skozi celotno življenjsko obdobje [115]

Toplotna črpalka je energetsko najcenejši način pridobivanja toplote za ogrevanje in hlajenje prostorov in pripravo tople sanitarne vode, zato se je ob pridobitvi subvencije Eko sklada [88] zelo pametno odločiti za njo.

Okoljski vidik:	Toplotne črpalke so energetsko najučinkovitejši in okolju najbolj prijazen sistem za prenos toplote v prostor. V primerjavi s tradicionalnimi ogrevanji prostorov in sanitarne vode (kurilno olje, plin, elektrika) se z uporabo toplotnih črpalk precej zmanjša količina CO ₂ , ki ga ustvari stavba [60]. Z njihovo uporabo pa hkrati ohranjamo rezerve fosilnih goriv in na račun transporta zmanjšujemo izpuste toplogrednih plinov v ozračje. Toplotne črpalke izkoriščajo zanesljiv obnovljiv vir energije, zato bodo to ogrevalni sistemi prihodnosti.
Socialni vidik:	Toplotne črpalke, ki ogrevanja stavbe in sanitarne vode, omogočajo tudi hlajenje, so ne samo toplotno udobna rešitev, ampak tudi cenovno ugodna rešitev, saj z njimi prihranimo stroške, ki bi jih imeli s klimatskimi napravami. V stavbi ne potrebujemo več kurilnice, saj toplotne črpalke ne potrebujejo veliko prostora. V primeru, da jih imamo na dvorišču pa je pomembno, da so lepega estetskega videza, saj bi nam drugače lahko kvarile videz stavbe. Pri svojem delovanju ne povzročajo smrada, spuščajo pa tihe šume, zato toplotne črpalke ni priporočljivo namestiti pod okno spalnice.
Zdravstveni vidik:	Posledica podnebnih sprememb, katerim smo priča v zadnjih letih, so tudi izjemno vroča poletja, ki lahko tudi življenjsko ogrozijo človeka. Zato hlajenje stavbe ne pomeni več samo udobja, ampak je tudi nujno za preživetje v ekstremno vročih vremenskih pogojih. Toplotne črpalke, v primerjavi s tradicionalnimi energenti, ne izpuščajo veliko emisij CO ₂ , zato s tem skrbijo za boljše kakovost zraka in posledično bolj zdravstveno stanje uporabnikov.

4.9.3 Sončna energija

SONČNA ENERGIJA

Sonce je obnovljiv vir energije, ki je neizčrpen, zanesljiv, brezplačen, ne onesnažuje okolja in na voljo po celem svetu, zato je kot vir energije zelo pomemben za našo družbo [110]. Daje nam ogromne količine energije, saj nam v eni uri pošlje na Zemljo toliko energije, kolikor jo vsi skupaj porabimo čez celo leto [117].

Sončno energijo lahko izrabljamo na dva načina, in sicer, na pasiven in na aktiven način. Pri pasivnem načinu sodeluje stavba sama, saj preko oken, sten, tal, zimskih vrtov vpija sončno energijo in se tako ogreva. To energijo je treba z ustrezno postavitvijo stavbe in orientacijo prostorov dobro izkoristiti, saj lahko v zimskem času s tem zmanjšamo stroške ogrevanja, pri tem pa moramo z ustreznimi ukrepi (senčila, prezračevanje, zasaditev listavcev ...) preprečiti, da se stavba v poletnem času ne pregreva. Na aktiven način pa izkoriščamo sončno energijo s sprejemniki sončne energije, ki pretvarjajo sončno energijo v toplotno energijo, s katero ogrevamo prostore in sanitarno vodo ali pa s fotonapetostnimi moduli, s katerimi pretvarjamo sončno energijo v električno [117].

Sprejemniki sončne energije

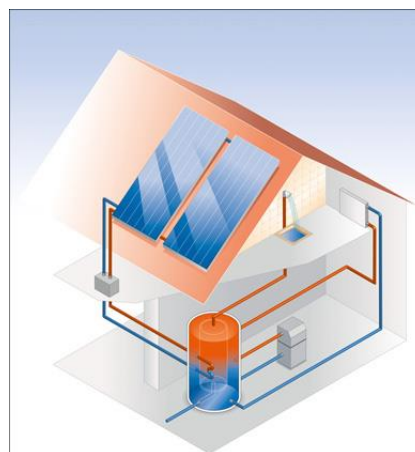
Pri nas je najbolj razširjena uporaba sončne energije za pripravo tople sanitarne vode, kar je tudi najučinkovitejša izraba OVE, saj potrebujemo toplo vodo celo leto [117]. Učinkovita je tudi v oblačnem vremenu, ni pa v deževnih in mrzlih zimskih dnevih, zato je potreben še vzporedni sistem ogrevanja vode. Vedno več se ljudje odločajo za kombinirane sisteme, ki izrabljajo sončno energijo za pripravo tople vode in hkrati tudi za ogrevanje prostorov.

Sonce segreva absorber, ki je glavni del sprejemnika sončne energije. Zbrano energijo sprejme tekočina proti zamrzovanju, ki se pretaka po izoliranih ceveh in jo prenese do toplotnega izmenjevalnika. Ta sončno energijo pretvori v toploto za segrevanje vode in jo odda vodi v hranilniku toplote, katerega naloga je, da shranjuje vodo, ki jo lahko kadarkoli uporabimo, zato mora biti dobro toplotno izoliran. Tekočina nato potuje nazaj do sprejemnika in postopek se ponovi [117].

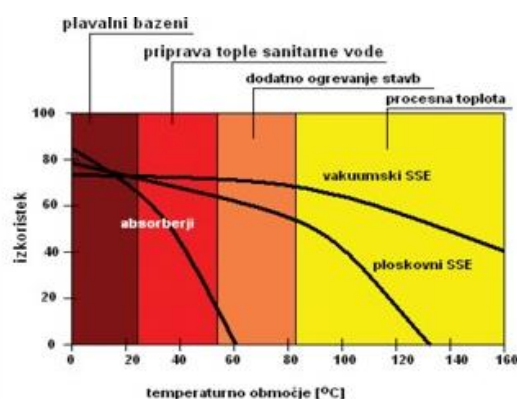
Delovanje sistema je za segrevanje sanitarne vode in ogrevanje prostorov zelo podobno, razlika je le v velikosti hranilnika toplote in sprejemnikov sončne energije [117].

Sprejemnike sončne energije (v nadaljevanju SSE) navadno namestimo na strehe stavb, saj so pri tem majhne izgube toplote v okolico in ne zavzemajo dodatnega prostora. Najbolje je, da so obrnjeni proti jugu, saj so tako izpostavljeni celodnevni sončni sevanju in da na njih ne pada nobena senca sosednjih stavb ali dreves. Pomemben je tudi naklonski kot SSE, ki bi naj med 30 in 50°, odvisno od izbire sistema SSE [117].

Ločimo tri glavne tipe sprejemnikov sončne energije: absorberji, ploščati SSE in vakuumski cevni SSE.



Slika 50: Shema sistema za izkoriščanje sončne energije [118]



Slika 51: Področje uporabe različnih vrst sprejemnikov sončne energije glede na gibanje njihovega izkoristka [118]

Absorberji so najenostavnejši SSE, ki so izdelani iz plastike. Uporabljamo jih za ogrevanje odprtih bazenov. Izven kopalne sezone pa jih lahko spravimo v zvitek do naslednje sezone. Dosegajo temperaturo do 70 °C [118].



Slika 52: Absorberji [119]

Ploščati SSE so sestavljeni iz kovinskega absorberja zaščenega s steklom. Uporabljamo jih za ogrevanje in pripravo tople vode. So najbolj razširjeni med SSE, saj imajo najugodnejše razmerje med ceno in pridobljeno toploto. Ploščati SSE dosežajo zastoje temperature do 200 °C [117].



Slika 53: Ploščati SSE [120]

Vakuumski cevni SSE so sestavljeni iz absorberja obdanega z dolgimi steklenimi cevmi, iz katerih je izsesan zrak. Prav tako kot ploščati SSE se uporabljajo za ogrevanje prostorov in pripravo tople sanitarne vode. So učinkovitejši kot ploščati, vendar pa zato tudi dražji. Njihova slabost je, da so bolj občutljivi na mehanske poškodbe. Imajo visoko zastoje temperature, ki lahko segajo do 350 °C [117].



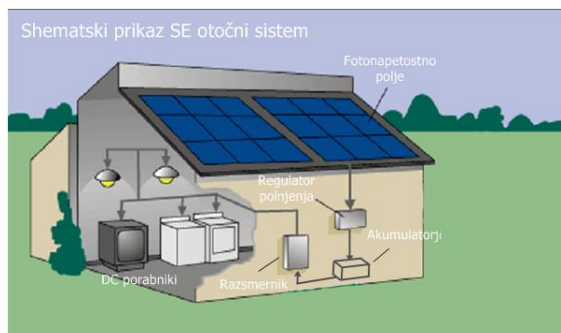
Slika 54: Vakuumski SSE [120]

Fotonapetostni sistemi

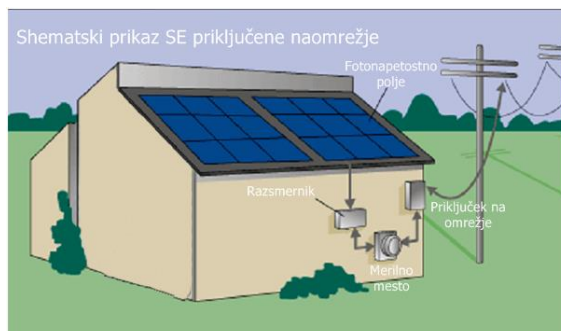
Fotovoltaika je najčistejši način pridobivanja električne energije in eden izmed najhitreje rastočih gospodarskih panog. Fotonapetostni (PV) moduli preko plasti silicija pretvarjajo svetlobno energijo sončnega sevanja v električno energijo in pri tem sodelujeta tako direktna kot tudi difuzna svetloba. Za razliko od SSE delujejo tudi v oblačnem vremenu [121].

