

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**FOTOVOLTAIKA IN RAVNA EKSTENZIVNO
OZELENJENA STREHA –
INTEGRACIJA DVEH KOMPLEMENTARNIH
TEHNOLOGIJ**

Kandidat: Tadej Kugl

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: dr. Ksenija Golob

Mentor v podjetju: Tomaž Štrafela, univ. dipl. ing. grad.

Lektor: Irena Žunko, prof.slov. j.

Maribor, 2018

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Tadej Kugl sem avtor diplomskega dela z naslovom Fotovoltaika in ravna ekstenzivno ozelenjena streha – integracija dveh komplementarnih tehnologij, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Ksenije Golob.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Hoče, april 2018

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za strokovno pomoč, vodenje in nasvete pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorici dr. Kseniji Golob.

Iskrena zahvala mojim staršem in moji partnerki Urški za podporo in vzpodbudo med študijem.

POVZETEK

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja nizko energijske hiše je osnova diplomskega dela, ki obravnava integracijo fotovoltaičnega sistema v kombinaciji z ravno ekstenzivno ozelenjeno streho. Opis projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja vsebuje podatke o tehničnih in energetskih lastnostih objekta, sestavi konstrukcij ter tloris in dva prereza. Podane so tudi vrste dokumentacije, potrebne za pridobitev gradbenega dovoljenja.

Navedene so značilnosti ekstenzivno in intenzivno ozelenjenih ravnih streh. Opisane so lastnosti in sestava ekstenzivne zelene ravne strehe, ki je uporabljena na obravnavani nizko energijski hiši. Poudarjena je vloga, ki jo ekstenzivno zelena streha lahko igra v trajnostni gradnji objektov v izboljšanju ekoloških in ekonomskih vidikov gradnje. S svojimi toplotnimi karakteristikami pa ima pozitiven učinek tako na objekt kakor na bližnjo okolico, zaradi česar je odlična izbira za urbana naselja.

Prikazana je sestava in lastnosti treh vrst ekstenzivno ozelenjenih streh, katere so topla, obrnjena in duo ravna zelena streha. Prav tako je prikazana sestava in tehnične karakteristike strešne konstrukcije na obravnavani nizko energijski hiši.

V nadaljevanju so navedene značilnosti tehnologije sončnih celic in fotonapetostnih sistemov ter njihova delitev. Predstavljeni so posamezni sestavni deli fotonapetostnega sistema in njene tehnične lastnosti.

Navedena je ekološka vloga fotonapetostnih sistemov v trajnostni gradnji in prikazana mikro strešna elektrarna za potrebe obravnavane nizko energijske hiše, kakšne so potrebe in zmožnosti na dani situaciji.

V diplomskem delu je opisana integracija teh dveh tehnologij ter njun vpliv druge na drugo. Prikazan je princip montaže fotonapetostnih panelov na ravni zeleni strehi z minimalno izgubo vegetacije in brez prebojev hidroizolacije. Predstavljen je eden izmed komercialnih tipskih modularnih integriranih fotonapetostnih sistemov.

Delo vsebuje povzetke dveh raziskav, kjer so analizirali vpliv različnih strešnih kritin na fotonapetostne module, njihovo temperaturo in proizvodnjo električne energije. Kot del raziskave je bil prav tako analiziran vpliv PV-panelov na vegetacijo zelene strehe.

Ključne besede: ravna streha, zelena streha, fotovoltaika, trajnostna gradnja, obnovljivi viri energije

ABSTRACT

PHOTOVOLTAICS AND EXTENSIVE GREEN FLAT ROOF –

AN INTEGRATION OF TWO COMPLEMENTARY TECHNOLOGIES

Dealing with the integration of a photovoltaic system combined with an extensive green roof, this thesis is based on a project for the acquisition of a building permit for a low-energy house. The description of the project for the acquisition of a building permit includes data on the technical and energy properties of the object, the composition of the constructions, the floor plan, and two sections. The types of documents required for the acquisition of a building permit are also presented.

The thesis discusses the characteristics of extensive and intensive green roofs and lays out the specific characteristics and composition of extensive green roofs integrated in the said low-energy building. The role of extensive green roofs in sustainable construction is highlighted, for it contributes in terms of economic and ecological factors alike. With their thermal characteristics, green roofs have a positive impact on both the building in question and its immediate surroundings, making them an excellent choice for urban environments.

Provided in the thesis are the composition and properties of all roof types appropriate for extensive green roofs, namely the thermal, reverse, and double flat roofs. Also presented are the composition and technical characteristics of the roof construction used in the low-energy house dealt with in the thesis.

What follows is a presentation of the characteristics of solar-cell technology in a photovoltaic (PV) system, and their categorization. Individual parts of a photovoltaic system are presented along with their technical properties.

Also dealt with is the ecological role of photovoltaic systems in sustainable construction. Next, a small rooftop power station is presented, accompanied by a specification of the requirements and capacity in the case dealt with.

The thesis describes the integration of these two technologies and the impacts they have on each other. Furthermore, it presents a method of photovoltaic panel installation on green roofs with a minimal loss of vegetation and without any hydro-insulation malfunctioning. Additionally, the thesis also presents one of the typical commercially available modular integration photovoltaic systems.

This work contains abstracts of two studies looking into the effect of different roof coverings on photovoltaic modules, their temperature, and the production of electricity. The effect of PV panels on green-roof vegetation was also studied in the research.

Keywords: flat roof, green roof, photovoltaics, sustainable construction, renewable energy sources

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	11
1.1 OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	11
1.2 NAMEN, CILJ IN OSNOVNE TRDITVE	12
1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	13
1.4 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	13
2 PROJEKT NIZKOENERGIJSKE HIŠE.....	14
2.1 OPIS PROJEKTA.....	14
2.2 TEHNIČNE ZNAČILNOSTI OBJEKTA	16
2.3 ENERGETSKE LASTNOSTI HIŠE	19
2.4 PROJEKTNÁ DOKUMENTACIJA ZA PRIDOBITEV GRADBENEGA DOVOLJENJA.....	21
3 ZELENE STREHE.....	23
3.1 SPLOŠNO O ZELENIH STREHAH	23
3.2 VLOGA EKSTENZIVNO OZELENJENIH STREH PRI TRAJNOSTNI GRADNJI	25
3.2.1 EKOLOŠKA IN EKONOMSKA VLOGA ZELENE STREHE.....	27
3.2.2 URBANI VPLIV ZELENIH STREH	28
3.3 SESTAVA ZELENE STREHE	30
3.3.1 KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI ZELENIH RAVNIH STREH	30
3.3.2 NOSILNA KONSTRUKCIJA EKSTENZIVNO ZELENE STREHE.....	32
3.3.3 HLADNI BITUMENSKI PRED PREMAZ	32
3.3.4 PARNA ZAPORA	32
3.3.5 TOPLOTNA IZOLACIJA.....	33
3.3.6 HIDROIZOLACIJA.....	33
3.3.8 DRENAŽNI IN VODOZADRŽEVALNI SLOJ.....	35
3.3.9 ZAŠČITNI SLOJ.....	35
3.3.10 SUBSTRAT/ZEMLJINA	35
3.3.11 RASTLINE EKSTENZIVNO OZELENJENE STREHE	36
3.3.12 SESTAVA EKSTENZIVNO ZELENE STREHE (OBRNJENA STREHA)	38
3.3.13 SESTAVA EKSTENZIVNO ZELENE STREHE (TOPLA STREHA)	39
3.4 SESTAVA IN LASTNOSTI ZELENE STREHE NA DANEM OBJEKTU	41
4 FOTOVOLTAIKA	43

4.1 OPREDELITEV FOTOVOLTAIKE	43
4.2 SONČNI FOTONAPETOSTNI MODULI	44
4.3 ELEMENTI FOTONAPETOSTNEGA SISTEMA.....	47
4.4 EKOLOŠKA VLOGA FOTOVOLTAIKE	49
4.5 MIKRO ELEKTRARNA NA NAŠI NIZKOENERGIJSKI HIŠI	51
5 INTEGRACIJA FOTOVOLTAIKE IN ZELENE STREHE	53
5.1 OSNOVNE LASTNOSTI OBEH SISTEMOV	53
5.2 INTEGRACIJA SISTEMA	55
5.2.1 KÖHLERJEVA RAZISKAVA INTEGRIRANEGA SISTEMA 2001–2006.....	55
5.2.2 RAZISKAVA INTEGRIRANEGA SISTEMA MOHAMMEDA ALSHAYEBA IN JAEJA D. CHANGA 2016	58
5.3 MONTAŽA IN POSTAVITEV PV-PANELOV NA ZELENI STREHI BREZ PREBOJA HIDROIZOLACIJE .	60
6 KOMERCIALNI MODULARNI INTEGRIRANI PV-SISTEMI.....	62
7 SKLEP	66
8 VIRI	69
9 PRILOGE.....	73

KAZALO TABEL

TABELA 1: TEHNIČNE LASTNOSTI POSAMEZNEGA TIPA OZELENITVE.....	30
TABELA 2: DINAMIKA RASTLINSKIH VRST ZELENE STREHE.....	57
TABELA 3: MERITVE TEMPERATUR NA POSAMEZNI POVRŠINI	59

KAZALO SLIK

SLIKA 1: TLORIS NIZKO-ENERGETSKEGA OBJEKTA	14
SLIKA 2: PREREZ NIZKO-ENERGETSKEGA OBJEKTA.....	17
SLIKA 3: PRIMER EKSTENZIVNE OZELENITVE.....	24
SLIKA 4: PRIMER INTENZIVNE OZELENITVE	24
SLIKA 5: TOPLOTNA SLIKA RAVNE STREHE, KJER JE ENA POLOVICA OZELENJENA, DRUGA PA KLASIČNA BITUMENSKA.....	29
SLIKA 6: SESTAVA ZELENE STREHE	31
SLIKA 7: EKSTENZIVNA ZELENNA OBRNJENA STREHA.....	38
SLIKA 8: EKSTENZIVNA ZELENNA TOPLA STREHA	39
SLIKA 9: DUO ZELENNA STREHA OBJEKTA	41
SLIKA 10: LETNO OBSEVANJE NA HORIZONTALNO POVRŠINO V SLOVENIJI.....	43
SLIKA 11: MONOKRISTALNI MODUL	45
SLIKA 12: POLIKRISTALNI MODUL	46
SLIKA 13: OMREŽNA SONČNA ELEKTRARNA.....	49
SLIKA 14: IZGRADNJE ELEKTRARN V EU	50
SLIKA 15: STREŠNA SONČNA ELEKTRARNA MODULARNEGA SISTEMA K2.....	52
SLIKA 16: INTEGRIRAN SISTEM PV-PANELOV IN ZELENE STREHE V NEW YORKU	53
SLIKA 17: TOPLOTNA SLIKA RAVNE STREHE MED RAZISKAVO	56
SLIKA 18: IZMERJENE TEMPERATURE NA BITUMENSKI STREHI.....	58
SLIKA 19: IZMERJENE TEMPERATURE NA ZELENI STREHI	59
SLIKA 20: PRIMER PV-MODULA PROIZVAJALCA BAUDER.....	60
SLIKA 21: POSTAVITEV PV-PANELOV NA RAVNI STREHI.....	61
SLIKA 22: SOLARBASE NOSILEC IZ HDPE.....	63
SLIKA 23: PREREZ SOLARBASE 30 SISTEMA.....	64
SLIKA 24: KONČANA SOLARBASE 30 ZELENNA STREHA.....	65

SEZNAM OKRAJŠAV

PGD – projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja

PZI – projekt za izvedbo

TI – toplotna izolacija

AB – armiran beton

EPS – ekspandiran polistiren

XPS – ekstrudiran polistiren

UHI – urbani toplotni otok (Kristin L. Getter, 2006) (angl. Urban heat island)

°C – stopinj Celzija

AB – armirano-betonska

DC – angl. direct current, enosmerni električni tok

AC – angl. Alternating current, izmenični električni tok

EU – Evropska unija

STC – angl. standard test condition / standardni testni pogoji

RED – angl. Renewable energy directive / direktiva obnovljivih energij

PV – fotovoltaika

HDPE – polietilen visoke gostote

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Največji izziv človeštva v 21. stoletju je spoprijem z energetske primanjkljaji. Energetske zahteve se večajo v vseh sektorjih gospodarstva, največja porast je predvidena v zasebnem sektorju (gospodinjstva) z letnim 1,6-odstotnim porastom. Gospodinjstva tako predstavljajo 20 % vseh energetskih potreb s predvidenim porastom 38 % do leta 2040. (Alshayeb M., 2016)

No področju gradbeništva se prav iz tega razloga razvija večje število ekološko vzdržnih (trajnostnih) načinov gradnje, z namenom reducirati škodljive ekološke vplive urbaniziranega načina življenja. Trenutno je 60 % vse električne energije proizvedene s pomočjo fosilnih goriv (premog, zemeljski plin). Med možnimi rešitvami je podana izgradnja fotonapetostnih modulov, tako na gospodinjstvih kakor na industrijskih objektih in samostojnih sončnih elektrarnah, z namenom zmanjšanja toplogrednih plinov ter večja uporaba zelenih površin za namen pokrivanja strešnih površin objektov. Zelene strehe vračajo izgubljene zelene površine in ustvarjajo boljšo življenjsko klimo v urbanih centrih. (Alshayeb M., 2016)

Specifikacijo trajnostnega načina gradnje lahko opredelimo s tremi dejavniki:

Energetski:

- energija pri uporabi (emisije CO₂),
- energija pri proizvodnji (emisije CO₂),
- maksimalna izraba obnovljivih virov.

Ekološki:

- biodiverziteta,
- ekološki princip,
- gradnja za ohranjanje živalske in rastlinske vrste.

Okoljski:

- ohranjanje vodnih virov,
- izguba zelenih površin,
- zdravje ljudi,
- družbeno cenjeno okolje.

V tem diplomskem delu sem tako na primeru nizko energijske hiše, za katerega sem pripravil dokumentacije projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja PGD in projekta za izvedbo PZI, predstavil prej omenjena sistema zelene strehe in fotonapetostnih modulov ter njuno integracijo.

Diplomsko delo je razdeljeno na dva tematsko različna dela. V prvem delu sem opisal projekt za pridobitev PGD in PZI, v katerem sem podal pomembne podatke, ki se navezujejo na temo energetske varčne in trajnostne gradnje.

Objekt v danem projektu je enoetažna nizko energijska stanovanjska hiša z dodatno posebnostjo – zeleno ravno streho, na katero se navezuje druga tema diplomskega dela, tj. integracija zelene strehe s fotovoltaike. Na temo rezultatov pozitivnih učinkov integracije dveh tehnologij je predstavljenih več raziskav, kjer se tehnologiji s svojimi lastnostmi komplementirata druga na drugo. Tukaj sem bolj podrobneje opisal posamezna sistema, na koncu pa s pomočjo objavljenih večletnih raziskav predstavil integracijo teh dveh sistemov.

1.2 Namen, cilj in osnovne trditve

S pomočjo diplomskega dela sem se želel podrobno seznaniti z izdelavo projektne dokumentacije manj zahtevnega objekta in z dvema »zelenima« tehnologija, ki v dobi vedno večje ekološke ozaveščenosti postajata zanimivi dopolnitvi obstoječim sistemom gradnje.

Znotraj diplomskega dela sem želel prikazati osnovne lastnosti posameznih sistemov ter proučiti delovanje integracije teh dveh tehnologij, na kakšen način in v kolikšni meri vplivata eno na drugo.

Osnovne trditve:

H1: Zelena streha zaradi izhlapevanja vode iz substrata in rastlinskih listov ustvarja hladno mikroklimo, kar izboljšuje učinkovitost sončnih celic na strešni elektrarni.

H2: Senčenje panelov sončnih celic ima pozitiven vpliv na vegetacijo zelene strehe in ščiti vegetacijo pred močnejšim soncem, vročino ter preprečuje prekomerno izhlapevanje vode.

H3: Sistema zelene ravne strehe in sončnih celic sta komplementarna in ponujata ekološko vzdržen način gradnje in bivanja.

1.3 Predpostavke in omejitve

V diplomskem delu sem želel potrditi navedene hipoteze. Pri preučevanju sistema integracije sem predpostavljal združevanje ekstenzivno ozelenjene strehe in male strešne sončne elektrarne. Omejitve pri preučevanju so bile pri pomanjkanju različnih virov pod temo integracije in nezmožnost opravljanja lastne empirične raziskave. Iz tega razloga sem se navezoval na že objavljene strokovne članke in študije. Prav tako je v Sloveniji veliko pomanjkanje objektov s takšnim strešnim sistemom.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri pripravi diplomskega dela sem z metodo deskripcije opisal posamezne elemente kombiniranih sistemov, ki sem jih preučil v strokovnih literaturah in akademskih raziskavah. S komparativno metodo pa sem prikazal vpliv različnih vrst strešne podlage na učinkovitost proizvodnje električne energije sončnih celic na strešni mikro elektrarni.

Gradnja hiše je predvidena na zemljišču s parcelno številko 3500/2 v katastrski občini 157, Dolga vas pri Lendavi. Parcela, katere velikost je 539 m², leži na jugovzhodnem delu katastrske občine. Lega hiše na parceli je severnovzhodna in leži na 1/3 parcele. Odmiki od sosednjih zemljišč so zagotovljeni skladno z določili odloka (Odlok o prostorskih ureditvenih pogojih za mesto Lendava Uradni list RS, št. 45/01, 66/02, 54/04). Dostop do občinske ceste je neposredno s parcele, in sicer na vzhodni strani objekta oz. parcele. Načrt arhitekture je podan v prilogi (Priloga 1). Pred začetkom gradnje objekta je nujna rušitev obstoječega vodnjaka na zemljiški parceli. Popis rušitvenih del je podan v prilogi (Priloga 5).

Objekt je pritlična hiša, ki bo grajena iz opečnih zidakov, armirano betonske temeljne plošče, horizontalnih in vertikalnih armirano betonskih vezi in ravno ekstenzivno ozelenjeno streho. Tlorisna zasnova hiše je pravokotne oblike z eno etažo (pritličje). Ob hiši bodo zagotovljene manipulativne površine in mesto za ločeno zbiranje gospodinjskih odpadkov. Ob njej bodo zagotovljene parkirne površine za potrebe parkiranja osebnih vozil. Vse prevozne utrjene površine bodo tlakovane in omejene z obrobo iz betonskih robnikov 8/20 cm, položenih v betonski temelj. Na parceli bodo ob uvozu, manipulativnih in pohodnih površinah zagotovljene še zelene površine, ki bodo oplemenitene z avtohtono zasaditvijo dreves in grmovnic. Zelenica bo poravnana na novo projektirano višino, humusirana pa s humusom, debeline najmanj 15 cm.

- Maksimalni tlorisni gabarit objekta: 11,00 m x 8,50 m.
- Višina objekta, merjeno od nultih kotov objekta: 3,64 m.
- Višina nultih kotov nad terenom: 0,14 m.
- Kota pritličja: 0,00 m = 178,2 m. n. v.
- Kota strehe – atika: + 3,79 m = m. n. v.

Skupna bruto površina objekta meri 93,5 m², neto pa 75,35 m².

Nizkoenergijska hiša zajema samo pritličje, njen glavni vhod je z vzhodne strani. V pritličju je predviden dnevno-bivalni prostor s kuhinjo, spalnico, kabinetom, kopalnico in shrambo. Dostop do objekta je z občinske ceste.

2.2 Tehnične značilnosti objekta

Objekt je temeljen na armiranobetonski talni plošči, debeline 22 cm (dodatek vodotesnosti na osnovi kristalizacije), podloženemu betonu, debeline 10 cm in gramoznem utrjenem nasutju, debeline 60 cm. Nosilni zidovi pritličja vključno z atiko so izdelani iz toplotno-izolativne opeke, debeline 25 cm, povezani z armirano-betonskimi horizontalnimi in vertikalnimi vezmi. Vse vmesne predelne stene hiše so klasično opečno zidane, debeline 12 cm ali 20 cm (notranji nosilni zidovi). Strešna kritina objekta je ravna armirano-betonska plošča, debeline 22 cm, z ozelenitvijo. Hiša ima izvedene drenaže s kontrolnimi jaški.

Fasada objekta je izdelana po sistemu, kot so na primer »demit« fasade, debeline 20 cm, zaključni sloj je fino zrnati strukturni dekorativni sloj v barvi po izboru arhitekta.

Streha je ravna armirano-betonska konstrukcija, debeline 22 cm, z naklonskim betonom 2 %, toplotna zaščita je sestavljena iz 10-centimetrskega ekspandiranega polistirena EPS 150 in 30-centimetrskega ekstrudiranega polistirena XPS 300. Nad hidroizolacijo je urejena ekstenzivna ozelenitev iz rastlin trajnic, navajenih sušnega podnebja (sedumi), v substratu, ki je debeline 10 cm.

Vsa okna so plastične izvedbe belo-sive barve, izdelane iz 5-komornih plastičnih profilov mehke zaokrožene linije profilov, trojnimi tesnili in izolacijskim steklom, polnjenim s plinom $U = 0,7$, $R_w = 32$ dB.

Okna so obrobljena s strukturnimi dekorativnimi špaletami. Zunanje okenske police so ALU-izvedbe, notranje police pa iz oplemenitene iverne plošče, kot je na primer »Werzalit«.

Vhodna vrata v objekt so plastična, zastekljena s toplotno izolacijskim steklom $k = 1.1$ W/m²K. Zvočna izolativnost vhodnih vrat je 38 dBA.

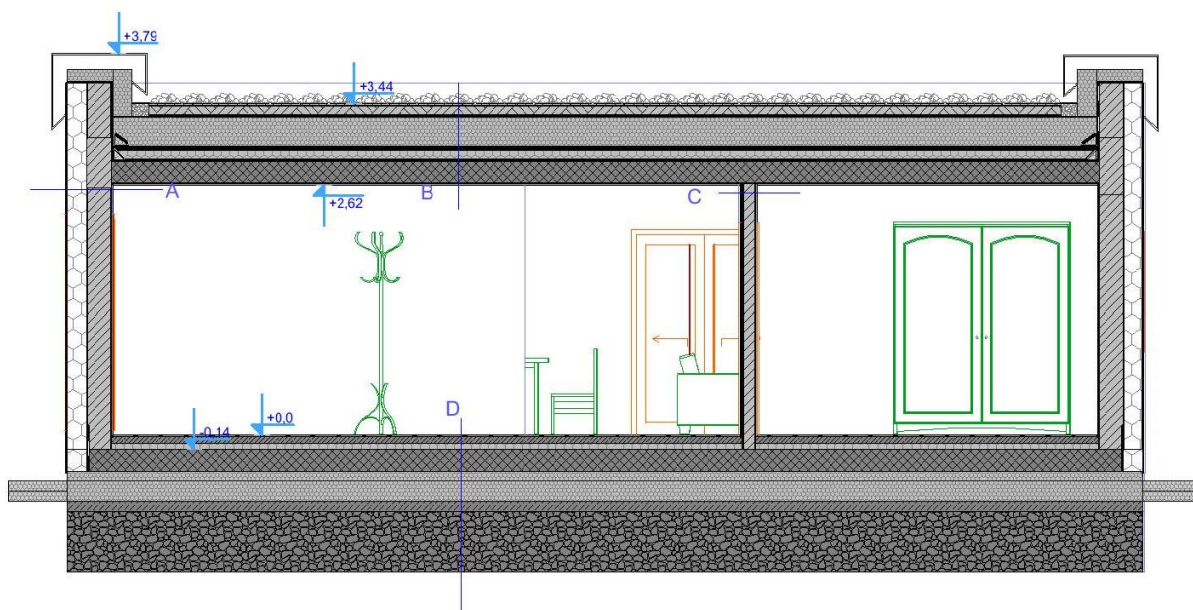
Vsa notranja vrata so suhomontažne izvedbe, iz barvanega mediapana in nasajena na furnirani podboj. Vrata sanitarij in shramb ter prostorov brez oken bodo imela v krilih prezračevalno rešetko.

Vsi notranji tlaki so obdelani s cementnim estrihom in so ustrezno zvočno oz. toplotno izolirani. Tlaki so pripravljeni za oblaganje s finalnimi oblogami – parketom oz. keramiko/granitogresom, skladno s projektom:

- keramika/granitogres (kopalnica, WC, kuhinja, shramba),
- parket (dnevni prostor, jedilnica, spalnica, kabinet, hodnik),
- betonski tlakovci (dovoz, zunanja terasa).

Vse notranje stene in stropi so ometani, izravnani in finalno opleskani v beli barvi.

Stene sanitarnih prostorov bodo do stropa obložene s keramičnimi ploščicami. Zaključki bodo iz PVC-letvic. Stiki na robovih in vogalih bodo obdelani s tesnilnim trakom.



Slika 2: Prerez nizko-energetskega objekta

Vir: (Selimovič, Načrt arhitekture, 2017)

Slika 2 prikazuje prečni prerez nizkoenergijske hiše, kjer je vidna sestava konstrukcije. Prerez je del dokumentacije projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja.

V nadaljevanju je opisana sestava konstrukcij, kakor so podane v tehničnem poročilu (Priloga 6).

Z1 – kontaktna fasada:

- notranji omet 2 cm,
- opeka npr. Porotherm 25 cm,
- TI / fasadni EPS 20 cm,
- zaključni fasadni sloj 1 cm,
- Z2 – stena med enotami,
- notranji omet 1 cm,
- opeka npr. Porotherm 12 cm,
- notranji omet 1 cm.

S1 – strešna konstrukcija:

- ozelenitev 2 cm,
- substrat 10 cm,
- filc (protikoreninska zaščita)/geotekstil 200 g/m² 0,2 cm,
- TI / zvočna izolacija / XPS 30 cm,
- Hidroizolacija (bitumenski trakovi) V4 2 x 5 mm,
- TI / zvočna izolacija / EPS 10 cm,
- parna zapora 1 cm,
- ibitol premaz,
- AB-plošča z naklonskim betonom 2 % 22 cm,
- notranji omet 1 cm.

T1 – talna konstrukcija:

- tlak keramika/parket 2 cm,
- cementni estrih 6 cm,
- polietilenska folija 1000 0,02,
- sist. plošče za talno gretje EPS 6 cm,
- AB-talna plošča z dodatkom HI 22 cm,
- TI / zvočna izolacija / XPS 30 cm,
- podložni beton 10 cm,
- gramoz 60 cm.

2.3 Energetske lastnosti hiše

Hiša, ki je osnova mojega diplomskega dela, je projektirana za doseganje nizko-energetskih gradbenih standardov.

Kot del priprave projektne dokumentacije sem pridobil Elaborat gradbene fizike (Priloga 7) in Izkaz energijskih lastnosti stavbe (Priloga 8), s pomočjo katerih lahko strokovno ocenim energetske lastnosti objekta. Podatki so bili pridobljeni s pomočjo programa »Gradbena fizika URSA 4.0«, podan izračun je bil narejen v skladu s »Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah« in s »Tehnično smernico za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije«.

Geometrijske karakteristike objekta, kakor so podane v Elaboratu gradbene fizike za področje učinkovite rabe energije v stavbah (Priloga 7):

- površina toplotnega ovoja objekta: $A = 233,35 \text{ m}^2$,
- kondicionirana prostornina stavbe: $V_e = 340,42 \text{ m}^3$,
- neto ogrevana prostornina stavbe: $V = 197,42 \text{ m}^3$,
- oblikovni faktor: $f_0 = 0,69 \text{ m}^{-1}$,
- vrsta zidu: Težka gradnja ($\geq 1000 \text{ kg/m}^3$).

Klimatski podatki (za lokacijo zemljišča):

- začetek kurilne sezone: 265. dan v letu,
- konec kurilne sezone: 135. dan v letu,
- temperaturni primanjkljaj: 3300 K dni,
- energija sončnega obsevanja: 1157 kWh/m².

Toplotne prehodnosti konstrukcij objekta, kakor so podane v Elaboratu gradbene fizike (Priloga 7):

- Zunanja stena $U = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Tla na terenu $U = 0,085 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ravna streha z ozelenitvijo $U = 0,083 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna raba energije objekta, kakor je podana v Elaboratu gradbene fizike (Priloga 7):

- Primarna raba energije: $Q_p = 6779,73 \text{ kWh}$
- Potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH} = 3554,33 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine objekta je 47,17 kWh/m², kar je zadovoljivo (med 20–55 kWh/m²) za doseganje klasifikacije NIZKOENERGETSKE HIŠE.

2.4 Projektna dokumentacija za pridobitev gradbenega dovoljenja

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja sestavljajo:

- vodilna mapa,
- načrt arhitekture,
- elaborati.

(Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008)

Vodilna mapa vsebuje:

- splošne podatke o objektu;
- potrdila o pridobljenih soglasjih;
- podatke o izdelovalcih projekta;
- izjavo, v kateri odgovorni vodja projekta PGD potrdi, da so načrti usklajeni, pridobljena vsa soglasja, izdelani vsi elaborati in da je projekt izdelan tako, da objekt izpolnjuje vse bistvene zahteve;
- lokacijske podatke: prikaz lege, velikosti in oblike parcele, navedbo veljavnega prostorskega akta, prikaz priključkov na infrastrukturo, prikaz gradbenih in drugih regulacijskih linij, prikaz lege objekta z razvidno tlorisno velikostjo in odmiki od sosednjih zemljišč, prikaz značilnih prerezov;
- povzetek revizijskega poročila, če je revizija zahtevana;
- izkaze požarne varnosti, toplotne karakteristike objekta, energijske karakteristike prezračevanja objekta;
- vse potrebne načrte projektne dokumentacije.

Za vodilno mapo je odgovoren vodja projekta. (Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008)

Načrt arhitekture vsebuje:

- tehnično poročilo in oceno investicije,
- risbe: ureditvena situacija (M 1 : 500), tlorisi vseh etaž (M 1 : 100), risba strehe (M 1 : 100), dva prereza (M 1 : 100), fasada (M 1 : 100), risbe kanalizacije in temeljenja (M 1 : 100).

(Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008)

S pomočjo elaboratov dokazujemo izpolnjevanje predpisanih zahtev, zato elaborat vsebuje:

- geodetski načrt,
- študijo požarne varnosti,
- elaborat gradbene fizike,
- načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki,
- študijo izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo z energijo,
- oceno zvočne izolacije,
- konservatorski načrt pri ohranjanju kulturne dediščine.

(Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008)

3 ZELENE STREHE

3.1 *Splošno o zelenih strehah*

Zelene strehe ali strešne kritine z rastlinsko ozelenitvijo nam ponujajo več ekonomskih in ekoloških rešitev. Takšna kritina je energetske varčna, ščiti in podaljša življenjsko dobo strešnih hidroizolacij, pomaga pri zadrževanju meteornih voda ter zmanjšuje učinek urbanega toplotnega otoka (angl. Urban heat island – UHI). Ozelenjena streha ima zelo estetski videz ter nam olepša urbani prostor.

Glede na vrsto ozelenitve ločimo dve vrsti zelenih streh:

- ekstenzivna ozelenitev (trave, zelišča, sedumi),
- intenzivna ozelenitev (trave, grmičevje, olesenele rastline, manjša drevesa).

(MG zelene strehe, 2018)

Ekstenzivna ozelenela streha je najpogostejša oblika zelene strehe. Značilnosti takšne vrste ozelenitve so nizke trajnice (homulice – sedumi), ki so enostavne za vzdrževanje in se dobro obnesejo v večini klimatskih pogojev. Debelina zemljine za to vrsto ozelenitve je do 10 cm, zaradi tega pa ima ekstenzivna zelena streha tudi nizko lastno težo.

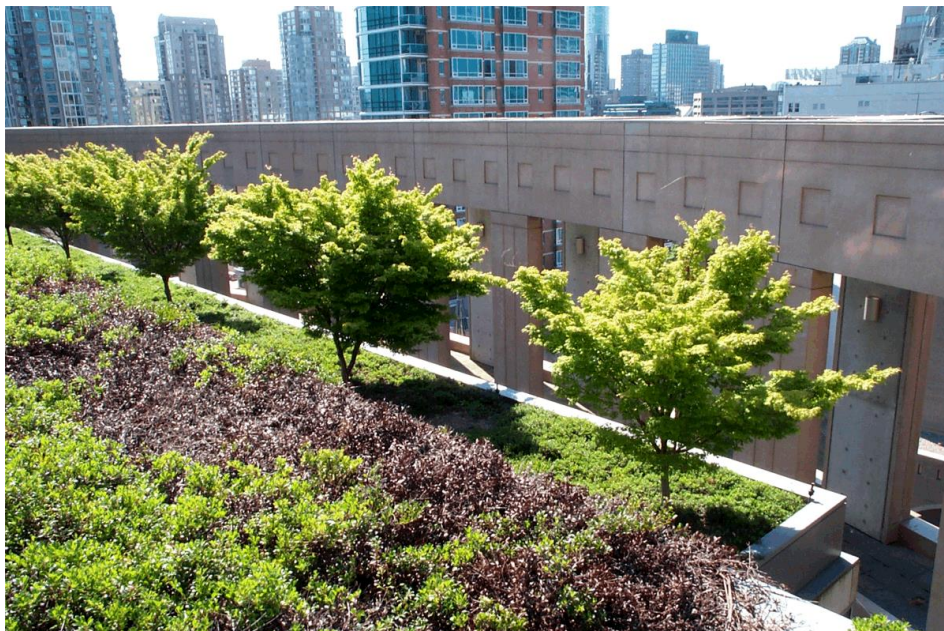
Na intenzivno ozelenjeni strehi imamo večjo raznolikost rastlin (trave, olesenelo grmovje, nižja drevesa). Debelino zemljine prilagajamo glede na izbrane vrste rastlin od 15 do 100 cm in več. Zaradi večje lastne teže same zemljine in rastlin se mora temu prilagoditi nosilnost načrtovane konstrukcije. Ta vrsta ozelenitve zahteva pogosta vzdrževanja, kar poveča stroške.



Slika 3: Primer ekstenzivne ozelenitve

Vir: (https://roofmeadow.files.wordpress.com/2012/06/img_1042sm1.jpg, 2017)

Slika 3 prikazuje videz končane ekstenzivne ozelenitve ravne strehe.



Slika 4: Primer intenzivne ozelenitve

Vir: (<http://www.greenroofs.com/projects/librarysq/librarysq10.gif>, 2017)

Slika 4 prikazuje primer intenzivne vrste ozelenitve ravnih streh. Vidna so grmičevja in nižja drevesa.

Večina zelenih streh je položena na ravne strehe, ki pa so lahko za dosego boljše temperaturne izolativnosti tudi primerno dimenzionirane. Če je želja ustvariti nizko-energijski objekt ali celo pasivno gradnjo, imamo na izbiro tri vrste ravnih streh, ki se ločujejo glede na razporeditev konstrukcijskih elementov.

Ločimo:

- tople strehe,
- obrnjene strehe,
- duo strehe.

(MG zelene strehe, 2018)

Pri topli strehi položimo hidro izolacijski sloj nad toplotno izolacijo, pod njo pa primerno parno zaporo. Tako ostane toplotna izolacija suha in ne izgubi svojih toplotno izolacijskih lastnosti. Slabost takšne konstrukcije je slabša zaščita hidroizolacije pred mehanskimi poškodbami in vremenskimi vplivi. V primerjavi s toplo streho ima obrnjena streha drugačen vrstni red konstrukcijskih elementov. Toplotno izolacijo položimo nad hidroizolacijo, zaradi izpostavljenosti vlagi pa moramo izbrati primeren toplotno izolacijski material, ki ne vpija vlage in ne izgubi svojih toplotno izolacijskih lastnosti. Takšni materiali so dražji in povečajo investicijo, prednost takšne vrste ravne strehe pa je boljša zaščita hidro izolacije pred mehanskimi poškodbami in vremenskimi vplivi ter daljša življenjska doba.

Duo strehe: za namen gradnje nizko energetske ali celo pasivnih objektov uporabimo kombinacijo obeh sistemov. Ta sistem ima izjemne toplotne izolacijske lastnosti, saj združuje dobre lastnosti obeh sistemov, zahteva pa največjo investicijo.

(MG zelene strehe, 2018)

3.2 Vloga ekstenzivno ozelenjenih streh pri trajnostni gradnji

V modernem času se je močno povečala težnja po nizko energetski in trajnostni gradnji. Zaradi svojih unikatnih lastnosti postajajo ozelenjene strešne površine atraktivna alternativa klasičnim kritinam. Za ekološko vzdržno in trajnostno gradnjo moramo upoštevati vplive objekta ali kritine v svojem celotnem življenjskem ciklu. Upoštevati moramo, kolikšna je poraba energije med gradnjo in življenjsko dobo objekta, kateri so uporabljeni obnovljivi viri energije ter katere gradbene materiale lahko uporabimo za gradnjo objekta.

Zelene strehe imajo večje število pozitivnih ekoloških, ekonomskih in gradbeno-tehničnih lastnosti, ki ne koristijo samo objektu, na katerem je položena, ampak ima tudi pozitivne koristi za okolico znotraj urbanega naselja.

Glavne pozitivne lastnosti zelenih streh:

- dolga življenjska doba kritine, in sicer zaradi zaščite izolacijskih slojev pred mehanskimi poškodbami in vremenskimi vplivi;
- dobre izolacijske lastnosti nam zmanjšujejo stroške pri segrevanju objekta v zimskih in hlajenju v poletnih mesecih;
- zmanjšuje akumulacijo toplote na površini strešne kritine in prepreči posledično pregrevanje objekta;
- zadrževanje/razporeditev meteornih voda;
- zmanjšan učinek urbanega toplotnega otoka;
- čisti zrak;
- nov življenjski prostor za živali;
- izboljšana zvočna in požarna zaščita;
- estetski videz.

(Erica Oberndorfer, 2007)

Izmed vseh sistemov zelenih streh sem v ospredje izpostavil ekstenzivno ozelenjeno streho z nizko zemljino, saj zaradi nizke lastne teže, nizke začetne investicije in nižjih vzdrževalnih stroškov v primerjavi z intenzivno obliko ozelenitve postaja atraktivna izbira tako za novogradnje kot za sanacije obstoječih strešnih kritin. Tako postaja najbolj razširjena oblika ozelenitev. V nadaljevanju sem podrobneje ponazoril učinke posameznih lastnosti ekstenzivno ozelenjene strehe in njihove vloge v razvoju trajnostne gradnje.

3.2.1 Ekološka in ekonomska vloga zelene strehe

Ekološko vlogo zelenih streh najdemo v treh področjih:

- zadrževanje in zakasnitev/razporeditev odtekanja meteornih padavin,
- energetska varčnost,
- ohranjanje zelenih površin znotraj urbanega okolja.

(Erica Oberndorfer, 2007)

Zelene strehe ponujajo rešitev za urbano okolje, kjer imajo v času večjih padavin zaradi izgube naravnega okolja in velikih pozidanih površin težave z odvodnjavanjem meteorne vode, zaradi česar pride do preobremenitev kanalizacijske infrastrukture in poplav.

Zemljina kakor tudi same rastline pri zeleni strehi pomagajo zadržati do 70 % padavin v primeru ekstenzivne ozelenitve, debeline 10 cm. (Erica Oberndorfer, 2007) Večina te vode se preko evaporacije in transpiracije vrne v atmosfero. Seveda celotne količine padavin streha ne more zadržati, ampak tudi tukaj ima zelena streha pozitivno lastnost odvodnjavanja z zakasnitvijo, tako sistemi odvodnjavanja niso preobremenjeni, objekt pa lahko dimenzioniramo z manjšim sistemom odvodnjavanja.

Življenjska doba klasične nezaščitene strešne membrane je 15 let, ki jo lahko z enkratno sanacijo podaljšamo za največ 15 let. V primeru zelenih streh pa je predvidena življenjska doba strešne membrane 60–90 let. (Luckett, 2009). Razlog najdemo v več plastni sestavi zelene strehe. Ta pomaga zaščititi membrano pred mehanskimi poškodbami in UV-žarki, zaradi katerih postane membrana krhka in dovzetna za poškodbe pri temperaturnih raztezkih.

Nepokrite membrane lahko v poletnih mesecih dosežejo tudi do 70 stopinj Celzija (°C), medtem ko so membrane, položene pod zeleno streho, redko presegle 30 °C (Erica Oberndorfer, 2007). Visoke temperaturne razlike močno vplivajo na življenjsko dobo materiala.

Zelene strehe imajo tudi pozitiven učinek na porabo energije, saj zaradi svojih izolacijskih lastnosti pozimi preprečujejo izgubo toplote skozi strešne konstrukcije.

V poletnih mesecih zaradi zemljine in rastlin ozelenjena streha preprečuje pregrevanje objekta preko strehe, s tem pa zmanjšuje potrebo po hlajenju prostorov. Prihranek energije, potrebne za hlajenje, je odvisen od vrste objekta in znaša od 10 do 25 % v mesecu juliju (Erica Oberndorfer,

2007). Največji učinek hlajenja bodo zelene strehe imele na objektih, kjer je večje razmerje strešnih površin v primerjavi s stenskimi.

Pri podatku, da energetska poraba objekta znaša 36 % vse proizvedene energije in 65 % vse porabljene električne energije (Kristin L. Getter, 2006), ugotovimo, zakaj zelene strehe postajajo pomemben člen v ekološko-vzdržni trajnostni gradnji.

Zelena streha nam prav tako omogoča boljšo kakovost zraka, saj rastline ozelenjene strehe ustvarjajo hladnejšo mikroklimo, vežejo prašne delce in jih v času padavin sperejo v zemljino strehe. Ozelenjene površine pa ustvarjajo novi življenjski prostor – biotop, s katerim lahko nadomestimo izgubljeno vegetacijo zaradi širitve urbanih centrov. Te površine lahko uporabljamo kot sprehajalne poti za sproščanje ali kot vrtove. (Erica Oberndorfer, 2007)

Težko dostopne zelene površine lahko prepustimo raznovrstnim živalskim vrstam.

3.2.2 Urbani vpliv zelenih streh

Z zelenimi površinami lahko drastično spremenimo »sivo« urbano okolje in vnesemo estetske komponente, ki imajo blagodejne psihološke učinke na ljudi. Z njimi lahko ustvarimo nove uporabne površine objekta (sprehajalne poti, vrtovi, travnate terase).

Zelene površine imajo tudi druge gradbene lastnosti, ki blagodejno vplivajo na življenjski prostor:

- Zvočna izolacija – lahko zniža zvoke do 40 dB, kar izboljša življenjski standard znotraj urbanega naselja.
- Zelena streha ima lastno hladno mikroklimo, ki lahko omili vpliv toplotnega jedra znotraj urbanih centrov.

(Erica Oberndorfer, 2007)

V urbanih okoljih smo večino vegetacije zamenjali z asfaltnimi cestami, tlakovanimi površinami, betonskimi objekti in strehami. Te površine se v poletnih mesecih močno segrejejo in urbani centri ustvarijo t. i. toplotna jedra oz. angl. Urban heat island (HUI). K učinku toplotnega jedra največ prispevajo cestišča in strehe objektov, ta se lahko segrejejo od 50 do 70 °C. Vpliv se vidi v temperaturi urbanih centrov, ki lahko imajo čez dan od 10 do 15 °C, ponoči pa od 5 do 10 °C višjo površinsko temperaturo v primerjavi s podeželjem ali gozdnimi površinami. (Wong, 2014).