Sončne elektrarne običajno vgradimo v stavbe (najpogosteje na streho, poslovne stavbe tudi kot del fasade), lahko pa jih kot samostojni objekt postavimo na tla, vendar pri tem izgubimo dodaten prostor. Pri izbiri fotonapetostnih modulov je odločilnih veliko dejavnikov, od lege, naklona, senčenja do velikosti izhodne moči. Idealni pogoji so južna stran, naklonski kot okoli 30° in da v okolici ni nobenih objektov in dreves, ki bi senčili elektrarno [121].

Glede na izhodno moč PV-elektarne delimo na samostojne oziroma otočne, pri katerih proizvedena elektrika zadosti lastnim potrebam uporabnikov stavb in omrežne PV-elektarne, ki oddajajo proizvedeno električno energijo v javno omrežje. Otočne sončne elektrarne so sestavljene iz fotonapetostnih modulov, razsmernika, regulatorja polnjenja in regulatorja napetosti ter akumulatorja, kjer se energija shranjuje. Akumulatorja pa ne potrebujejo omrežne elektrarne, saj se moč troši direktno v omrežju. So pa prav tako sestavljene iz PV-modulov, razsmernika, potrebujejo pa še dodatni števec električne energije in zaščitne komponente [122].



Slika 55: Shematski prikaz otočne sončne elektrarne [123]

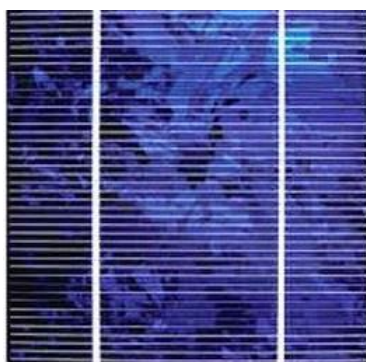


Slika 56: Shematski prikaz sončne elektrarne, priključene na omrežje [123]

Pretvorba sončne energije se zgodi v sončnih celicah, ki so izdelane iz silicija. Ločimo tri različne strukture silicijevih celic: monokristalne, polikristalne in amorfne [122].

Za doseganje čim večje napetosti so sončne celice, združene v module, ki so pred mehanskimi poškodbami zaščiteni s steklom, ki odlično prepušča svetlobo. Fotonapetostni moduli imajo vlogo, da energijo pretvarjajo v enosmerni električni tok, ki pa se za uporabo, v razsmerniku pretvarja v izmenični tok [122].

Monokristalne sončne celice
(urejena kristalna mreža, najboljši izkoristek) [122]



Slika 57: Monokristalne sončne celice [124]

Polikristalne sončne celice
(iz več kristalov, neurejena mreža) [122]



Slika 58: Polikristalne sončne celice [124]

Amorfne sončne celice
(dodano nekaj vodika, neurejena mreža, najslabši izkoristek, vendar zato najcenejša sončna celica) [122]



Slika 59: Amorfne sončne celice [124]

Ekonomski vidik:

Res je, da je sončna energija brezplačna, je pa zato investicija v naprave za izkoriščanje nje precej draga, kljub temu da so vse subvencionirane s strani Eko sklada [88].

Cenejša oblika sončne energije je energija namenjena ogrevanju, hlajenju in pripravi tople sanitarne vode, katere naložba se povrne že v nekaj letih (približno 4 do 7 let), zato je cenovno primerna tudi za enodružinske hiše [118].

Investicija v sončno elektrarno pa predstavlja velik finančni zalogaj, saj se naložba v malo sončno elektrarno do 10 kilovatov, katero postavljajo posamezna gospodinjstva, ne splača, saj se povrne šele po približno 15 letih. Pametna rešitev pri enodružinskih hišah je zato takšna velikost sončne elektrarne, da z dvema tretjinama pridobljene sončne elektrike pokrijemo lastne potrebe (kuhanje, pranje, pomivanje, razsvetljava, hlajenje, ogrevanje, gledanje televizije, delo z računalnikom...), tretjino pa prodamo v omrežje [125].

Okoljski vidik:

Sončna energija je okolju prijazna energija, saj nima nobenih škodljivih učinkov in ne povzroča emisije ogljikovega dioksida. Je neomejen energetski vir, ki bo v prihodnosti, v primeru izrabe fosilnih goriv, še posebej prišel v veljavo [110].

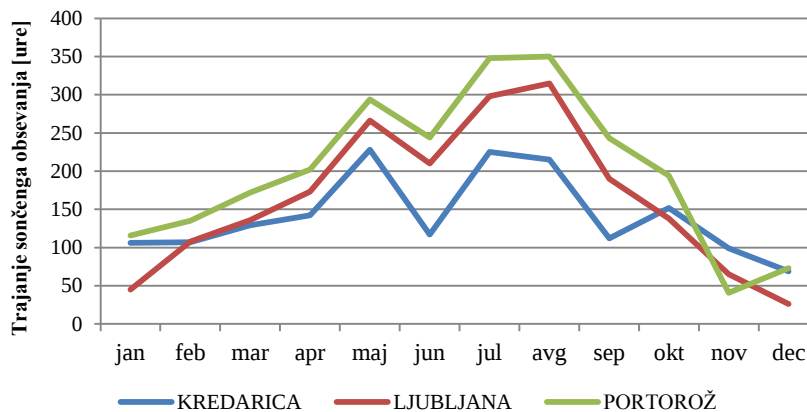
Proizvodnja in poraba sončne energije potekata na istem mestu, zato ni potreben transport, ki bi povzročal izpuste škodljivih plinov v ozračje, prav tako pa tudi ni toplotnih izgub, ki bi nastale pri prenosu energije od proizvajalca do uporabnika.

Naprave za izkoriščanje sončne energije so zelo učinkovite, saj se vsa energija pretvori ali v toplotno ali v električno energijo.

Problem pri SSE za ogrevanje in pripravo tople vode se pojavi v primeru slabega vremena, saj je takrat potreben vzporedni vir energije, ki pa mora za zadostitev trajnostnih načel biti prav tako obnovljiv, zato se priporoča kotel na lesno biomaso ali toplotna črpalka [60].

Delovanje sistemov za izkoriščanje sončne energije pa je zelo odvisno od lokacije in letnega časa. V poletnem času pride ta vir energije najbolj do izraza, saj takrat najdlje, približno 15 ur dnevno, sveti sonce in tako dolgo časa daje energijo [126].

Povprečno mesečno trajanje sončnega obsevanja za Kredarico, Ljubljano in Portorož je prikazano na Grafikonu 32. Med obravnavanimi kraji izstopa Portorož, kjer je v vseh, razen v zimskih mesecih, največ sončnega obsevanja, zato sončne elektrarne, v obalnih krajih, proizvedejo največ energije. Pozimi je največ sončnega vremena na Kredarici, saj nižine pogosto prekrivajo nizki oblaki in megla.



Grafikon 32: Trajanje sončnega obsevanja po mesecih [126]

Socialni vidik:

Ljudje smo zelo radi na soncu, saj nam je topleje, bolje se počutimo in dobimo veliko energije, zato tudi za stavbo radi izberemo ta obnovljivi vir energije. Tudi naprave, ki pretvarjajo sončno energijo v toplotno ali električno so človeku prijazne, saj so ekološko sprejemljive, zelo enostavne, potrebujejo minimalno vzdrževanje, imajo dolgo življenjsko dobo in ne povzročajo hrupa [110].

SSE pa ne uporabljamo le za ogrevanje prostorov in pripravo tople vode, ampak jih lahko v vročih dneh uporabimo tudi za hlajenje prostorov in tako izboljšamo udobje v stavbi [110].

S spodbujanjem izrabe sončne energije omogočimo tudi rast gospodarstva in odpiranje novih delovnih mest.

Sprejemniki sončne energije za ogrevanje prostorov in pripravo tople sanitarne vode ter fotonapetostni moduli so še posebej primerni v odročnih krajih, kjer nimajo priključkov na elektriko in imajo otežen dostop. Tako so se na primer v Sloveniji do leta 2001 večinoma gradili samostojni sistemi sončnih elektrarn, največ jih je bilo za napajanje planinskih domov, počitniških hišic, bark, signalnih naprav ... V zadnjih letih pa je zaradi sprejetja okoljskih pravil in številnih prednosti sončne energije izgradnja sončnih elektrarn v izredno hitrem zagonu (približno 30 % letna rast), kar pomeni, da bi do leta 2020 lahko brez problema v končni rabi energije, dosegli 25 % delež obnovljivih virov energije [125].

Zdravstveni vidik:

Sončna energija deluje pozitivno na zdravje ljudi in s tem tudi sprejemniki sončne energije in fotonapetostni sistemi, ki v ozračje ne izpuščajo emisij toplogrednih vplivov ter tako ne onesnažujejo zraka.

S sprejemniki sončne energije lahko ogrevamo ali ohlajamo stavbo ter s tem vzpostavimo prijetno toplotno klimo v prostoru. Posledično s tem vplivamo tudi na dobro zdravstveno stanje uporabnikov.

4.9.4 Vetrna energija

VETRNA ENERGIJA

V Sloveniji se izkoriščanje vetrne energije ni najbolje razvilo, saj se neprestano pojavljajo številne polemike o gradnji le teh, od okoljskih do ekonomičnih. Poleg tega smo z vetrno energijo tudi bolj slabo »opremljeni«, saj se večje hitrosti vetra (burja) pojavljajo le na Primorskem, zato se toliko ne ukvarjamo s tem problemom.

Energija vetra je naravna energija, ki se uporablja le za proizvodnjo električne energije. Ta se s pomočjo vetrne elektrarne proizvaja iz kinetične energije vetra. Pretvorba je čista, učinkovita in donosna [127].

Osnovni element vetrne elektrarne je vetrnica ali vetrna turbina, ki vetrno energijo pretvori v elektriko. Vetrnice se namestijo na visok drog, katerega ne ovirajo bližnje stavbe in drevesa, ali na streho. Pomembno je, da so čim višje od tal, saj lahko tako ulovijo hitrejša zračna tokova. Vetrnice ustvarjajo enosmerni tok, zato ga je potrebno s pomočjo razsmernika spremeniti v izmeničnega [127].

Vetrne elektrarne ravno tako kot sončne delimo na samostojne oziroma otočne in na omrežne sisteme. V primeru otočnih sistemov se izmenični tok lahko direktno uporabi v gospodinjstvu ali pa se shrani v akumulatorju. Tako kot pri sončnih omrežnih sistemih lahko tudi vetrne elektrarne priklopimo na javno omrežje, zato je potreben še števec električne energije, s katerim merimo proizvedeno elektriko, ki jo prodamo v omrežje [127].



Slika 60: Otočni sistem vetrne elektrarne [127]



Slika 61: Omrežni sistem vetrne elektrarne [127]

Ekonomski vidik:

Vetrne elektrarne so glede na majhno učinkovitost precej draga investicija v pridobivanje elektrike. Čeprav je cena električne energije, pridobljene z vetrom, cenejša od ostalih obnovljivih virov se naložba v vetrnico povrne šele po približno 14-ih letih [128].

Cena vetrne elektrarne pri gradnji le te hitro narašča, saj je draga že sama vetrnica po sebi, poleg tega pa so tu še razni stroški, ki nastanejo s pridobitvijo gradbenega dovoljenja in okoljevarstvenega soglasja, gradnjo velikih temeljev, montažo, materialom, popravili in po možnosti še prostorom, ki ga je po potrebi treba kupiti [128].

Pri gradnji vetrnih elektrarn pa je težko pridobiti tudi soglasja lastnikov sosednjih zemljišč, saj se jim s postavitvijo vetrnic občutno zmanjša cena.

Okoljski vidik:

Vetrna energija je čisti vir energije, ki pri svojem delovanju ne proizvaja emisij CO₂. Z njeno uporabo zmanjšujemo tudi rabo primarne energije (nafta, plin ...) [128].

Kljub temu, da je vetrna energija zelena energija pa ima veliko lastnosti, ki posredno negativno vplivajo na okolje. Vetrnice za svoje delovanje potrebujejo veliko prostora, zato pomenijo precejšen poseg v naravo [128].

Odvisne so od vetra, saj brez vetra ne delujejo, v primeru premočnega vetra (nad 25 m/s) pa se

	avtomatsko izklopijo, zato proizvajajo majhen delež električne energije [129]. Nevarne so za ptice in ostale leteče živali, ki se zaletijo v vetrne turbine [128]. Vetrnice kot same pri svojem delovanju res ne proizvajajo škodljivih plinov, jih pa zato proizvaja izdelava, postavitve, gradnja in razgradnja vetrnic ter ves promet, ki je potreben okoli nje [129]. Ker vetrne elektrarne ne delujejo neprestano, jih je potrebno takrat nadomestiti s hidroelektrarnami in termoelektrarnami, katere pa povzročajo dodatne izpuste toplogrednih plinov [129]. Vetrne elektrarne se ne postavljajo na vodovarstvenih območjih, saj bi v primeru potresa zaradi razlitja ogromnih količin sintetičnih olj, ki se uporabljajo za delovanje, hlajenje in podmazovanje vetrnih turbin, lahko prišlo do naravne katastrofe [128].
Socialni vidik:	Pri vetrnih elektrarnah ljudi najbolj motita spremenjen videz pokrajine, saj so ogromne vetrnice moteč element v naravi in hrup, predvsem nizkofrekvenčni [129]. Zato so najbolj primerne lokacije za postavitev vetrnih turbin na hribih nad gozdno mejo, oddaljenih kmetijskih zemljiščih in vidno oddaljenih območjih. Vetrne turbine pri svojem delovanju povzročajo hrup, ki moti bližnje prebivalce, še posebej pa je to moteče, če so postavljene v mirnem in tihem območju. Hrup povzroča vrtenje rotorja skozi zrak, ki z najnižjo frekvenco, katere ljudje sploh ne slišimo, moti tudi živalstvo [129]. The infographic illustrates the sound levels of a wind turbine compared to common household appliances. At the source (0 meters), the turbine's sound level is 105 dB(A), which is louder than a lawnmower (105 dB(A)). At 100 meters, the sound level drops to 40 dB(A), which is quieter than a refrigerator (40 dB(A)). A text box indicates that wind turbines in residential areas are placed no closer than 300 meters from the nearest house. The decibel scale on the right ranges from 40 dB(A) to 100 dB(A). Slika 62: Prikaz glasnosti vetrne turbine [130] Prebivalce okolice vetrnic moti svetloba tudi ponoči, saj so nekatere izmed njih osvetljene (t.i. svetlobno onesnaženje nočnega neba) [129]. Vetrne elektrarne vplivajo tudi na televizijo ter mikrokomunikacijo. Prihaja namreč do mikrokomunikacijskih motenj (interferenc), prav tako pa se pozna vpliv na telefonske storitve [129]. To v današnjih časih, ko si življenje brez elektronskih naprav težko predstavljamo, še posebej razburja ljudi in vpliva na njihovo slabo počutje.
Zdravstveni vidik:	V krajih v bližini vetrnih elektrarn so med ljudmi pogoste zdravstvene težave, kot so: glavoboli, migrene, depresija, stres, omotičnost, dezorientacija, težave pri spanju ... Vzrok teh težav sta nizkofrekvenčni hrup, ki pri občutljivih ljudeh povzroči t. i. sindrom vetrnic, in svetlobno/senčno migetanje vetrnic. To migetanje povzročajo kraki vetrnic s svojim vrtenjem ter s tem razburjajo ljudi in jih dekoncentrirajo pri svojih opravilih [129].

4.9.5 Vodna energija

VODNA ENERGIJA

Vodna energija je v Sloveniji daleč največji vir električne energije iz OVE. Predstavlja jo kar 96,7 odstotka. Proizvodnja je razdeljena na proizvodnjo hidroelektrarn (HE) moči do 10 MW, ki prispeva 13 odstotkov proizvodnje iz HE, in na proizvodnjo velikih HE (moči nad 10 MW) [131].

V Sloveniji je približno 20 velikih hidroelektrarn, od katerih jih je največ na reki Dravi. Kot vidimo na Grafikonu 33, je le ta že v celoti izkoriščena, medtem ko imamo še veliko potenciala pri rekah: Sava, Soča, Mura in Idrijca. Na reki Savi so planirane številne hidroelektrarne v srednjem in spodnjem toku, tako da bo tudi ta nato popolnoma izkoriščena. Reka Soča pa ne bo nikoli, saj je zgornji del reke zaščiten, planirajo se pa elektrarne v spodnjem toku. V prihodnosti sta za pridobivanje električne energije predvideni tudi reka Mura in Idrijca, vendar je pri njih gradnja hidroelektrarn dvomljiva zaradi naravovarstvenih zahtev [131].

Glede na količino vode in višinsko razliko vodnega padca delimo hidroelektrarne na: pretočne (velika količina vode, majhen vodni padec), akumulacijske (majhna količina voda, velik vodni padec) in pretočno-akumulacijske, ki so kombinacija prej omenjenih elektrarn [132].

Hidroelektrarne pa delimo tudi glede na moč, in sicer na velike in na majhne hidroelektrarne. Majhne hidroelektrarne so elektrarne, pri katerih moč ne presega 10 MW. Te pa lahko naprej delimo še na mikro elektrarne (moč manj kot 100kW), mini elektrarne (moč od 100 kW do 1 MW) in na male elektrarne (moč od 1 MW do 10 MW) [133].

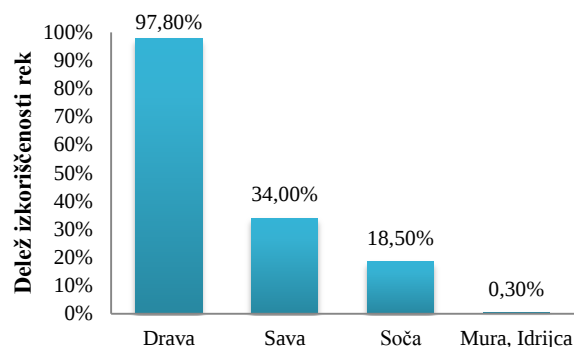
Mi se bomo posebej posvetili le mikro elektrarnam, saj le te skrbijo za pridobivanje električne energije za lastne potrebe stavbe in če ostane kaj odvečne elektrike se jo lahko proda v omrežje.

Mikro elektrarne so pomemben vir električne energije predvsem v podeželskih in odročnih krajih, kjer imajo manjše vodotoke. S temi elektrarnami poskrbijo za poceni in samozadosten vir elektrike, poleg tega pa niso odvisno od drugih [133].

Te hidroelektrarne ne uničujejo narave, saj glavni tok reke ali potoka teče neovirano naprej, le del toka pa je speljan po kanalu do vodne turbine, katera poganja generator in tako proizvaja elektriko [133].

Vodne turbine delimo glede na območje in velikost vodnega padca. V primeru majhnih hidroelektrarn so za velike vodne padce primerne Peltonove turbine, za manjše padce pa Francisove vodne turbine (glej Sliko 65) [133].