To ustvarja zelo neugodno življenjsko klimo in poveča porabo električne energije za napajanje klimatskih naprav.

Ena izmed rešitev je lahko ozelenitev strešnih kritin znotraj urbanih centrov, saj zelene strehe redko presežejo 40 °C (večino časa pa so pod 35 °C) (Roland Appl, 2004) in tako ustvarjajo hladno mikroklimo, zaradi te razlike v temperaturi pa povzroča zelena streha cirkulacijo zračnih mas, kar omili vpliv toplotnega jedra.



Slika 5: Toplotna slika ravne strehe, kjer je ena polovica ozelenjena, druga pa klasična bitumenska

Vir: (G. Heidarinejad, 2015)

Slika 5 prikazuje toplotne meritve ravne strehe objekta, fotografirano s toplotno kamero.

Na toplotni sliki je vidni vpliv ozelenitve ravne strehe. Medtem ko se je klasična bitumenska kritina segrela do 65 °C, ohranja zelena streha temperaturo pod 35 °C.

V Torontu so s pomočjo računalniške simulacije ponazorili vpliv 50 % pokritosti strešnih kritin z ozelenitvijo. Rezultat je prikazal 2 °C nižje temperature (Erica Oberndorfer, 2007), kar pa lahko ima znatne vplive na porabo električne energije. Upoštevati moramo, da vsako nižanje notranjih temperatur objekta za 0,5 °C zmanjša porabo električne energije za napajanje klimatskih naprav za 8 % (Kristin L. Getter, 2006)

3.3 Sestava zelene strehe

3.3.1 Konstrukcijski elementi zelenih ravnih streh

Ravne zelene strehe, ki jih v diplomskem delu postavljam v ospredje, delimo glede na vrsto ozelenitve na intenzivno zeleno streho (mahovi, sedumi, trave, zelišča) in ekstenzivno (trajnice, trave, grmičevja, manjša drevesa) zeleno streho.

Vrsto ozelenitve seveda prilagodimo glede na namen strešne kritine objekta, tip ozelenitve pa tudi poda debelino konstrukcijskih elementov strehe. Če želimo samo estetsko in ekološko rešitev ravne strehe, je ekstenzivna ozelenitev najbolj primerna, saj ni zahtevna za vzdrževanje in ima nizko lastno težo. (MG zelene strehe, 2018)

Če želimo dodati objektu prostore za oddih in rekreacijo, je primernejša intenzivna ozelenitev, saj lahko zaradi debelejšega sloja zemljine posadimo klasične travnate rastline in razna grmičevja za zanimivejši videz. Zavedati se moramo, da intenzivna zelena streha zahteva pogostejše vzdrževanje, prav tako moramo prilagoditi statično konstrukcijo objekta, saj ima ta vrsta ozelenitve zaradi debelejšega sloja zemljine večjo lastno težo. (MG zelene strehe, 2018)

Tabela 1: Tehnične lastnosti posameznega tipa ozelenitve

Tip ozelenitve	Vegetacija	Debelina zemljine	Lastna teža
Ekstenzivna	sedumi, zelišča, trave	40–100 mm	40–150 kg/m ²
Intenzivna	trajnice, trave, olesenele rastline, manjša drevesa	od 100 mm	100–450 kg/m ²

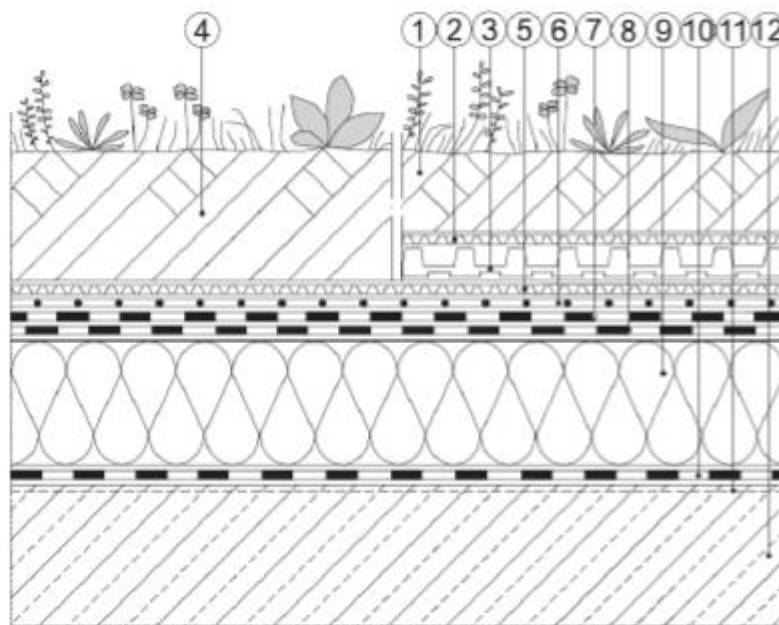
Vir: (Tehnični priročnik: Technische regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen und Bitumenbahnen, 3. AUFLAGE Abc der Bitumenbahnen, 2008)

Tabela 1 prikazuje tehnične lastnosti posameznega tipa ozelenitve. Ekstenzivno zelena streha za vzgojo sedumov in zelišč zahteva minimalno debelino substrata 10 mm, zaradi tega ima takšen tip strehe nizko lastno težo od 40–150 kg/m². Pri intenzivni ozelenitvi lahko kot vegetacijo uporabimo grmičevja in manjša drevesa. Za ta namen ima strešna konstrukcija vsaj 100-milimetrski sloj substrata, da lahko uspevajo bolj občutljive rastlinske vrste. Lastna teža takšne strehe je prav tako zelo velika in znaša 100–450 kg/m².

Vse vrste zelenih streh imajo skupne naslednje sestavne sloje – posamezen vrstni red je odvisen od vrste ravne strehe:

- proti koreninski zaščitni sloj hidroizolacije,
- zaščitni sloj pred mehanskimi poškodbami,
- drenažni sloj,
- filtrirni sloj,
- zemljina/substrat,
- ozelenitev.

(Tehnični priročnik: Technische regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen und Bitumenbahnen, 3. AUFLAGE Abc der Bitumenbahnen, 2008)



Slika 6: Sestava zelene strehe

Vir: (Tehnični priročnik: Technische regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen und Bitumenbahnen, 3. AUFLAGE Abc der Bitumenbahnen, 2008)

Slika 6 prikazuje posamezne sestavne sloje zelene ravne strehe:

1. Zemljina/substrat
2. Filtrirni sloj
3. Zbiralno-drenažni sloj
4. Zemljina/substrat, drenaža in zadrževanje vode

5. Zaščitni sloj
6. Ločilni in drsni sloj
7. Hidroizolacija s proti koreninsko zaščito
8. Samolepilna hidroizolacija
9. Toplotna izolacija
10. Parna zapora
11. Hladni bitumenski pred premaz
12. Nosilna konstrukcija

V nadaljevanju diplomskega dela sem se osredotočil in podrobneje opisal ekstenzivno ozelenjeno ravno streho, saj je ta zaradi nizke rasti vegetacije najbolj primerna za kombinacijo s fotovoltaiko.

3.3.2 Nosilna konstrukcija ekstenzivno zelene strehe

Poznamo različne vrste nosilne konstrukcije:

- masivna armirano-betonska konstrukcija,
- kovinska konstrukcija,
- lesena konstrukcija.

Nosilna konstrukcija mora izpolnjevati statične zahteve za lastno težo zemljine in dodatne obtežbe (sneg, padavine, klimatske naprave ...). (Luckett, 2009)

3.3.3 Hladni bitumenski pred premaz

Bitumenski premaz uporabimo, kadar je del sestave zelene strehe hidroizolacija na osnovi bitumna. Takrat konstrukcijo pred varjenjem hidroizolacije premažemo za boljši oprijem.

3.3.4 Parna zapora

V primeru tople strehe se parna zapora uporablja za preprečevanje kondenzacije vodne pare v sloju toplotne izolacije zelene strehe, navlažena izolacija drastično izgubi svoje toplotno-izolacijske lastnosti.

Parne zapore imajo ustrezno visoki odpor na pritisk vodne pare (S_d) in jih vgrajujemo na toplo stran toplotne izolacije. V večini primerov uporabimo bitumenske trakove z nosilcem iz Alu folije. Ta folija se točkovno zavari na hladni bitumenski pred premaz. (MG zelene strehe, 2018)

3.3.5 Toplotna izolacija

V zelene strehe vgrajujemo tri različne toplotne izolacije:

- kameno volno (ognjevzdržna, $0,03\text{--}0,045\text{ W/m}^2\text{K}$),
- ekspanziran polistiren EPS (lahki material, $0,035\text{--}0,04\text{ W/m}^2\text{K}$),
- ekstrudiran polistiren XPS (praktično ne vpija vode, visoka tlačna in natezna trdnost, $0,03\text{--}0,035\text{ W/m}^2\text{K}$). (Fragmat, 2017) (Urbanscape, 2017)

Toplotna izolacija zmanjšuje toplotne izgube objekta, ščiti konstrukcijo pred temperaturnimi spremembami, preprečuje zmrzovanje in pregrevanje nosilne konstrukcije.

Glavna merila toplotne izolacije:

- Toplotna prevodnost $\lambda[\text{W/m}^2\text{K}]$ – manjša je toplotna prevodnost, boljši je toplotno-izolacijski material.
- Toplotna prehodnost $U [\text{W/m}^2\text{K}]$ – merilo za toplotne izgube skozi ovoj objekta zaradi različne temperature na obeh straneh objekta.
- Zvočna izolacija – pomembna znotraj urbanega okolja. Pomembna sta poroznost in visoka gostota materiala.

3.3.6 Hidroizolacija

Znotraj sestave zelenih streh ima hidroizolacija nalogo ščititi objekt pred vdorom vlage v notranjost in navlaženje materialov ali konstrukcije katere bi v primeru navlaženosti se poškodovale ali izgubile svoje lastnosti.

Za uporabo na ravnih strehah morajo hidroizolacije izpolnjevati vrsto zahtev:

- nepropustnost,
- dobro sprijemljive na ostale materiale,
- obstojnost na visoke in nizke temperature,
- obstojnost na temperaturne razlike,

- elastične (pomik podlage, premoščanje razpok),
- odporne proti mehanskim poškodbam in vremenskim vplivom.

Poznamo več vrst hidroizolacij. Glede na material jih delimo na:

- hidroizolacije iz ogljikovodikovih materialov,
- hidroizolacije iz sintetičnih materialov,
- kovinske trakove,
- vodo nepropustne malte.

(Fragmat, 2017)

Za namen zaščite ravne ozelenjene strehe se najpogosteje uporabljajo hidroizolacije iz ogljikovodikovih in sintetičnih materialov. V danem primeru pa sem prikazal hidroizolacijo iz ogljikovodikovih materialov.

Za namen izgradnje ravnih streh se uporabljajo bitumenski trakovi z večjo elastičnostjo (dodan elastomer). Glede na lokacijo vgradnje hidroizolacije uporabljamo bitumenske trakove s sekundarno funkcijo npr. proti-koreninska zaščita ali možnost lepljenja brez segrevanja (samolepilna). (Fragmat, 2017)

3.3.7 Filtrirni in ločilno-drsni sloj

Za vgradnjo filtrirnega sloja in ločilno-drsnega sloja kot sestavo zelene strehe uporabljamo geotekstile, ki so narejeni iz tekstilnih materialov na osnovi polimerov (npr. PE – polietilen, PP – polipropilen, poliester ...). Poglavitna razlika med obema slojema je debelina geotekstila.

Filtrirni sloj je tanek 1 mm debeli geotekstil (150 g/m^2), ki ga vgradimo med zemljino/substratom in drenažnim slojem in preprečuje izpiranje substrata. Če substrat prevzame vlogo drenažnega sloja (mešanica organskega in anorganskega substrata), lahko vgradimo filtrirni sloj med substratom in vodozadrževalnim slojem.

Ločilni sloj je debelejši 3 mm debeli geotekstil (300 g/m^2), ki ga vgradimo med drenažnim oz. vodozadrževalnim slojem in hidroizolacijo (topla streha) z namenom mehanske zaščite spodnjih slojev. Če imamo sistem obrnjene strehe, vgradimo ločilni sloj med drenažnim slojem in toplotno izolacijo. (Kunič, 2008)

3.3.8 Drenažni in vodozadrževalni sloj

Vgradnja drenažnega sloja in vodozadrževalnega sloja v zeleno streho je odvisna od izbire substrata in podnebja, v katerem je zelena streha situirana.

Drenažni sloj vgradimo ločeno v sestavo zelene strehe v primeru organskega substrata/zemljine. V primeru, da je predviden anorganski substrat, drenažni sloj ni potreben, saj vgrajena mešanica substrata zadovoljivo odvaja prekomerne padavine. Drenažni sloj mora prav tako zadržati dovolj meteornih padavin za rast vegetacije v sušnih obdobjih. (Kunič, 2008)

Za izvedbo drenažnega sloja uporabljamo različne materiale:

- peske in drobljence,
- reciklirano opeko (drobir),
- drenažno tkanino.

Vodozadrževalni sloj vgradimo, kadar v danem klimatskem podnebju substrat in drenažni sloj ne zadržita dovolj padavin za uspešno rast vegetacije. Sloj naredimo iz plošč (XPS ali polietilen), ki imajo oblikovane čaše za zadrževanje vode. (Kunič, 2008)

3.3.9 Zaščitni sloj

Naloga zaščitnega sloja je preprečevanje mehanskih poškodb na hidroizolaciji med izvedbo in celotnim življenjskim ciklom zelene strehe. Sloj lahko naredimo iz geotekstilov, estrihov, litih asfaltov ali ustreznih materialov z namenom drenaže in zadrževanja vode. (Kunič, 2008)

3.3.10 Substrat/zemljina

Substrat (organski ali anorganski) je pomembni sloj za uspešno rast vegetacije. Rastlinam nudi vodo, hranilne snovi in mehansko oporo. Višina substrata je odvisna od vrste ozelenitve (5–15 cm), v mojem primeru, kjer sem se odločil za ekstenzivno ozelenitev, je predvidena debelina substrata 10 cm.

Poudarjena je uporaba anorganskih substratov za namen ekstenzivne ozelenitve, saj prevelika vsebnost organskih materialov slabo vpliva na rast vegetacije (širjenje plevela, razgradnja organskega sloja, visoka stopnja vlažnosti).