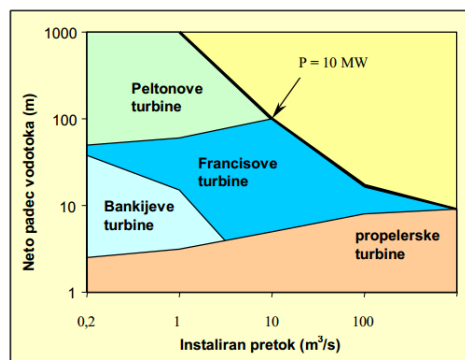
V primeru, da se, z mikro hidroelektrarno pridobljena električna energija uporablja le za lastne potrebe, je treba imeti še akumulator, ki shranjuje energijo za primere, ko pretok vode ni zadosti velik, da bi pognal elektrarno. Lahko pa se električno energijo oddaja tudi v javno omrežje [133].



Grafikon 33: Izkoriščenost slovenskih rek [131]



Slika 63: Mikro hidroelektrarna [134]



Slika 64: Vrste turbin glede na padec in pretok vodotoka [133]

Ekonomski vidik:	Začetni stroški v investicijo male hidroelektrarne so, kljub kasnejšim majhnim obratovalnim stroškom, ker ni potrebno gorivo za delovanje naprave, precej visoki [134]. Potreben kapital za naložbo v male hidroelektrarne je odvisen od učinkovitega padca, pretoka vode, geoloških in geografskih značilnosti, orodja (turbine, generatorji) in gradbenih del [134]. Uporaba že zgrajenih jezov, pregrad, zbiralnikov in jezer lahko bistveno zmanjša, ne samo stroške, ampak tudi vpliv na okolje [134]. Elektrarne z majhnim padcem in velikim pretokom zahtevajo višje stroške kapitala, saj mora celotna mehanizacija s turbino vred, zdržati večji pretok vode [134]. V zadnjih letih se investiranje v majhne elektrarne zmanjšuje, saj se je investicija zaradi številnih dovoljenj (gradbeno, lokacijsko, uporabno ...), ki so potrebna ter zadostitev zahtevnim okoljevarstvenim predpisom precej podražila [133]. Sistemi hidroelektrarn so precej dragi, ki pa bi ob ugodnih kreditih in večjem subvencioniranju, lahko sprožili večje povpraševanje po njih. Majhne hidroelektrarne so velik finančni zalogaj, zato jih je pametno imeti le, če imamo v bližini manjši vodotok z dovolj velikim potencialom in če so nam drugi viri energije težko dostopni.
Okoljski vidik:	Manjše hidroelektrarne, v primerjavi z velikimi, nimajo velikega posega v naravo, zato na okolje vplivajo pozitivno. Mikro sistemi hidroelektrarn so »run of the river« sistemi, ker dovoljujejo glavnemu toku reke, da neovirano teče naprej. To je izredno pomembno z okoljskega vidika, saj se ne naredi noben bistven poseg v reko. S tem se ne spreminjata vodostaj in režim reke ter se ne onemogoča normalno vodno življenje [133]. Ne onesnažujejo okolja, saj pri svojem delovanju ne izpuščajo emisij CO₂ in drugih škodljivih plinov, poleg tega pa nadomeščajo energijo, pridobljeno s fosilnimi gorivi, ki negativno vplivajo na okolje [134]. S postavitvijo majhnih jezov lahko ugodno vplivajo na živalsko in rastlinsko raznovrstnost in zmanjšujejo nevarnost poplavljanja vodotokov [134]. Čeprav male hidroelektrarne ne vplivajo na vodne tokove, kot na primer velike, pa še vedno vplivajo na lokalno floro in favno (migracije rib dolvodno, kakovost vode ...). Da bi zmanjšali te negativne posledice so pomembni nekateri ukrepi, kot so: dodaten tok, različne poti za ribe, tehnika, ki zmanjšuje hrup in vibracije, turbine prijazne ribam, biološko načrtovanje hidroelektrarne itd. [134].
Socialni vidik:	V primeru, da lokalna skupnost zgradi majhno hidroelektrarno za potrebe celotne skupnosti, postanejo prebivalci neodvisni od drugih virov pridobivanja električne energije. Ob zaježitveni vodi se lahko uredi rekreacijsko območje, ki pripomore k boljšemu počutju ljudi. Zaradi večje biološke raznovrstnosti voda se spodbudi razvoj ribolova in s tem pride več druženja med ljudmi. V primeru, da se odločimo ob bližnjem potoku postaviti majhno hidroelektrarno in s tem izkoriščamo čist in okolju prijazen vir energije, se bomo potem tudi bolje počutili.
Zdravstveni vidik:	Male hidroelektrarne so zdravju neškodljive, saj s tem, da v zrak ne spuščajo škodljivih snovi, prispevajo h kakovostnejšemu zraku. Novo rekreacijsko središče ob sproščujočem pogledu na jezero bo prispevalo k boljšemu zdravstvenemu stanju (povečana telesna kondicija, zmanjšanje stresa, glavobolov, boljša koncentracija ...).

4.10 Uporaba deževnice

UPORABA DEŽEVNICE

Kot smo omenili že na začetku diplomske naloge, je uporaba pitne vode v gospodinjstvu zelo potratna, zato jo moramo, kjer je to le mogoče, nadomestiti z uporabo deževnice in tako lahko prihranimo polovico pitne vode.

V Sloveniji na srečo še nimamo tako onesnaženega okolja, da bi deževnica vsebovala škodljive snovi, bakterije ali pa strupene kovine, zato je zbiranje in uporaba deževnice še, kako dobrodošlo.

Deževnica je mehka voda, torej ne vsebuje mineralov in je, zato primerna pri uporabi v gospodinjskih aparatih (pralni stroj, pomivalni stroj ...) in sanitarni opremi (WC kotliček), saj ne povzroča vodnega kamna. Prihranimo lahko tudi pri porabi pralnega praška, ker ne potrebujemo polifosfatov, okolju škodljivih snovi, ki so v prašku za mehčanje vode. Deževnica je v primerjavi s podtalnico tudi bolj primerna za zalivanje rož in vrta, ker ne vsebuje železa, mangana in drugih kovin [66].

Deževnico, ki jo zbira streha stavbe vodimo preko žlebov in vodovodnih cevi do rezervoarjev, ki hranijo vodo za uporabo v različne namene. Najprimernejše zbiralne strešne površine so gladke površine, katere imajo glineni strešniki, skrilavci in strešniki iz umetnih snovi. Za zbiranje deževnice pa niso primerne strehe, krite z grobimi betonskimi strešniki, kovinskimi strešniki, bitumenskimi strešniki ali zelene strehe, saj te zadržujejo prah in škodljive snovi [66].

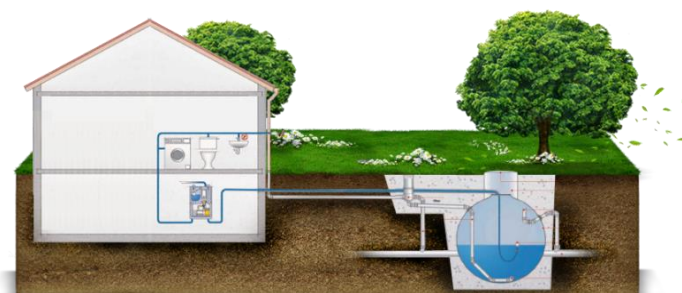
Obstajata dva sistema, ki se delita glede na namen uporabe deževnice.

Sistem namenjen samo zalivanju vrta je dokaj enostaven in cenovno zelo ugoden. Največkrat se za zbiranje deževnice za ta namen uporablja nadzemni plastični rezervoar z grobim filtrom. Njegova slabost je, da se mora pozimi izprazniti, saj bi voda zmrznila. Bolj ugodna rešitev je, da rezervoar postavimo v klet, lahko tudi v lopo ali garažo (vendar pri tej rešitvi izgubimo dodaten prostor), kjer ni nevarnosti zamrzovanja, zato nam čez zimo ni treba izpuščati vode [135].

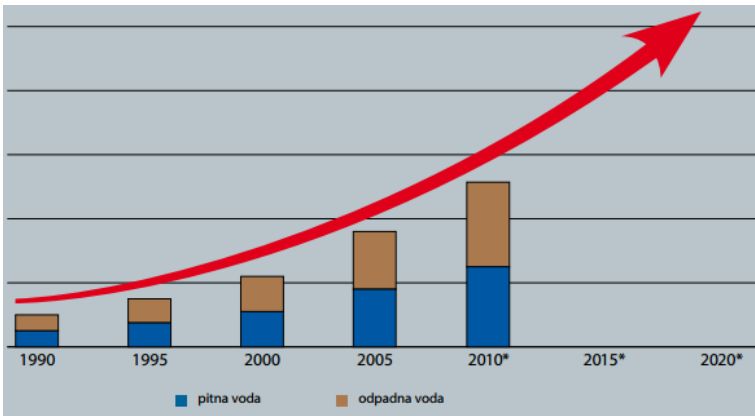
Sistem za rabo deževnice za izpiranje stranišč, pranje perila in zalivanje vrta je malce bolj kompleksen, vendar se glede na vedno višjo ceno vode vsekakor izplača. Sistem je sestavljen iz podzemnega rezervoarja, filtrov,



Slika 65: Nadzemni rezervoarji za zbiranje deževnice [136]