V večini primerov je za substrat izbrana peščena glina (dobra vodoprepustnost), zaradi velike obtežbe pa se počasi odmika lažjim substratom:

- ekspandirani skrilavec,
- plovec,
- terakota,
- apnena glina,
- drobljena opeka.

Poskrbeti moramo, da ima substrat dovolj organskega materiala (3–10 %) za zadovoljitev hranilnosti. Prav tako moramo poskrbeti za zadovoljivo poroznost substrata, ta mora dobro odvajati odvečne meteorne vode, obenem pa zadržati dovolj vlažnosti za razvoj vegetacije. (Kunič, 2008)

3.3.11 Rastline ekstenzivno ozelenjene strehe

Pri ekstenzivni ozelenitvi streh so predvidene rastline, ki se same vzdržujejo (homulice, zelišča in mahi). Vegetacija je prepuščena samostojnemu razvoju in ni dodatnega namakanja ali gnojenja, razen v prvem letu v času začetne rasti.

Značilnosti vegetacije ekstenzivno ozelenjene strehe:

- odporne proti visokim temperaturam (sončno obsevanje),
- prilagojene na strešne razmere (nizke hranilne zahteve),
- prilagojene na daljša sušna obdobja (zadrževanje vode v mesnatih listih),
- horizontalna rast vegetacije (prekrivanje strehe),
- najpogostejše so homulice (tujka sedumi),
- enostavno vzdrževanje in nizka teža.

(Luckett, 2009)

Na izbiro imamo več načinov ozelenitev streh:

- s sajenjem,
- vegetacijska preproga (gojena na drugi lokaciji in prenesena na objekt),
- s setvijo,
- s poganjki sukulntov (*sedum acre*, *sedum album*, *sedum reflexum*).

(MG zelene strehe, 2018)

Kadar sadimo vegetacijo, moramo poskrbeti, da imamo čim več različnih vrst rastlin. Tako pridobimo raznoliki estetski videz in preprečimo časovna obdobja brez cvetenja. (MG zelene strehe, 2018)

3.3.12 Sestava ekstenzivno zelene strehe (obrnjena streha)



Slika 7: Ekstenzivna zelena obrnjena streha

Vir: (http://www.zelenestrehe-mg.si/wp-content/uploads/2017/08/ekstenzivne_obrnjena_streha.jpg, 2017)

Slika 7 prikazuje sestavne sloje ekstenzivno zelene obrnjene ravne strehe.

Posamezni sloji zelene strehe:

- ekstenzivna ozelenitev (sedumi),
- ekstenzivni substrat (10-centimetrski anorganski substrat z dodatnimi organskimi materiali),
- filtrirni sloj (geotekstil 150 g/m²),
- paroizenačevalni sloj (HDPE 10),
- ekstrudiran polistiren (XPS 300 18 cm),
- protikoreninska hidroizolacija (E-PF 5),
- protikoreninska hidroizolacija (E-PF 4),
- bitumenski pred premaz,
- nosilna konstrukcija in naklonski beton 2 %.

Ključne lastnosti:

- naklonski 2-odstotni beton izvedemo z betonom manjše marke in težkim agregatom,
- na obrobju zelenih površin moramo posuti prodec za odvodnjavanje,
- vgradnja difuzijskega sloja (paroizenačevalni sloj), saj se pod parnim pritiskom lahko XPS navlaži in izgubi svoje toplotno-izolacijske lastnosti,
- večja zaščita hidroizolacijskega sloja pred mehanskimi in atmosferskimi vplivi,
- manj zahtevne izvedbene podrobnosti,
- krajši čas izvedbe.

(MG zelene strehe, 2018)

3.3.13 Sestava ekstenzivno zelene strehe (topla streha)



Slika 8: Ekstenzivna zelena topla streha

Vir: (http://www.zelenestrehe-mg.si/wp-content/uploads/2017/08/ekstenzivne_topla_streha-3.jpg, 2017)

Slika 8 prikazuje sestavne sloje ekstenzivno zelene tople ravne strehe.

Posamezni sloji zelene strehe:

- ekstenzivna ozelenitev (sedumi),
- ekstenzivni substrat (10-centimetrski anorganski substrat z dodatnimi organskimi materiali),
- zaščitni zadrževalni sloj (geotekstil 300 g/m²),

- protikoreninska hidroizolacija (E-PF 5),
- protikoreninska samolepilna hidroizolacija (E-PF 4 sl),
- ekspanziran polistiren (EPS 150 20 cm),
- samolepilna parna zapora (AL sl),
- bitumenski predpremaz,
- nosilna konstrukcija in naklonski beton 2 %.

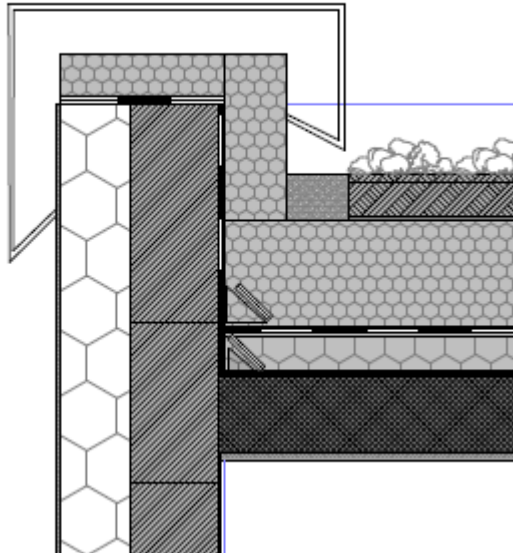
Ključne lastnosti:

- naklonski beton 2 % izvedemo z betonom manjše marke in težkim agregatom,
- na obrobju zelenih površin položimo prodec za odvodnjavanje,
- preprečevanje navlaževanja hidroizolacije,
- zelo pomembna kakovostna montaža parne zapore (točkovno varjena),
- zelo pomembna kakovostna izvedba vseh prebojev na strešni konstrukciji,
- manjša zaščita hidroizolacijskega sloja pred mehanskimi in atmosferskimi vplivi,
- daljši čas izvedbe.

(MG zelene strehe, 2018)

3.4 Sestava in lastnosti zelene strehe na danem objektu

Objekt smo projektirali kot nizkoenergijsko stanovanje. Za ta namen smo se za strešno kritino odločili za ravno duo streho z ekstenzivno ozelenitvijo (predvideni sedumi).



Slika 9: Duo zelena streha objekta

Vir: (Selimovič, Načrt arhitekture, 2017)

Slika 9 prikazuje podrobnosti zelene duo ravne strehe moje nizko energetske hiše

Tako kot je podano v tehničnem poročilu, je sestava in dimenzija naše ravne strehe:

- ekstenzivna ozelenitev (sedumi) 2 cm,
- substrat 10 cm,
- difuzijsko odprt ločilni geotekstil,
- ekstrudiran polistiren XPS 300 dva sloja v skupni debelini 30 cm,
- hidroizolacija s proti-koreninsko zaščito 5 mm,
- samolepilna hidroizolacija 4 mm,
- ekspanzirani polistiren EPS 150, debeline 10 cm,
- parna zapora 1 cm,

- hladni bitumenski predpremaz,
- nosilna armirano-betonska (AB) konstrukcija z naklonskim betonom 2 %.

S takšno sestavo dosežemo zelo ugodno toplotno izolativnost, kar je razvidno iz elaborata gradbene fizike.

Dosežena toplotna prehodnost strešne konstrukcije za naš objekt je $U = 0,083 \text{ W/m}^2\text{K}$, (drastično reducirane toplotne izgube). Tehnično poročilo in Elaborat gradbene fizike sta podana v prilogah.

Opozorilo za investitorja

Pri gradnji zelenih ravnih streh mora investitor posebno pozornost nameniti izbiri izvajalca in nadzornika. Dolga življenjska doba ozelenjene strešne kritine (60–90 let) in odlična toplotna izolativna lastnost konstrukcije sta zagotovljeni samo v primeru kakovostne in skrbne montaže. Velik pomen ima pravilna ureditev prebojev hidroizolacije in saditev ali polaganje vegetacije. Zato mora investitor poskrbeti, da ima izvajalec potrebne kompetence za izvedbo projekta, nadzornik pa mora biti seznanjen s tehničnimi zahtevami za gradnjo ravnih zelenih streh. V primeru napačne ali površne izvedbe konstrukcijskih podrobnosti zelene strehe prihaja do netesnosti strehe, zaradi več plastne sestave strešnega sistema pa je sanacija za odpravo napak izjemno velik finančni zalogaj.

Konstrukcijske podrobnosti zelene strehe:

- Načrtovanje in izvedba priključkov in zaključkov se izvaja v skladu s tehničnimi zahtevami, ti imajo prednost pred tehničnimi zahtevami vegetacije.
- Priključki in zaključki se izvedejo brez vegetacije. Izvede se pas (30–50 cm) prodca ali pohodnih plošč, možnost odvodnjavanja in pregled posameznih slojev.
- Odvodnjavanje odtokom mora biti omogočeno na nivoju hidroizolacije in na nivoju ozelenitve. Do odtokov mora biti omogočen dostop preko revizijskih jaškov.
- Dilatacije na strešni konstrukciji morajo biti vedno dostopne za pregled. Zaradi tega jih sestavni sloji ozelenitve in vegetacija ne smejo prekrivati.
- Tehnične zahteve za priključke, zaključke in preboje za klasične ravne bitumenske strehe so prav tako veljavne za strešne konstrukcije z ozelenitvijo.

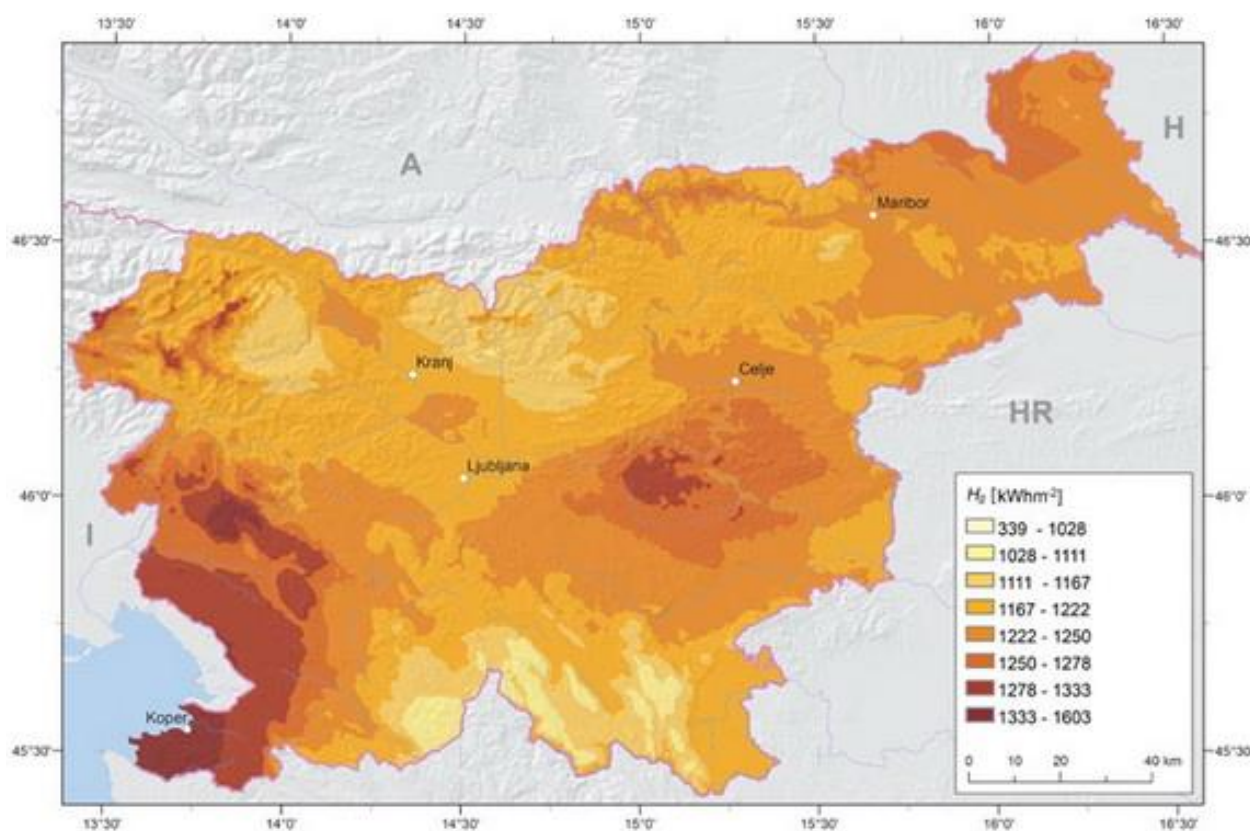
4 FOTOVOLTAIKA

4.1 Opredelitev fotovoltaike

Fotovoltaika je veda o pretvarjanju energije sončnega obsevanja (fotone) s pomočjo sončnih celic neposredno v električno enosmerno napetost. Kadar govorimo o sončni energiji, uporabljamo izraza sončno sevanje in sončno obsevanje.

Sončno sevanje pomeni moč sončnega sevanja na enoto površine. Povprečna vrednost v Sloveniji je med 600–1000 W/m² (Gorenjske elektrarne - Sončne elektrarne, 2017)

Sončno obsevanje je energija sončnega sevanja na enoto površine. Povprečna vrednost v Sloveniji je med 1000–1100 kWh/m² (Gorenjske elektrarne - Sončne elektrarne, 2017)



Slika 10: Letno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji

Vir: (<http://pv.fe.uni-lj.si/figures/ObsSLO.jpg>, 2017)

Slika 10 prikazuje povprečno letno sončno obsevanje v Sloveniji, prikazano s pomočjo barvne lestvice.