Slika 66: Podzemni rezervoar za zbiranje deževnice [136]

sekundarne vodovodne napeljave, črpalke, umirjenega dotoka za usedanje finih delcev na dno rezervoarja, sifona z zaščito proti malim živalim itd. Za celoletno delovanje sistema mora biti rezervoar vgrajen v primerno globino, kjer ne zmrzuje [135]. Druga možnost za postavitev takšnega sistema, ki se sicer redko uporablja, je postavitev rezervoarja na podstrešje stavbe. Pri tem se izognemo vgradnji črpalke, saj z višino dosežemo ustrezen tlak. Problem se pojavi le, če podstrešje ni dobro izolirano, saj lahko pride poleti do pregrevanja in pozimi do zmrzovanja vode. Prav tako mora biti stropna plošča ustrezno nosilna, da prenese takšne obremenitve [66].	
Ekonomski vidik:	Na Grafikonu 34 je prikazano gibanje cen pitne vode in kakor vidimo, se ta iz leta v leto viša, razlogov za to pa je veliko. Pitna voda v nekaterih delih sveta primanjkuje, znižuje se nivo podtalnice, višajo se stroški za pridobivanje pitne vode in za čiščenje odpadnih voda, zato je postavitev sistema za izrabo deževnice nujno potrebna in razumna ekonomska odločitev.  Grafikon 34: Gibanje cen pitne in odpadne vode [137] Nadzemne zbiralnike vode, ki se uporabljajo za potrebe vrta in pranje avta, si lahko privoščijo že vsaka družina, saj so cenovno zelo ugodni. Malce dražji je sistem za uporabo deževnice v gospodinjstvu, kateri pa se še vseeno, glede na to kaj vse ponuja in kaj lahko z njim prihranimo izplača. Investicija pa se povrne dokaj hitro, približno v 3 do 5 letih. Pri sofinanciranju lahko pomaga tudi država, preko Eko sklada [88].
Okoljski vidik:	Namestitev sistema za zbiranje in rabo deževnice je zelo pametna ekološka odločitev. S temi sistemi lahko prihranimo ogromno pitne vode, ki pa vemo, da je dragocen vir življenja. Na nek način poskrbimo, da iz vode naredimo obnovljivi vir, saj vodo, ki nam jo dajo oblaki, koristno uporabimo in jo po uporabi spet vrnemo v okolje. Zbrana deževnica nam še posebej prav pride v času poletne suše, saj takrat pitne vode ni dovoljeno uporabljati za zalivanje in za »nekoristno razmetavanje«.
Socialni vidik:	S postavitvijo sistema za zbiranje deževnice naredimo nekaj dobrega za okolje in s tem tudi nekaj dobrega zase. Z njim vzbudimo zavest o svojem ekološkem razmišljanju tudi pri sosedih, še posebej pa bodo v času suše nevoščljivi ob pogledu na naše lepe rože in zeleno trato, ki jih bomo zalivali z deževnico.
Zdravstveni vidik:	Čista deževnica je zdravstveno popolnoma neoporečna. To so dokazale različne raziskave, saj po higienskih kriterijih ni bilo ugotovljene nobene razlike ali je bilo prano s pitno vodo ali deževnico. To potrjuje tudi nemško strokovno združenje za uporabo prečiščene vode in deževnice [65].

5 ZAKLJUČEK

Na začetku diplomskega dela smo se posvetili izrazom, povezanim z besedo trajnost, saj se ta v poljudnem in strokovnem besednjaku uporablja preveč splošno. Vse, kar vsaj malo ustreza zahtevam o varovanju okolja, je ekonomsko upravičeno ali pa nudi kakovost bivanja, je namreč opredeljeno kot trajnostno. Vendar pa to razmišljanje ni pravilno, saj je trajnost, več kot pa samo okolje, finančni stroški in udobje ljudi.

Prvotna in edina pravilna definicija trajnostnega razvoja je bila predstavljena v Rio de Janeiru leta 1992. Tam je bil koncept o trajnostnem razvoju definiran kot uravnoteženje štirih vidikov: ekonomskega, okoljskega, socialnega in zdravstvenega. Vse ostale definicije namreč postavljajo v ospredje le ekonomski, okoljski in socialni vidik, in s tem zapostavljajo zdravstvenega, ki pa dandanes ob obilju umetnih in »nezdravih« materialov ter nezdravemu, hitremu načinu življenja ljudi, prihaja na prvo mesto trajnostnih vidikov.

Kljub temu, da obstaja na svetu ogromno različnih metod za vrednotenje trajnostne stavbe, pa velika večina izmed njih zanemarja zdravstveni vidik. Prav tako še ni uveljavljenih standardiziranih konceptov trajnostne gradnje, ki bi se na stavbo osredotočili čez celotno njeno življenjsko dobo. Diplomski naloga zato temelji na metodi Dovjak in Krainer iz študije »*A Tool for the Design of Sustainable Building Concepts*«, v kateri so vsi štirje vidiki trajnosti enakovredno zastopani.

Po zgledu metode Dovjak in Krainer, smo naredili analizo dejanskega stanja, kjer smo pregledali obstoječe študije, članke, ustrezno literaturo in zakonodajo, opredelili trajnostne kazalnike in cilje. V četrtem koraku, ki zajema končno oceno in fazo alternativnih rešitev, smo metodo na podlagi iskanja več različnih alternativnih rešitev in ugotovitvi, da je prava samo tista, ki upošteva vse štiri vidike, nadgradili. Metodo smo preizkusili tudi na dejanskem objektu, in sicer na novogradnji Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo in Fakultete za računalništvo, Univerze v Ljubljani. Zaradi preobsežnosti naloge in pomanjkanja določenih podatkov smo se v diplomski nalogi, v sklopu metode Dovjak in Krainer, osredotočili le na nivo mikro raven – konstrukcijski sklopi. Cilj tega nivoja je, v konstrukcijskih sklopih doseči optimalni faktor toplotne prehodnosti, da ne pride do difuzije vodne pare in da bodo uporabljeni zdravju in okolju prijazni materiali.

S pomočjo računalniškega programa TEDI smo naredili račun toplotne prehodnosti, difuzije vodne pare (območje kondenzacije, čas potreben za izsušitev), toplotne stabilnosti (temperaturno dušenje, temperaturna zakasnitev) in površinske temperature najbolj tipičnih konstrukcijskih sklopov obravnavane novogradnje. Na naše presenečenje smo ugotovili, da večina konstrukcijskih sklopov ne ustreza zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) in Tehnične smernice za graditev. Konstrukcijski sklopi namreč ne ustrezajo kriteriju toplotne prehodnosti, kateremu bi

zadostili že z uporabo debeline toplotne izolacije naslednjega velikostnega razreda, kot je vgrajen v objekte. Pri nekaterih pa je potrebno povečanje celo za dva razreda ali več.

Izbrane konstrukcijske sklope smo analizirali tudi glede uporabe zdravju škodljivih materialov. V obravnavanih objektih smo zasledili uporabo materialov, ki vsebujejo škodljive sestavine, kot so: formaldehid, poliuretan, PVC (polivinil klorid) in bitumen. Ti lahko ob povečani koncentraciji, višjih temperaturah in izrednih razmerah, kot je požar, pri katerem se sproščajo strupeni plini, nevarno škodujejo zdravju. Do tega ne bi prišlo, če bi s sprejetjem zakonodaje in potrebnim nadzorom dosegli prepoved materialov. Rešitev bi bila tudi uvedba alternativ, ki so okolju in zdravju prijazne, saj bi tako zaščitili uporabnike.

Za določitev osnovnih načel trajnostne stavbe smo morali narediti oceno dejanskega stanja, zato smo pregledali več različnih virov literature, od statističnih podatkov do različnih študij. Podatke smo predstavili za vse štiri vidike. Pri nekaterih vidikih smo opisali analize in izračune, ki so se uporabljali v nadaljevanju diplomske naloge. V sklopu ekonomskega vidika smo predstavili LCC analizo (*Life Cycle Costing – LCC*), ki stroškovno ocenjuje stavbo čez celo življenjsko obdobje. Pri okoljskem vidiku sta bila opisana izračun ogljikovega odtisa in LCA analiza (*LCA – Life Cycle Assessment*), ki čez celoten življenjski cikel stavbe ocenjuje okoljske vplive, kot so škodljivi izpusti ogljikovega dioksida, žveplovega dioksida in dušikovih oksidov, raba obnovljivih virov energije, uporaba naravnih materialov in izrabljanje pitne vode. Za omenjene okoljske vplive so bili najdeni podatki porabe in ukrepi, kot so raba obnovljivih virov energije, uporaba naravnih materialov in izraba deževnice, s pomočjo katerih ne bi prišlo do onesnaževanja okolja. V sklopu socialnega in zdravstvenega vidika so bile predstavljene zahteve, ki jim mora trajnostna stavba zadostiti, da bo imel uporabnik zagotovljeno toplotno, zvočno in vizualno udobje, zadostno dnevno svetlobo, kakovosten zrak, dostopnost in prijetno občujanje bivanja in delovanja. Zdravstveni vidik predstavlja pojav sindroma bolne stavbe (*Sick building syndrome - SBS*), do katerega lahko pride predvsem zaradi slabe kakovosti notranjega zraka, škodljivih snovi v zraku, draženja zaradi bakterij in mikroorganizmov ter nezadovoljstva ljudi v prostoru. Ker pa ti dejavniki lahko vodijo do poslabšanja zdravstvenega stanja uporabnikov, jim je potrebno pri načrtovanju trajnostne stavbe posvečati pozornost in se jim, če se le da kar najbolj izogniti. Vendar pa ni pametno ustvariti sterilne stavbe, saj bi ljudje ob stiku z zunanjim okoljem postali občutljivi na zunanje vplive in bi zato lahko zboleli.

Po pregledu dejanskega stanja in ustvarjenju neke široke slike o vidikih trajnostne stavbe smo določili osnovna načela za načrtovanje trajnostne stavbe. Ta so: primerna lokacija in oblika stavbe, les kot material za nosilno konstrukcijo, zelene strehe, naravna toplotna izolacija, primerna okna, nadzor dnevne svetlobe s senčili, sistem za naravno in učinkovito ustrezno mehansko, raba obnovljivih virov energije in uporaba deževnice. Načela so bila pregledana iz vseh štirih vidikov trajnostne stavbe.

Na začetku gradnje je treba dobro razmisliti o najboljši lokaciji in obliki stavbe, saj bo to kasneje vplivalo na vrsto dejavnikov, od kakovostnega življenja v njej do raznih prihrankov iz vseh strani. Stavbo je najbolje postaviti obrnjeno proti jugu, na ravni parceli, katera je čez cel dan osvetljena s soncem, pri tem pa ne smejo sončnim žarkom pot do stavbe preprečevati nobena drevesa, sosednje stavbe ali druge ovire. Priporočena je bližina urbanega naselja, primerna bivalna soseska, komunalna, električna in vodovodna opremljenost parcele itd. Smiselno je izbrati čim bolj enostavno obliko stavbe, najbolje pravokotno ali kvadratno, da se skozi zunanji ovoj izgublja čim manj toplote in ne pride do veliki toplotnih mostov.

Les, kot zdravju neškodljiv material za nosilno konstrukcijo (brez formaldehida) je precej primeren, saj so stroški primerljivi s klasično gradnjo stavbe z opeko in betonom, je edini obnovljivi gradbeni material, v ozračje ne spušča ogljikovega dioksida, ampak ga celo skladišči in s sodelovanjem z zunanjim okoljem v prostoru ustvarja optimalno klimo ter tako vpliva na ugodno počutje ljudi.

Zelene strehe ne vplivajo ugodno le na okolje, bivanjsko udobje in zdravstveno stanje ljudi, ampak tudi na lepši estetski videz stavbe. Mogoče na začetku res predstavljajo višjo investicijo v stavbo, vendar se nato ob številnih prednostih, ki jih ima to vsekakor splača.

Toplotna izolacija, s svojim učinkovitim varčevanjem z energijo in posledično nižjimi stroški ogrevanja, nudenjem ugodnega bivalnega okolja s primerno temperaturo in vlažnostjo zraka ter vsebnostjo CO₂ v prostoru, predstavlja ključni element trajnostne stavbe. Pri toplotni izolaciji moramo posvetiti več pozornosti pri vrsti materiala, predvsem pa je treba pametno izbrati njeno debelino. Najbolj optimalna izbira debeline toplotne izolacije je 26 cm, saj so pri njej najmanjši stroški čez cel življenjski cikel stavbe. Najmanjši vpliv na okolje, na podlagi ogljikovega odtisa, imajo toplotne izolacije iz naravnih materialov, posebej izolacija iz lesnih vlaken in celuloze. Naravni materiali in ne predebela toplotna izolacija ter s tem zvočna izolacija, imajo ugoden učinek na počutje in zdravje uporabnikov stavbe.

Pri načrtovanju trajnostne stavbe moramo izbrati taka okna, ki bodo v prostor dajala čim več dnevne svetlobe, čim dlje časa in čim bolj globoko v prostor ter da bodo pri tem kar se da varčevala z energijo za osvetljevanje, gretje in hlajenje. Ugotovljeno je bilo, da so najprimernejša lesena okna z dvojno zasteklitvijo, saj so ta kljub zanemarljivo večji porabi energije v primerjavi z okni s trojno zasteklitvijo, cenejša in okolju prijaznejša.

Da pa v stavbi poleti ne bo prišlo do pregrevanja in da bodo pozimi manjše toplotne izgube skozi zunanji ovoj, moramo na okenske odprtine namestiti ustrezna senčila. S senčili se lahko zaščitimo tudi pred UV žarki, premočno svetlobo in toploto, ter zmanjšamo učinek bleščanja. Kot najboljše senčilo so se izkazale rolete, saj omogočajo dodatno izolacijo okenskih stekel ter s tem zmanjšujejo toplotne mostove. Tako lahko varčujemo z energijo in prihranimo pri stroških za ogrevanje in hlajenje stavbe.

Poleg tega so rolete enostavne za uporabo, se zlahka vzdržujejo in omogočajo popolno zatemnitev prostorov ter s tem zasebnost ljudi v prostoru.

Vlaga, neprijetne vonjave, škodljive snovi in zunanji vplivi prometa so vzroki za slabo kakovosten zrak, ki ima lahko, ob nezadostnem prezračevanju prostorov, veliko škodljivih posledic, predvsem na zdravje ljudi. Ker pa ponoči in v času odsotnosti prostorov ne moremo stalno prezračevati, se priporoča mehansko prezračevanje, ki daje notranjosti stavbe stalno svež zrak. Pri tem pa je treba poudariti, da mora še vedno obstajati možnost odpiranja oken, saj s tem ohranimo stik z zunanostjo, se zaradi tega bolje počutimo in ne ustvarimo v stavbi sterilnega okolja.

Največ izkoriščene energije se porabi za ogrevanje in hlajenje stavb ter proizvodnjo toplo sanitarne vode, zato je pomembno da to energijo pridobivamo z obnovljivimi viri energije. Obnovljivi viri energije so, v primerjavi s tradicionalnimi viri energije, kot so kurilno olje, plin in elektrika, kljub višjemu začetnemu finančnemu vložku, cenovno bolj udobni, saj se, zaradi manjših stroškov porabljenega energenta na letnem nivoju, stroški v investicijo hitro povrnejo. Poleg tega so prijazni do okolja, saj ne spuščajo škodljivih snovi in toplogrednih plinov v ozračje in so s tem tudi bolj naklonjeni zdravju. Kateri obnovljivi vir energije bomo izbrali, je odvisno od posameznika, od terenskih sposobnosti in višine finančnega vložka, imajo pa vsi svoje prednosti in slabosti.

Ob močnem deževju steče po žlebovih v podtalnico veliko uporabne vode, ki bi nam, če ne prej pa v sušnem obdobju, lahko zelo koristila. Podatek, da z deževnico lahko prihranimo več kot 50 % pitne vode, je sam po sebi zadosten, da v stavbi vzpostavimo sistem za zbiranje in rabo deževnice. Glede na to, da se cena pitne vode z leti čedalje bolj zvišuje, je ta ekološko čist in prepotreben vir vode še kako dobrodošel.

V diplomski nalogi so bili izpolnjeni vsi cilji, ki smo si jih zadali. Natančno smo opredelili izraz »trajnostno«, nadgradili metodo Dovjak in Krainer, jo preizkusili na praktičnem primeru ter določili osnovna načela za načrtovanje trajnostne stavbe, katera bodo lahko upoštevali bodoči graditelji pri gradnji trajnostne stavbe. Ugotovili smo, da je področje trajnosti precej široko in premalo raziskano, zato upamo, da se bo v prihodnosti ta tema bolj natančno opredelila.

6 VIRI

- [1] Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. WCED World Commission on Environment and Development. 1987.
<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (Pridobljeno 22. 7. 2013.)
- [2] Rio Declaration on Environment and Development. The United Nations Conference on Environment and Development. 1992.
<http://habitat.igc.org/agenda21/rio-dec.htm> (Pridobljeno 22. 7. 2013.)
- [3] Dovjak, M., Krainer, A. 2013. A tool for the design of sustainable building concepts. V: Conference SB13 Munich, Implementing Sustainability – Barriers and Chances. Munich. April 24-26, 2013: loč. pag.
- [4] Direktiva 2002/91/ES evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2002 o energetski učinkovitosti stavb. Uradni list Evropskih skupnosti, L 1/65, 4. 1. 2003.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:02:32002L0091:SL:PDF>
(Pridobljeno 22. 7. 2013.)
- [5] Building Transformation: CO2 emissions and change. 2007.
<http://rs.resalliance.org/2007/11/14/building-transformation/> (Pridobljeno 27. 3. 2013.)
- [6] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, L 153, 18. 6. 2010: 13.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(Pridobljeno 27. 3. 2013.)
- [7] Očistimo Slovenijo 2012. Statistični urad Republike Slovenije (SURS).
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4584 (Pridobljeno 28. 3. 2013.)
- [8] Agenda 21 za Slovenijo. Prispevek nevladnih organizacij. 1995. Ljubljana. Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.umanotera.org/index.php?node=8&p=5&id=36> (Pridobljeno 1.8. 2013.)
- [9] Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt). 2007. Uradni list Republike Slovenije, št. 33/2007 z dne 13. 4. 2007.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200733&stevilka=1761> (Pridobljeno 22. 7. 2013.)

- [10] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). 2004. Uradni list Republike Slovenije, št. 41/2004 z dne 22. 4. 2004.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=48407> (Pridobljeno 22. 7. 2013.)
- [11] Izhodišča za pripravo Strategije razvoja Slovenije za obdobje 2014 – 2020, Predlog za obravnavo. 2013. Ljubljana. Urad Republike Slovenije za makroekonomske analize in razvoj.
[http://www2.gov.si/upv/vladnagrada12.nsf/18a6b9887c33a0bdc12570e50034eb54/78717d6ac548e708c1257af3005a7a70/\\$FILE/SRSizhodisca1.pdf](http://www2.gov.si/upv/vladnagrada12.nsf/18a6b9887c33a0bdc12570e50034eb54/78717d6ac548e708c1257af3005a7a70/$FILE/SRSizhodisca1.pdf) (Pridobljeno 1.8. 2013.)
- [12] Za zeleni razvojni preboj, Plan B 4.0: Prispevek za strategijo razvoja Slovenije 2014 – 2020. 2012. Ljubljana. Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.planbzaslovenijo.si/upload/SRS/plan-b-zeleni-razvojni-preboj.pdf> (Pridobljeno 1. 8. 2013.)
- [13] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske Unije, L88, 4.4.2011
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>
(Pridobljeno 27. 3. 2013.)
- [14] LEED.net. 2010.
<http://www.leed.net/> (Pridobljeno 25. 9. 2013.)
- [15] BREEAM. 2013.
<http://www.breeam.org/index.jsp> (Pridobljeno 25. 9. 2013.)
- [16] DGNB. 2013.
<http://www.dgnb.de/de/> (Pridobljeno 25. 9. 2013.)
- [17] Šijanec Zavrl, M. 2011. Metoda za trajnostno vrednotenje stavbe – FP7 Open House. Gradbenik 5:32.
- [18] Smernica za trajnostno gradnjo. Prevod nemške smernice: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. 2013. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 121 str.
<http://www.zaps.si/img/admin/file/Novice/Novice%202013/Junij%202013/Smernica-TG-final-smal.pdf> (Pridobljeno 22. 7. 2013.)