4.2 Sončni fotonapetostni moduli

Fotonapetostni modul je sestavljen iz nizov zaporedno vezanih sončnih celic, ki so z vsake strani obdane s posebno EVA-folijo, ki ima visoko vsebnost gela in nizek indeks porumenelosti. Folija nepropustno zapre celice med plast hrbtna folije z zadnje strani modula, ki se uporablja kot zaščita modula pred UV-svetlobo, mehanskimi poškodbami in drugimi zunanjimi vplivi ter električno izolira modul in stekla na sprednji strani. Visoko kaljeno steklo omogoča močno odpornost na mehanske poškodbe in visoko prepustnost svetlobe, s čimer povečamo izkoristek sončnih celic. (Plan.net Solar, 2017)

Kakovost posameznih sončnih celic in fotonapetostnih modulov se prikaže z učinkovitostjo pretvarjanja sončnega sevanja v električno energijo (izraženo v %). Izkoristek pretvorbe » η « je pomembna lastnost sončnih celic. Ta nam pove, kolikšen delež vpadne svetlobe pretvorijo v električno energijo.

$$\eta = \text{generirana največja električna moč} / \text{vpadna svetlobna moč}$$

Električni parametri sončnih celic so odvisni od nivoja osvetlitve in od temperature, zato izkoristek upada z naraščanjem temperature. Kako velik je vpliv, je odvisno od materialov. (Ferme, 2011)

Nazivna moč panelov je izražena v Wp (potencialna nazivna moč) in nam pove količino proizvedene električne energije PV-panela pod standardnimi testnimi pogoji ali angl. Standard test conditions (STC), ki so jih sprejele vse ustanove, ki karakterizirajo in certificirajo sončne celice.

Standardni testni pogoji:

- temperatura 25 °C,
- jakost osvetlitve: 1000 W/m²,
- svetlobni spekter: Air mass AM 1,5.

(Ferme, 2011)

Fotonapetostne module delimo glede na vrsto tehnologije, ki je uporabljena pri izdelavi posameznih sončnih celic:

- kristalno silicijeve tehnologije (c.Si),
- tankoslojne tehnologije,
- koncentratorska fotovoltaika.

(PVportal - Slovenski portal za fotovoltaiko, 2017)

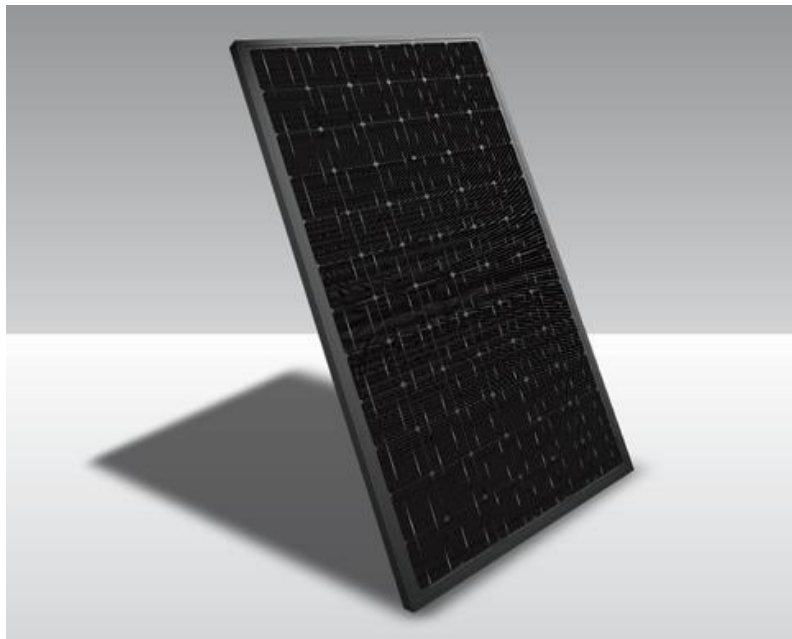
Kristalne silicijeve celice

Kristalne silicijeve celice so narejene iz tankih rezin enokristalnega silicija (monokristalne) ali ulitkov več kristalnega silicija (polikristalne). Njihova učinkovitost se giblje med 13 in 18 %. To sta najpogostejši tehnologiji in predstavljata 90 % današnjega trga. (EPIA - Sončne elektrarne, 2017)

Glavne vrste kristalno silicijevih modulov:

- monokristalne (Mono c-Si) – črne barve, izkoristek modulov 14–18 %,
- polikristalne (Poli c-Si) – modre barve, cenejša izdelava, izkoristek modulov 13–15 %,
- tankoplastne kristalne (Ribbon/sheet c-Si).

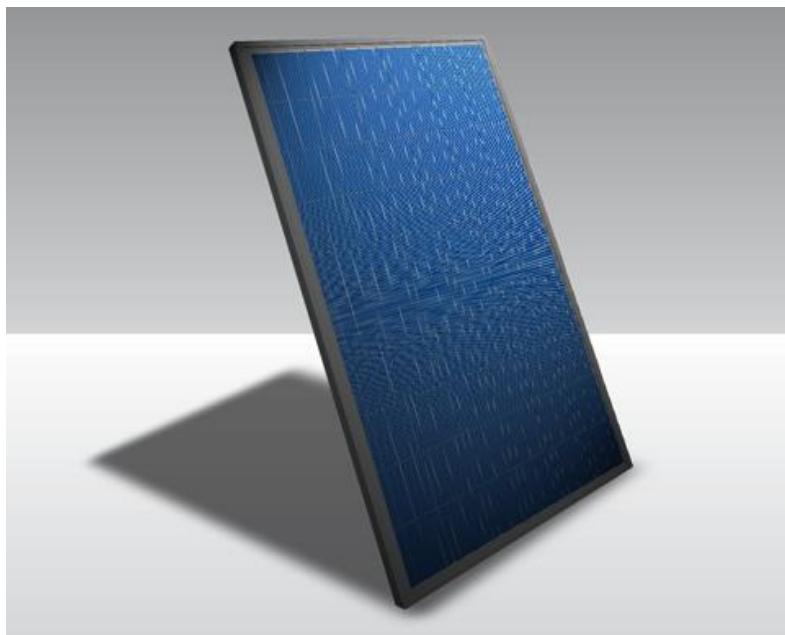
(PVportal - Slovenski portal za fotovoltaiko, 2017)



Slika 11: Monokristalni modul

Vir: (http://www.tehnosol.si/sites/default/files/monokristalni_net.png, 2017)

Slika 11 prikazuje monokristalno fotonapetostni modul z visokim izkoristkom.



Slika 12: Polikristalni modul

Vir: (http://www.tehnosol.si/sites/default/files/polikristalni_net.png, 2017)

Slika 12 prikazuje polikristalni fotonapetostni modul z nižjim izkoristkom.

Velikost posameznih celic znotraj modula je 1–15 cm, najpogosteje se uporabljajo celice, velikosti 12,7 x 127 cm in 15 x 15 cm. Fotonapetostni modul je sestavljen iz 60 do 72 takšnih celic.

Posamezna celica proizvede 3–4,5 W, kar omogoča nazivno moč modulov (odvisno od izkoristka in količine celic) 120–300 Wp.

(PVportal - Slovenski portal za fotovoltaike, 2017)

Tankoslojne tehnologije

Tankoslojni moduli so izdelani z nanašanjem izjemno tankih plasti foto-občutljivega materiala na nizkocenovne podloge, npr: steklo, nerjaveče jeklo in umetne mase. V primeru nanosa na tanko plast umetne mase dobimo upogljive module, kar nam ponuja vrsto novih uporab.

Glavne vrste tankoslojnih modulov:

- Amorfní silicijevi moduli (a-Si) iz silicija neurejene strukture. Amorfní silicij absorbira več sončne svetlobe, vendar sprošča manjši tok elektronov, kar povzroča nizke izkoristke modulov 4–8%.
- Kadnjev telurid (CdTe). Trenutno predstavlja najbolj ekonomično tankoslojno tehnologijo. Komercialni fotonapetostni moduli dosegajo izkoristke do 11 %.
- Bakrov indijev galijev diselenid (CIGS) in bakrov indijev diselenid (CIS). Fotonapetostni moduli te tehnologije imajo največje izkoristke med tankoslojnimi celicami. Trenutni komercialni moduli dosegajo izkoristke 7–12 %.
- Večslojne celice (a-Si/m-Si).

(PVportal - Slovenski portal za fotovoltaiiko, 2017)

Moduli tankoslojne tehnologije so različnih velikosti, moč modulov se giblje med 60–350 W.

Koncentratorska fotovoltaiika (CPV)

Sončna svetloba je s pomočjo leč in ogledal usmerjena v silicijeve sončne celice (galijev arzenid GaAs). CPV-moduli so najbolj učinkoviti v zelo sončnih območjih in dosegajo izkoristke 25–30 %. Tehnologija uporablja dvoosni (lahko tudi enoosni) sledilni sistem, saj morajo biti natančne leče CPV-sistema ves čas obrnjene proti soncu. (PVportal - Slovenski portal za fotovoltaiiko, 2017)

4.3 Elementi fotonapetostnega sistema

Fotonapetostni sistemi ali sončne elektrarne so sestavljene iz več komponent. Katere v danem primeru uporabimo, je odvisno od želenega uspeha.

Posamezni elementi sistema:

Fotonapetostni moduli so povezani v nize in iz sončnega sevanja neposredno pretvarjajo enosmerno električni tok (DC). Glavno merilo ekonomičnosti modulov je podano z izkoristkom sončnih celic. V povprečju so izkoristki 15-odstotni. Pričakovana življenjska doba fotonapetostnih modulov je 30 let. (PVportal - Slovenski portal za fotovoltaiiko, 2017)

Na izkoristek modulov prav tako vplivata temperatura modulov in starost:

- Optimalna temperatura sončnih celic je 25 °C, vendar večina časa delujejo nad to temperaturo. Izgube niso neznatne, saj za vsako stopinjo nad 25 °C sončne celice proizvedejo 0,45 % manj električne energije.
- Fotonapetostni moduli s starostjo proizvajajo manj električne energije. Po prvih desetih letih proizvajajo 90 % začetne energije, po 20 letih pa samo 80 %.

(PVportal - Slovenski portal za fotovoltaike, 2017)

Fotonapetostni moduli imajo prav tako optimalni nagib in smer za proizvodnjo energije. V Sloveniji se priporoča nagib sončnih celic na 30° z usmeritvijo na jug. (Ferme, 2011)

Optimizer moči je naprava, nameščena pod posameznim fotonapetostnim modulom, ki uravnava delovanje in maksimira izkoristek.

Inverter ali razsmernik ima funkcijo pretvorbe enosmerne napetosti (DC) v izmenično napetost (AC) in zagotavlja stabilno delovanje sistema.

Polnilni regulator skrbi za enakomerno polnjenje baterije.

Akumulator ali baterija skladišči proizvedeno električno energijo.

Centralna enota zbira podatke in kontrolira delovanje celotnega fotovoltaičnega sistema, To je pomembno predvsem takrat, kadar je sistem povezan v javno omrežje. Meri porabo in proizvodnjo električne energije. (Ferme, 2011)

Sončna elektrarna – omrežni sistemi

To so sistemi sončnih elektrarn, ki proizvedeno sončno energijo odvajajo neposredno v javno električno omrežje in jo prodajo javnemu distributerju električne energije po subvencionirani ceni. Proda se lahko celotna proizvedena energija ali samo višek neporabljene energije.

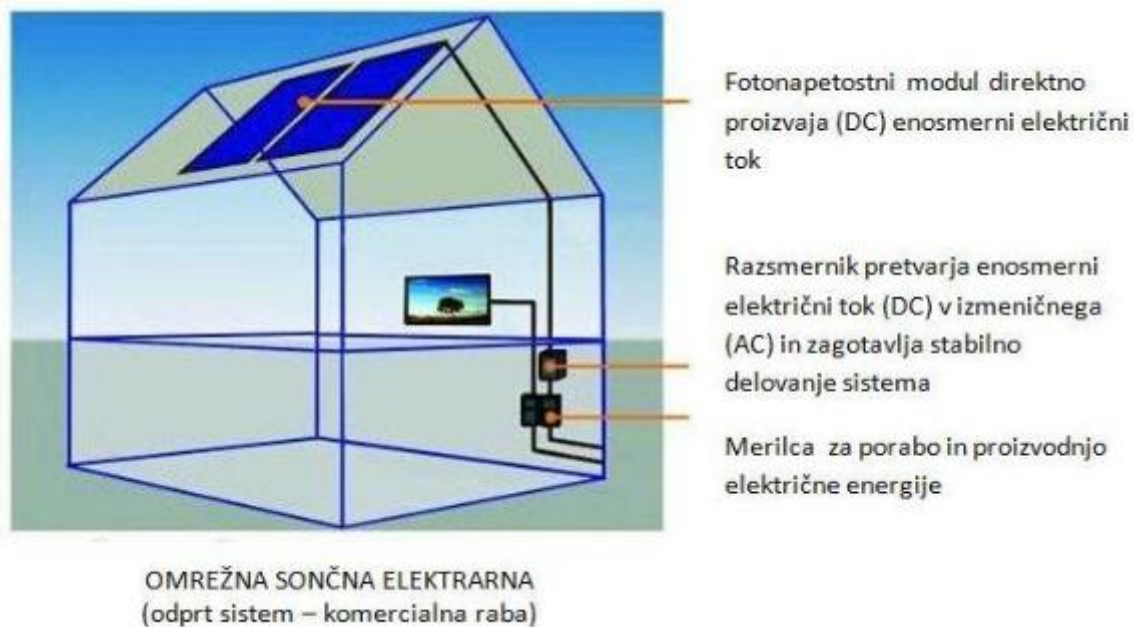
Ti sistemi so najpogostejši in ekonomsko najbolj uspešni.

Tipi omrežnih sistemov:

- strešne sončne elektrarne (primerne kritine z naklonom od 0 do 60°),
- integrirane sončne elektrarne (fotonapetostni modul je primarna strešna kritina),

- prostostoječe sončne elektrarne (izraba neizkoriščenih zemljišč – največji donosi),
- solarna parkirišča,
- solarni nadstreški.

(Ferme, 2011)



Slika 13: Omrežna sončna elektrarna

Vir: (Ferme, 2011)

Slika 13 prikazuje omrežno sončno elektrarno z vsemi sestavnimi komponentami. Pomemben člen tega sistema je razsmernik, ki spreminja enosmerni tok, ki ga proizvajajo sončne celice v izmenični tok. Tako lahko objekt višek električne energije prodaja javnemu odjemalcu prek električnega omrežja.

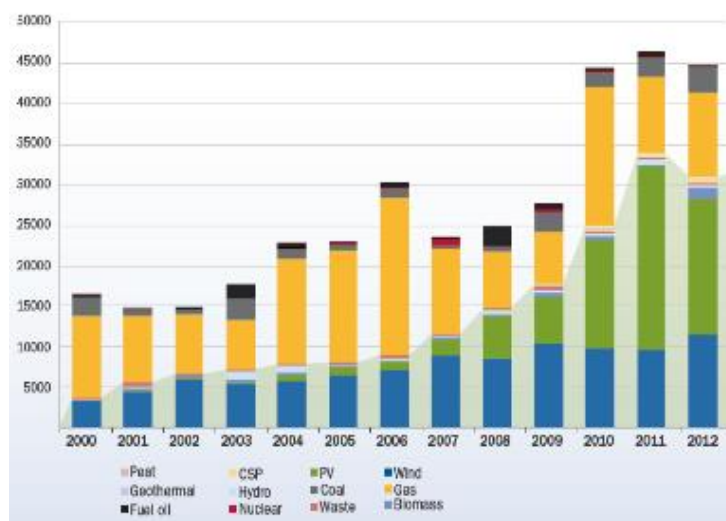
4.4 Ekološka vloga fotovoltaike

V EU so se države članice z direktivo RED 2009/28/EC odločile, da bodo aktivno spodbujale in proizvajale energijo iz obnovljivih virov znotraj EU. Z njo so se članice zavezale cilju, kjer je želja do leta 2020 povečati delež energije, ki jo pridobimo iz obnovljivih virov, do 20 %.

Leta 2014 je Evropska komisija povečala zastavljene cilje in predlagala novo (za člane EU zavezujočo) direktivo, v kateri je do leta 2030 zastavljen cilj zmanjšati količino toplogrednih plinov za 40 % v primerjavi z letom 1990. Delež energije, pridobljene iz obnovljivih virov, je bil prav tako povečan za 27 %. (Jager-Waldau, 2014)

Fotovoltaika je ključna tehnologija v postopku zmanjšanja toplogrednih plinov v energetski proizvodnji. V primerjavi s fosilnimi gorivi in zemeljskimi plini, kjer se pričakuje porast cen v prihodnosti, so obnovljivi viri stabilni, v določenih primerih se cene celo znižujejo, npr. tržne cene fotonapetostnih modulov v zadnjih 11 letih.

V obdobju 2008–2014 so bili zaznani največji padci cen fotovoltaike. V tem času so se cene fotonapetostnih sistemov znižale za 70 % v večini komercialnih trgov. Prav tako je v številnih področjih cena proizvedene sončne energije nižja od maloprodajne energije, ki jo na trgu ponujajo distributerji. Sončne celice so se v tem času znižale za ogromnih 80 % in sedaj predstavljajo samo 40 % stroškov pri izgradnji fotonapetostnih sistemov. Rezultat tega opazimo v deležu fotovoltaike med obnovljivimi viri. Leta 2013 je fotovoltaika predstavljala 53 % vseh novih investicij v obnovljive vire. (Jager-Waldau, 2014)



Slika 14: Izgradnje elektrarn v EU

Vir: (EWEA, 2013)

Slika 14 prikazuje deleže izgrajenih vrst elektrarn znotraj Evropske unije.

V obdobju 2010–2012 imajo po moči PV-elektrarne največji delež. Instalirane enote v EU so leta 2012 dosegle 69 GW, na svetovnem merilu pa presegle 100 GW.

Z nižjimi cenami fotonapetostnih sistemov so mikro sončne elektrarne za potrebe gospodinjstva postale finančno lažje dostopne za domača gospodinjstva. Mikro sončne strešne elektrarne postajajo vedno bolj pogost pojav. Ljudje se za izgradnjo odločajo tako zaradi finančnega prihranka kakor tudi okoljevarstvenega ozaveščanja.

Povprečno slovensko gospodinjstvo letno porabi 5000 kWh električne energije, za potrebe gospodinjstva bi zadostovala sončna elektrarna z nazivno močjo 4,5 kWp (povprečno letno sončno obsevanje 1100 kW/m²) in skupne površine elektrarne 27 m² za PV-paneje z izkoristkom 15 %. S proizvodnjo lastne električne energije gospodinjstvo znatno zmanjšuje izpust toplogrednih plinov. (Ferme, 2011)

4.5 Mikro elektrarna na naši nizkoenergijski hiši

Iz Elaborata gradbene fizike (Priloga 7) in posledičnega Izkaza energijskih lastnosti stavbe (Priloga 8) je razvidna potrebna energija za letno delovanje objekta.

Porabljena letna energija:

- primarna letna raba 6780 kWh (el. energija),
- letna energija za hlajenje/ogrevanje 3554 kWh (toplotna črpalka – el. energija).

Porabljena električna energija: 10334 kWh.

Naš objekt je projektiran na dimenzije 11,00 x 8,50 m. To nam ponuja 93,5 m² bruto strešne površine in 75 m² uporabne strešne površine, ki je drugače neizkoriščen. Postavitev mikro elektrarne je zato smotrna odločitev, strešna konstrukcija je prav tako primerno nosilna, saj je projektirana za izvedbo zelene strehe (armirano-betonska nosilna konstrukcija).

Povprečna proizvodnja sončne elektrarne v Sloveniji je 1100 kWh/leto za nazivno moč sončne elektrarne 1 kW. (Ferme, 2011) Če torej upoštevamo skupno letno porabo el. energije 10334 kWh, bi za 100-odstotno pokritost potrebovali sončno elektrarno nazivne moči 8,93 kWp.

Potrebna el. energija / povprečna el. letna proizvodnja = potrebna nazivna moč

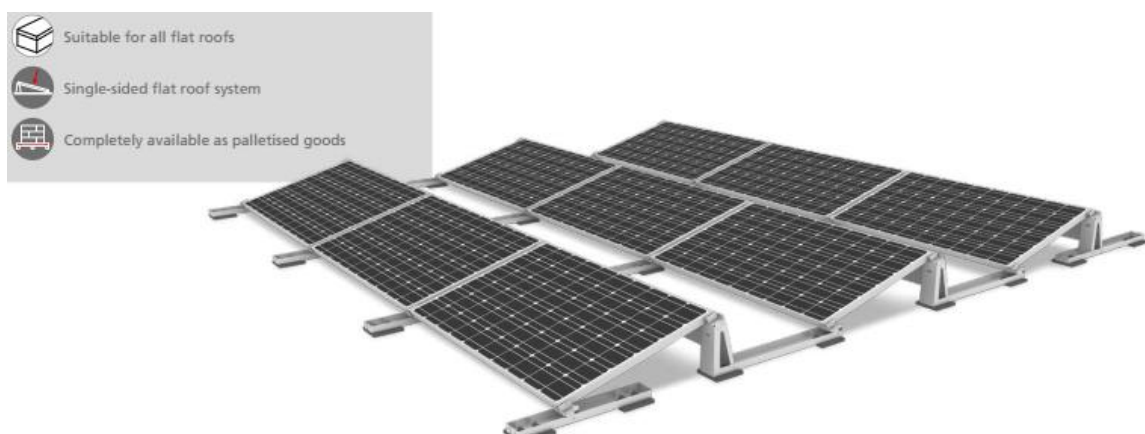
$$10334\text{kWh/leto} / 1100\text{kW/leto} = 8,93 \text{ kWp}$$

Za fotonapetostne panele z izkoristkom 18 % pomeni, da bi potrebovali 50 m² fotonapetostnih panelov.

Od podjetja TechnoSol sem za nizkoenergijsko hišo pridobil izračun optimalne razporeditve fotonapetostnih modulov za omejeno površino ravne strehe. Uporabne površine imamo samo 9,0 m x 7,0 m, saj moramo imeti tudi urejene prodne kanale za odvodnjavanje in dovolj prostora za vzdrževalna dela PV-panelov.

Odločil sem se za model strešne sončne elektrarne S-Rock system 15, modularnega sistema montaže (K2 system), za PV-panel pa sem se odločil za monokristalne (Mono c-Si) panele nazivne moči 300W. Ta sistem je primeren za vse vrste ravnih streh. Tehnične specifikacije komponent so podane v prilogi (Priloga 9, 10, 11)

Za svojo površino lahko naredim sončno elektrarno iz največ 25 modulov, urejenih v 5 x 5 razporeditvi.



Slika 15: Strešna sončna elektrarna modularnega sistema K2

Vir: (Katalog S-Rock 15, K2 Systems, 2017)

Slika 16 prikazuje modularno strešno sončno elektrarno podjetja TechnoSol.

Če se uporabijo prej omenjeni PV-paneli z nazivno močjo 300 W, bi imela sončna elektrarna nazivno moč 7,5 kWp. Okvirna ocena investicije takšnega projekta na ključ je 11000 €.

Izračunana potrebna nazivna moč moje hiše je 8,93 kWp, torej predlagana sončna elektrarna sedaj izpolnjuje 84 % vseh letnih električnih energetskih potreb objekta (10334 kWh).

Naj omenim, da je podana vrednost samo groba ocena. Na končno proizvedeno električno energijo lahko negativno vpliva vreme (visoko povprečje oblačnega vremena) in nepredvideno senčenje okoliške vegetacije (dreves).

5 INTEGRACIJA FOTOVOLTAIKE IN ZELENE STREHE

5.1 Osnovne lastnosti obeh sistemov

Ozelenjena streha in fotovoltaični sistemi sta dve tehnologiji, ki imata izjemni potencial v ekološko-vzdržni gradnji in zmanjševanju toplogrednih plinov.

Kombinacija teh dveh sistemov se nam sprva predstavlja kot napaka, saj oba sistema tekmujeta med seboj za prostor na relativno majhni površini ravne strehe. Ampak kadar sistema kombiniramo, ugotovimo, da ima integracija pozitiven učinek, saj izboljša funkcijo in izkoristek s hlajenjem in senčenjem. Predpostavljamo, da hlajenje s pomočjo evapotranspiracije zelene strehe omogoča višji izkoristek fotonapetostnih modulov, istočasno pa PV-paneli senčijo vegetacijo in preprečuje prekomerno osončenje in sušenje podlage, kar spodbuja rast vegetacije. (Hui S.C.M., 2011)



Slika 16: Integriran sistem PV-panelov in zelene strehe v New Yorku

Vir: (<http://www.urbanstrong.com/wp-content/uploads/2017/02/Solar-Green-Roof-Process-Background-v2.jpg>, 2017)

Slika 17 prikazuje strešno sončno elektrarno v kombinaciji z ekstenzivno zeleno streho.

Na ravnih strehah, kjer želim postaviti PV-panele, lahko položimo samo ekstenzivno ozelenitev s trajnicami, sedumi ali nižjimi travnatimi rastlinami. Panele prav tako namestimo nad nivojem vegetacije. S temi ukrepi preprečimo senčenje panelov in izgubo v proizvodnji energije. Višji nivo panelov pa omogoča cirkulacijo hladnejšega zraka pod paneli, kar jih dodatno ohlaja in izboljšuje izkoristek v vročih poletnih mesecih.

Toplotne lastnosti zelene ravne strehe

Zelene strehe imajo štiri glavne toplotne lastnosti, ki so nam v pomoč pri integraciji:

- evapotranspiracija (hlajenje okolice, lastna mikroklima),
- senčenje rastlin (preprečevanje segrevanje substrata in posredno hladi površino),
- toplotna izolacija (preprečuje pregrevanje konstrukcije poleti in hlajenje pozimi),
- akumulacija toplote.

(C. Catalano, 2014)

Zelene strehe s svojimi toplotnimi lastnostmi rešujejo več problemov hkrati. Tako neposredno regulirajo toploto strešne konstrukcije in pregrevanje objekta, posredno pa hladijo okolico in zmanjšujejo učinek toplotnega otoka (UHI) znotraj urbanih centrov. Zelene strehe redko presežejo talne temperature nad 36 °C, medtem ko se lahko klasične bitumenske strešne konstrukcije segrejejo do 70 °C.

Električni izkoristek fotonapetostnih sistemov

Izkoristek PV-celic je razmerje med energijo sončnega obsevanja in proizvedeno električno energijo PV-celic. V povprečju so izkoristki 15 %.

Največji vpliv na izkoristek strešnih PV-panelov ima temperatura. Visoke temperature na strešnih konstrukcijah imajo negativni vpliv na proizvedeno električno energijo in lahko zmanjšajo izkoristek do 25 % v vrednosti -0,45 % za vsako stopinjo Celzija (°C) nad idealno delovno temperaturo 25 °C. (Köhler, 2007). Če upoštevamo ta podatek, lahko v poletnih mesecih pričakujemo znatni padec v proizvodnji električne energije. Tako se lahko zgodi na primer takrat, kadar se PV-panel v poletnih mesecih segreje do 50 °C. Tako imamo do 12 % izgub v primerjavi z močjo, ki bi jo imel PV-panel pri 25 °C.

5.2 Integracija sistema

Nižanje cen PV-panelov v zadnjih letih je vzpodbudilo uporabo strešnih sončnih elektrarn za manjšanje energijskih potreb objektov. Zelene strehe postajajo vedno bolj zanimiva izbira zaradi povečane življenjske dobe strešne kritine, odličnih toplotno izolacijskih lastnosti in hladne mikro klime, ki jo zelene strehe ustvarjajo. Čeprav so tehnične lastnosti obeh sistemov znane, pa so same raziskave integriranega sistema redke. V ospredju je prva večja raziskava, ki jo je opravil Manfred Köhler v Nemčiji v obdobju petih let, in sicer 2001–2006. Opravljenih je še bilo nekaj drugih raziskav v manjšem merilu, omembe vredna je bila raziskava v Združenih državah Amerike, ki sta jo opravila Mohammed Alshayeb in Jae D. Chang v septembru leta 2016. Največji vpliv ima Köhlerjeva raziskava, na katero se sklicujejo vsa ostala raziskovalna dela.