- [19] Asimow, M. 1962. Fundamentals of engineering design: introduction to design. Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs. New York. 135 str.
- [20] Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES. Uradni list Evropske unije, L 140, 5. 6. 2009.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sl:PDF>
(Pridobljeno 24. 7. 2013.)
- [21] Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2012 o energetske učinkovitosti, spremembi direktiv 2009/125/ES in 2010/30/EU ter razveljavitvi direktiv 2004/8/ES in 2006/32/ES. Uradni list Evropske unije, L 315, 14. 11. 2012: str. 4., 13.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:SL:PDF>
(Pridobljeno 24.7.2013.)
- [22] Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in Fakulteta za računalništvo in informatiko: Načrt arhitekture - PZI, PZR, št. načrta 14/2007 A2. 2010. Tehnično poročilo. Ljubljana, Inženiring 4M.
- [23] Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in Fakulteta za računalništvo in informatiko. 2010. Projektna dokumentacija. Ljubljana, Inženiring 4M.
- [24] Google maps. 2013.
<https://maps.google.si/> (Pridobljeno 6. 8. 2013.)
- [25] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji. Uradni list RS, št. 42/2002.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2013> (Pridobljeno 28. 3. 2013.)
- [26] Perdan, R., Krainer, A. Uporabniški priročnik, računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 45 str.
- [27] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). Uradni list RS, št. 52/2010.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 28. 3. 2013.)
- [28] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 106 str.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TS-G-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2013.)

- [29] Fanger, P. O. 1970. Thermal Comfort. Copenhagen, Danish Technical Press: 244 str.
- [30] Dovjak, M. 2012. Individualization of personal space in hospital environment. Doktorska disertacija. Nova Gorica, Fakulteta za podiplomski študij (samozaložba M. Dovjak): 184 str.
- [31] Dovjak, M., Kukec, A., Kristl, Ž., Košir, M., Bilban, M., Shukuya, M., Krainer, A. 2013. Integral Control of Health Hazards in Hospital Environment. Indoor and Built Environment: 22, 5: 776-795.
- [32] Pajek, L., Dovjak, M., Kristl, Ž. 2013. Vpliv gliv v grajenem okolju na zdravje ljudi. Gradbeni vestnik 62: 176-187.
- [33] An introduction to Indoor Air Quality (IAQ), Formaldehyde. 2012. United States Environmental Protection Agency (EPA).
<http://www.epa.gov/iaq/formaldehyde.html> (Pridobljeno 26. 9. 2013.)
- [34] Šestan, P., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2013. Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi. Gradbeni vestnik 62: 190-203.
- [35] Volume 88, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. 2006. World Health Organization (WHO).
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/volume88.pdf> (Pridobljeno 26. 9. 2013.)
- [36] Formaldehyde. 2011. Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_242600.html (Pridobljeno 26. 9. 2013.)
- [37] Silva, D. A. L., Mendes, N. C., Varanda, L. D., Ometto, A. R., Lahr, F. A. R. 2013. Life Cycle Assessment of Urea Formaldehyde Resin: Comparison by CML (2001), EDIP (1997) and USEtox (2008) Methods for Toxicological Impact Categories. V: Re-engineering Manufacturing for Sustainability: Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Singapore 17-19 April, 2013: 529-534.

- [38] Gilbert, N. L., Guay, M., Gauvin, D., Dietz, R. N., Chan, C. C., Levesque, B. 2008. Air change rate and concentration of formaldehyde in residential indoor air. *Atmospheric Environment* 42: 2424–2428.
- [39] Formaldehyde Emissions and Exemptions. 2013. APA – The Engineered Wood Association http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=srv_abt_main (Pridobljeno 26. 9. 2013.)
- [40] Polyurethanes. 2013. American Chemistry Council (ACC). <http://polyurethane.americanchemistry.com/> (Pridobljeno 9. 10. 2013.)
- [41] Isocyanates. 2011. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). <https://www.osha.gov/SLTC/isocyanates/index.html> (Pridobljeno 26. 9. 2013.)
- [42] Protecting your health. 2012. United States Environmental Protection Agency (EPA). <http://www.epa.gov/greenhomes/protectingyourhealth.htm> (Pridobljeno 26. 9. 2013.)
- [43] Fitzgerald, K. T., Bronstein A. C. 2013. Polyurethane Adhesive Ingestion. *Topics in Companion Animal Medicine* 28, 1: 28–31.
- [44] Arnold, S. M., Collins, M. A., Graham, C., Jolly, A. T., Parod, R. J., Poole, A., Schupp, T., Shiotsuka, R. N., Woolhiser, M. R. 2012. Risk assessment for consumer exposure to toluene diisocyanate (TDI) derived from polyurethane flexible foam. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 64: 504–515.
- [45] Dovjak, M., Kristl, Ž. 2011. Health concerns of PVC materials in the built environment. *International journal of sanitary engineering research* 5, 1: 4-26.
- [46] PVC plastic. 2012. Healthy Building Network (HBN). <http://www.healthybuilding.net/pvc/facts.html> (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [47] Belliveau, M., Lester, S. 2004. PVC Bad News Comes in 3s. The Poison Plastic, Health Hazards and the Looming Waste Crisis. Center for Health, Environment and Justice, Environmental Health Strategy Center. <http://www.pvcinformation.org/assets/pdf/BadNewsComesIn3s.pdf> (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [48] Carbon Monoxide. 2011. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_225600.html (Pridobljeno 27. 9. 2013.)

- [49] Carbon Dioxide. 2011. Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_225400.html (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [50] Dioxins and their effects on human health. 2010. World Health Organization (WHO).
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/> (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [51] Binet, S., Pfohl-Leszkowicz, A., Brandt, H., Lafontaine, M., Castegnaro, M. 2002. Bitumen fumes: review of work on the potential risk to workers and the present knowledge on its origin. The Science of the Total Environment 300: 37–49.
- [52] Rasoulzadeh, Y., Mortazavi, S. B., Yousefi, A. A., Khavanin, A. 2011. Decreasing polycyclic aromatic hydrocarbons emission from bitumen using alternative bitumen production process. Journal of Hazardous Materials 185: 1156–1161.
- [53] Riley, T. 2004. Bitumen Occupational Health – Update on recent activities.
<http://asac.csir.co.za/capsa/Documents/118.pdf> (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [54] Asphalt Fumes. Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
<https://www.osha.gov/SLTC/asphaldfumes/index.html> (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [55] Asphalt (Bitumen). 2004. World Health Organization (WHO).
http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicad59_rev_1.pdf (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [56] Zavrl, M. Š., Kolšek, J. 2009. LCC kot osnova za trajnostno načrtovanje stavb in gospodarjenje z njimi. Gradbenik 7-8: 27-30.
- [57] Racionalna raba snovi, LCA in LCC metode.
http://lab.fs.uni-lj.si/kes/energije_in_okolje/eo-predavanje-13.pdf (Pridobljeno 8. 4. 2013.)
- [58] SIST EN ISO 14040:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri.
- [59] SIST EN ISO 14044:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice.
- [60] Heath, O. 2009. Urbani ekošik. 1. natis. Ljubljana, Vale – Novak: 176 str.

- [61] Poraba energije in goriv v gospodinjstvih, Slovenija, 2010 – končni podatki. 2011. Statistični urad Republike Slovenije (SURS).
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4051 (Pridobljeno 28. 3. 2013.)
- [62] Slama. 2013.
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Slama> (Pridobljeno 2. 4. 2013.)
- [63] Lesar, B. 2012. Proizvodnja celulozne toplotne in zvočne izolacije. Gradbenik 10: 11.
- [64] Svetovni dan voda 2012. 2012. Statistični urad Republike Slovenije (SURS).
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4565 (Pridobljeno 4. 4. 2013.)
- [65] Deževnica lahko prihrani vse do 50 % pitne vode.
<http://www.dezevnica.si/domov/DezevnicaPrihranek> (Pridobljeno 4. 4. 2013.)
- [66] Grobovšek, B. Uporaba deževnice.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT14.htm> (Pridobljeno 4. 4. 2013.)
- [67] Zrak v bivalnih prostorih. 2013.
<http://www.slonep.net/zakljucna-dela/ogrevanje-in-klimatizacija/zrak-v-bivalnih-prostorih>
(Pridobljeno 5. 4. 2013.)
- [68] Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši. Gradbeni vestnik 57: 58-68.
- [69] Krainer, A. 2012. Viri.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 5. 4. 2013.)
- [70] Premisljimo najprej o dobri lokaciji. Gradimo, priloga časnika Večer (29. marec 2004): str. 10.
- [71] Košir, M. 2008. Integralen regulacijski sistem notranjega okolja na osnovi uporabe mehke logike. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Košir): 291 str.
- [72] Hiša in zdravje. Gradimo, priloga časnika Večer (29. marec 2004): str. 16.

- [73] Indoor Air Quality Investigation. Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html (Pridobljeno 7. 4. 2013.)
- [74] Zbašnik Senegačnik, M. 2009. Arhitekturno načrtovanje pasivne hiše. Gradbenik 1: 24-26.
- [75] Final Project – Greenies. 2012. Tools for Sustainability.
<http://www.toolsforsustainability.com/index.php/tfs-seminar/62-0910-q1-499/final-project/421-final-project-greenies> (Pridobljeno 12. 6. 2013.)
- [76] Gozd. Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.umanotera.org/index.php?node=91> (Pridobljeno 13. 6. 2013.)
- [77] Gale, Š., Lešić, M., Kutin Slatnar, B. 2011. Drevo, gozd, les. Statistični urad Republike Slovenije (SURS).
<http://www.stat.si/doc/pub/LES-slo-internet.pdf> (Pridobljeno 13. 6. 2013.)
- [78] Pohleven, F. 2013. Hiša iz masivnega lesa je energetske najbolj pasivna. Trajnostna gradnja: 24-25.
- [79] Srpcič, J. 2009. Les za gradbene konstrukcije. Gradbenik 10: 50-53.
- [80] Dujič, B. Nekoč klasična opečna, v prihodnosti lesena masivna. Gradnja in bivanje.
<http://www.cbd.si/media/pdf/cbd1.pdf> (Pridobljeno 29. 9. 2013.)
- [81] Pohleven, F., Humar, M. 2000. Termiti – nevarni škodljivci tudi v Sloveniji? Les *wood* 52, 11: 369-373.
- [82] Ekološki odtis. 2013. Naravna gradnja.
<http://www.naravnagradnja.com/ekoloski-odtis/> (Pridobljeno 13. 6. 2013.)
- [83] Primc, B. 2012. Naložba v zdravje in okolje.
<http://www.deloindom.si/enostanovanjske-hise/nalozba-v-zdravje-okolje>
(Pridobljeno 13. 6. 2013.)
- [84] Knez, F. 2011. Montažne hiše in trajnostna gradnja. Gradbenik 9: 12-13.

- [85] Brunšek, G. 2010. Zelene strehe – prispevek k ekološki in trajnostni gradnji. Strehe & kritine 2010: 24-25.
- [86] Green Roof Guide.
<http://www.greenroofguide.co.uk> (Pridobljeno 15. 6. 2013.)
- [87] Kavčič, B. 2011. Žive zelene strehe. Strehe & kritine 2011: 22-24.
- [88] Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad.
<http://www.ekosklad.si/index.html> (Pridobljeno 15. 6. 2013.)
- [89] Knez, F. 2012. Toplotna izolacija – ključni element trajnostne gradnje. Gradbenik 10: 8-10.
- [90] Lesar, B. 2012. Proizvodnja celulozne toplotne in zvočne izolacije. Gradbenik 10: 11.
- [91] Celulozna izolacija ZIMICELL. 2013.
http://www.zimic.si/celulozna_izolacija.html (Pridobljeno 16. 6. 2013.)
- [92] Toplotna in zvočna izolacija podjetja Soven.
http://www.soven.si/bio-volnena_izolacija.htm (Pridobljeno 16. 6. 2013.)
- [93] Izolacija iz lesnih kosmičev. 2009. Nizkoenergijske in pasivne hiše 2009: 50-51
- [94] Vpihovanje izolacije. 2013
<http://www.jaris.si/slo/kako-bo-rasla-vasa-hisa/vpihovanje-izolacije/> (Pridobljeno 16. 6. 2013.)
- [95] Kunič, R. 2012. Ekonomična debelina toplotne izolacije v ovoju stavbe. Gradbenik 5: 22-23.
- [96] Kunič, R., Tavzes, Č., Kutnar, A. 2012. Ogljični odtis toplotnoizolacijskih materialov v toplotnem ovoju stavb. Gradbeni vestnik 61: 206-214.
- [97] Kristl, Ž. 2013. Dnevna svetloba.
http://kske.fgg.uni-lj.si/zfbnbo/Predavanja/2013%20M111_dnevna%20svetloba.pdf
(Pridobljeno 18. 6. 2013.)
- [98] Knez, F. 2010. Okoljske lastnosti oken. Gradbenik 2: 12-13.

- [99] Tomšič, M. 2008. Okna – strošek in viri težav ali kaj več? Gradbenik 2: 35-38.
- [100] Dvojna ali trojna zasteklitev okna.
<http://www.jelovica-okna.si/vprasanja-o-lesenih-oknih.html> (Pridobljeno 18. 6. 2013.)
- [101] Kristl, Ž. 2013. Osončenje.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 19. 6. 2013.)
- [102] Pet nasvetov pri izbiri senčil. 2012. Gradbenik 9: 22-23.
- [103] Malovrh, M., Praznik, M. Pravilno zračenje in prezračevanje.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije/URE/URE1-11.htm> (Pridobljeno 2. 5. 2013.)
- [104] Zbašnik Senegačnik, M. 2009. Prezračevanje in ogrevanje pasivnih hiš. Gradbenik 12: 28-30.
- [105] Rekuperator in oprema za prezračevanje varčnih in pasivnih hiš.
http://www.agregat.si/sl/ponudba/rekuperatorji_in_ostala_oprema_za_prezracevanje_pasivnih_in_varcnih_his/ (Pridobljeno 2. 5. 2013.)
- [106] Varčno prezračevanje. 2012.
<http://www.prezracevanje.net/Dokumentacija/Varcno-prezracevanje.html>
(Pridobljeno 2. 5. 2013.)
- [107] Zrakotesnost in prezračevanje. 2013.
<http://lumar.si/hosting-4.domovanje.com/si/zato-smo-boljsi/zrakotesnost>
(Pridobljeno 2. 5. 2013.)
- [108] Vlaga v stanovanju. 2013.
<http://montazne-hise-on.net/vlaga-v-stanovanju.html> (Pridobljeno 2. 5. 2013.)
- [109] Akcijski načrt za obnovljive vire energije za obdobje 2010-2020 (AN OVE) Slovenija. 2010
http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Porocila/AN_OVE_2010-2020_final.pdf (Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [110] Obnovljivi viri energije so pomembni. 2008. Evropska komisija. Luxembourg, Urad za publikacije Evropske unije: 20 str.

- [111] Oblike lesnega goriva. 2006.
http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=les_oblike (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [112] Čebul, T., Krajnc, N., Piškur, M. 2012. Cene lesnih goriv v izbranih državah Evrope. Gozdarski vestnik 70, 7-8: 307-212.
http://www.gozdis.si/data/oddelki/gte/Objave/Cene_lesnih_gorivEU_GV70_2012.pdf
(Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [113] Žnidaršič, B. 2012. Kvaliteta zraka. Nacionalna energetska pot (NEP), Slovenija.
http://nep.vitra.si/datoteke/clanki/Kvaliteta_Zraka.pdf (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [114] Geotermalna energija. 2013.
<http://www.geotech.si/geotermalna-energija> (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [115] Ogrevane toplotne črpalke.
<http://www.gorenje.si/ogrevanje-in-hlajenje/toplotne-crpalke/ogrevane-toplotne-crpalke>
(Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [116] Toplotne črpalke za ogrevanje in hlajenje.
<http://www.dimplex.de/si/topl-crp.html> (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [117] Malovrh, M. 2011. Energija sonca za segrevanje vode in prostorov. Strehe & kritine 2011: 34-35.
- [118] Termični solarni sistemi. Letak Ministrstva za infrastrukturo in prostor Republike Slovenije, Eko sklada in Gradbenega inštituta ZRMK.
- [119] Easy Sun Pool Solar Absorber. 2013.
<http://yapool.de/Poolheizung/Mini-Solar-Sets/Easy-Sun-Pool-Solar-Absorber-4-5-x-1-2-m-5-4-m.html> (Pridobljeno 10. 5. 2013.)
- [120] Solarni sistemi. 2013.
<http://www.jadran-energetika.si/ogrevanje/solarni-sistemi> (Pridobljeno 10. 5. 2013.)
- [121] Vertin, K. 2011. Ko streha proizvaja elektriko. Strehe & kritine 2011: 36-37.
- [122] Puš, M. 2010. Fotonapetostna elektrarna. Gradbenik 9: 10-11.

- [123] Fotovoltaika.
<http://www.viaint.si/energetika/partner/ogled/37> (Pridobljeno 11. 5. 2013.)
- [124] Solar panel types. 2013.
<http://www.awesomesolarpanel.com/solar-panel-types/> (Pridobljeno 11. 5. 2013.)
- [125] Škarja, N. 2012. Koliko sončnih elektrarn potrebuje Slovenija. Gradbenik 9: 54-55.
- [126] Mesečne vsote trajanja sončnega obsevanja (ure). 2009. Meteorološki letopis 2009 — trajanje sončnega obsevanja. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO).
<http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%C5%A1ki%20letopis/2009trajanje.pdf>
(Pridobljeno 11. 5. 2013.)
- [127] Vetrne elektrarne.
<http://www.tehnosol.si/produkti-2> (Pridobljeno 12. 5. 2013.)
- [128] Vetrne elektrarne
<http://www.vetrneelektrarne.si/> (Pridobljeno 12. 5. 2013.)
- [129] Vetrna elektrarna. 2013.
http://sl.wikipedia.org/wiki/Vetrna_elektrarna (Pridobljeno 12. 5. 2013.)
- [130] How loud is a wind turbine? 2013.
<http://www.gereports.com/how-loud-is-a-wind-turbine/> (Pridobljeno 12. 5. 2013.)
- [131] Raner, D., Žebeljan, D. 2009. Vodna energija kot strateška prednost Slovenije. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji. Zbirka Zelena Slovenija: 29-36.
http://www.zelenaslovenija.si/images/stories/pdf_dokumenti/Obnovljivi-viri-energije-v-Sloveniji.pdf (Pridobljeno 12. 5. 2013.)
- [132] Vodna energija.
<http://kolednik.wordpress.com/obnovljivi-viri-energije/vodna-energija/>
(Pridobljeno 12. 5. 2013.)
- [133] Majhne hidroelektrarne.
http://lab.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/majhne_hidroelektrarne.pdf (Pridobljeno 12. 5. 2013.)

[134] Small Hydro (Small Hydroelectric).

http://www.our-energy.com/small_hydro.html (Pridobljeno 12. 5. 2013.)

[135] Najpogostejša vprašanja na temo rabe deževnice.

<http://www.svetvode.si/index.php/Najpogostej%C5%A1a-vpra%C5%A1anja-na-temo-rabe-de%C5%BEevnice.html> (Pridobljeno 14. 5. 2013.)

[136] Deževnica. 2012.

http://www.nau.si/#dezevnica_info.html (Pridobljeno 14. 5. 2013.)

[137] Izkoriščanje deževnice s sistemom.

http://www.armex-armature.si/html/Katalog_R30_SLO.pdf (Pridobljeno 14. 5. 2013.)