5.2.1 Köhlerjeva raziskava integriranega sistema 2001–2006

Köhlerjeva raziskava iz leta 2001–2006 je nadaljevanje njegove raziskave o zelenih strehah iz leta 1999, kjer je raziskoval dinamiko vegetacije na ravnih strešnih kritinah. Takrat so rezultati pokazali nižje temperature zelene strehe v primerjavi s kontrolno klasično bitumensko ravno streho. (Köhler, 2007)

Raziskava je bila izpopolnjena in razdeljena na tri dele:

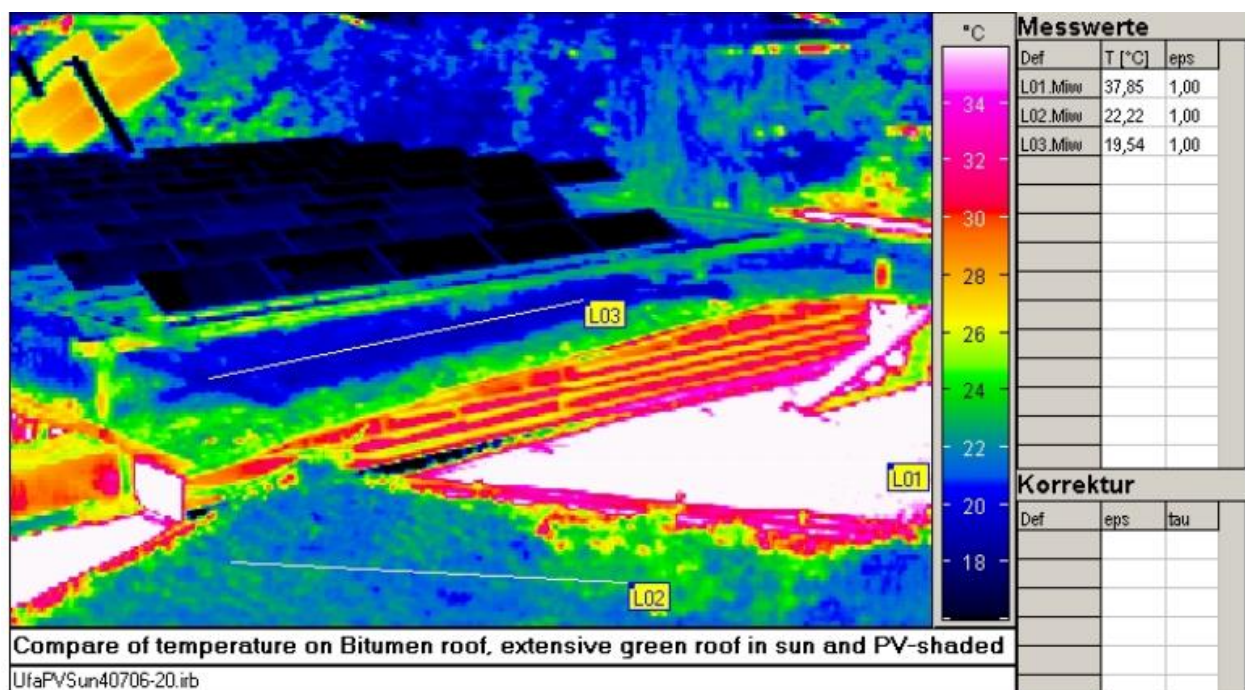
- klasična bitumenska ravna streha,
- zelena streha z mešano vegetacijo,
- zelena streha z integriranimi solarnimi paneli.

Merjeni so bili trije parametri:

- temperatura strešnih površin,
- izkoristek PV-panelov integriranega sistema v primerjavi s PV-paneli na bitumenski strehi,
- vpliv PV-panelov na dinamiko vegetacije zelenih streh.

Prve raziskave tega integriranega sistema so pokazale obetavne rezultate. Zelena streha znižuje ambientno temperaturo okoli foto napetostnih panelov, zaradi tega imajo nižjo delovno temperaturo in višjo proizvodnjo električne energije. Izmerjena proizvodnja električne energije PV-modulov na zeleni strehi je bila tako v času raziskave v povprečju 6 % večja kot na klasični bitumenski strehi. Merjenje proizvedene električne energije je potekalo 12 mesecev.

Del Köhlerjeve raziskave je bilo več letno (2001–2006) merjenje temperatur in beleženje dinamike rastlinskih vrst na ekstenzivno zeleni strehi in zeleni strehi z integriranimi PV-paneli ter klasično bitumensko streho (Köhler, 2007).



Slika 17: Toplotna slika ravne strehe med raziskavo

Vir: (Köhler, 2007)

Na sliki 18 je razvidna toplotna slika ravne strehe z različnimi karakteristikami, uporabljenih v raziskavi:

- L01 bitumenska strešna kritina 38 °C,
- L02 ekstenzivna zelena streha 22 °C,
- L03 ekstenzivna zelena streha s PV-paneli 19,5 °C.

Na toplotni sliki je očitni vpliv senčenja PV-panelov na talno temperaturo ozelenitve, kjer je zaznana razlika v temperaturi 3 °C v primerjavi z ne-osenčeno ozelenitvijo. Pomembno je tudi izpostaviti razliko v temperaturi med klasično bitumensko kritino in integrirano zeleno streho, ki znaša 18,5 °C, kar dodatno dokazuje pozitiven vpliv na toplotne karakteristike strešne kritine.

Tabela 2: Dinamika rastlinskih vrst zelene strehe

	Pred montažo PV-panelov	Zelena streha brez PV- panelov L02		Integrirana zelena streha s PV-paneli L03	
Leto meritve	1992–1999	2001	2006	2001	2006
Povprečno število rastlinskih vrst	41	41	51	43	63
Povprečna višina rastlinskih vrst (cm)	65	110	70	118	90
Št. rastlinskih vrst, ki jim koristi senčenje PV-panelov				7	17

Vir: (Köhler, 2007)

Tabela 2 prikazuje dinamiko vegetacije na dveh različnih površinah med raziskavo 1999–2006.

PV-paneli imajo blagodejni vpliv na vegetacijo zelene strehe. Senčenje panelov zmanjšuje obsevanje z neposredno sončno svetlobo in zmanjšuje hitrost izhlapevanja in skrajša ali omili sušna obdobja. S prerezporeditvijo sončne svetlobe paneli omogočijo večjo biomaso in rast več različnih rastlinskih vrst, tako spremenimo zeleno streho z večinsko rastjo sedumov v biološko bolj raznoliko in razkošno. Število rastlinskih vrst, ki jim senčenje PV-panelov koristi, lahko tako na integriranem sistemu naraste iz 7 na 17.

PV-paneli imajo tudi en posredni negativni vpliv na vegetacijo zelene streha, saj zaradi rednih vzdrževalnih del na panelih prihaja do teptanja rastlin, če nimamo urejenih za to namenjenih pohodnih površin (pohodne plošče, prodniki).

5.2.2 Raziskava integriranega sistema Mohammeda Alshayeba in Jaeja D. Changa 2016

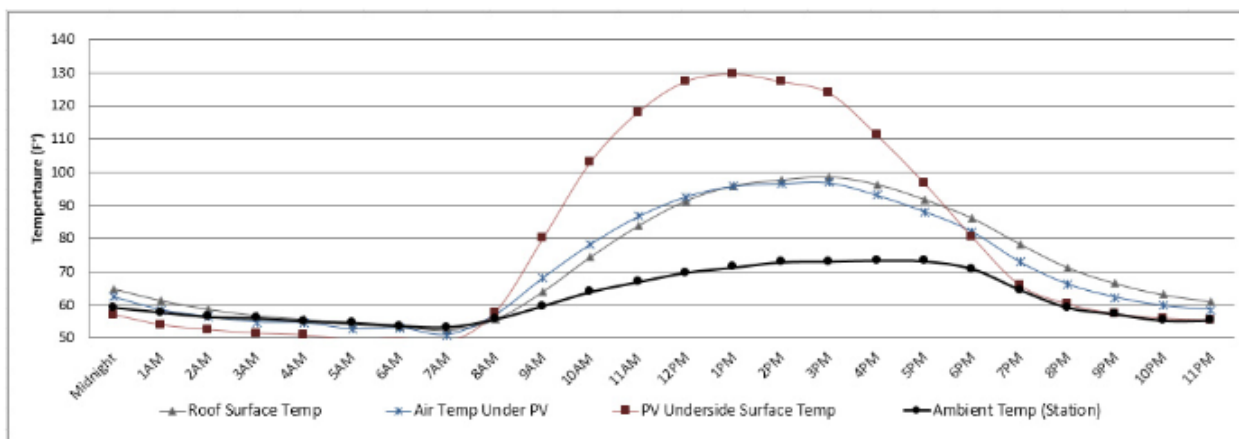
Raziskava je želela preveriti rezultate Köhlerjevih meritev. Izpostavljeno je dejstvo, da je Köhler v času svojih večletnih raziskav uporabljal različne vrste PV-panelov, prav tako pa tudi različne inverterje.

V tej raziskavi sta želela zmanjšati variacije, zato so bili v obeh primerih uporabljeni identični PV-paneli in inverterji. Različni sta bili samo strešni površini, torej bitumenska podlaga in zelena podlaga. PV-paneli so bili locirani na istem objektu z isto usmerjenostjo.

Cilj raziskave je bilo dokazati vpliv izbire vrste strešne površine na delovno temperaturo PV-panelov, meritve so bile opravljene v času visoke ambientne temperature in sončnega vremena.

Merili so tri parametre:

- temperaturo strešne površine,
- temperaturo površine spodnjega dela PV-panela,
- zračno temperaturo med PV-panelom in strešno površino.

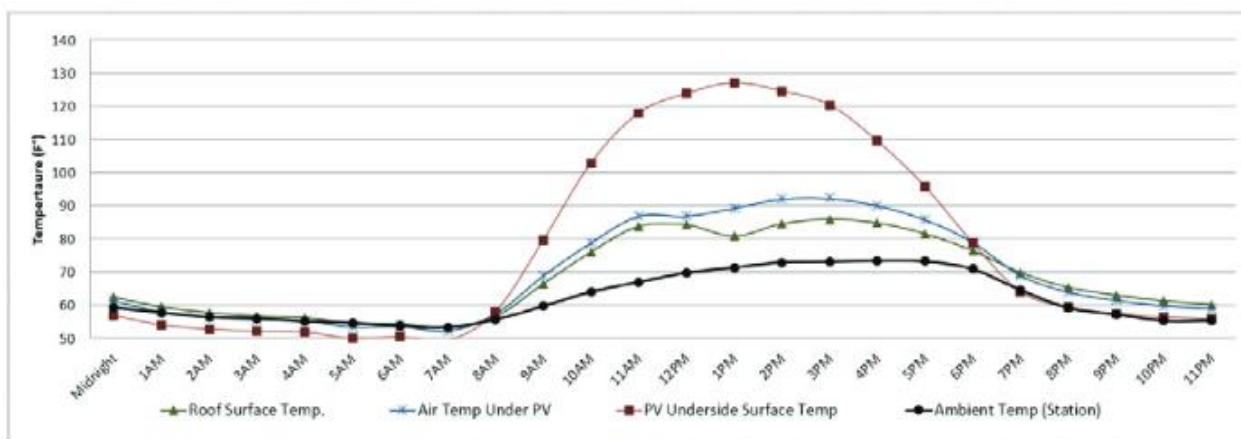


Slika 18: Izmerjene temperature na bitumenski strehi

Vir: (Alshayeb M., 2016)

Slika 19 prikazuje merjene temperature na bitumenski ravni strehi.

Meritve toplotne učinkovitosti PV-bitumenske strehe so bile pridobljene med 25. in 30. septembrom 2015.



Slika 19: Izmerjene temperature na zeleni strehi

Vir: (Alshayeb M., 2016)

Slika 20 prikazuje merjene temperature na ozelenjeni ravni strehi.

Meritve toplotne učinkovitosti PV-zelene strehe so bile pridobljene med 25. in 30. septembrom 2015. Temperature PV-panelov na zeleni podlagi so bile med celotno raziskavo nižje od PV-panelov na bitumenski podlagi.

V času najvišje ambientne temperature 21,85 °C so pridobili rezultate, prikazane v tabeli 3.

Tabela 3: Meritve temperatur na posamezni površini

	PV z zeleno podlago	PV z bitumensko podlago
Temperatura strešne površine	27,1 °C	35,5 °C
Temperatura površine spodnjega dela PV-panela	52,8 °C	54,18 °C
Zračna temperatura med PV-panelom in strešno površino	31,8 °C	35,4 °C

Vir: (Alshayeb M., 2016)

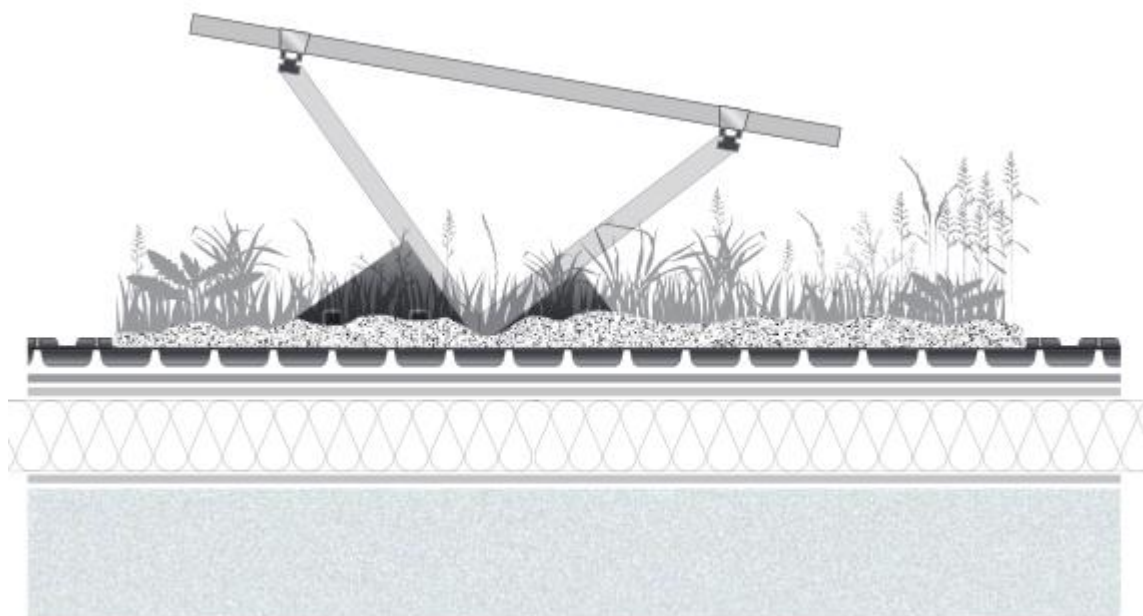
Tabela 3 prikazuje merjene temperature na treh različnih mestih za dve vrsti strešne površine.

Zračna temperatura med PV-panelom in podlago je bila na zeleni podlagi nižja za 3,6 °C, temperatura spodnjega dela PV-panela na zeleni podlagi pa je bila nižja za 1,38 °C. Rezultat je bila nižja proizvedena električna energija PV-panelov na bitumenski podlagi za 0,6 %.

Raziskava je potrdila Köhlerjeve rezultate in dokazala vpliv vrste strešne podlage na temperaturo strešne površine in ambientne temperature nad njo.

5.3 Montaža in postavitve PV-panelov na zeleni strehi brez preboja hidroizolacije

PV-panele pritrdimo na lahke nosilce iz PVC ali aluminija (Alu), ki so sidrani na plastično podlago. Podlage prekrijemo s substratom, da omogočimo rast vegetacije tudi pod PV-paneli. Podlage so narejene iz lažjih materialov in imajo v večini primerov tudi sekundarno vlogo pri zelenih strehah (vodozadrževalni ali drenažni sloj). Substrat nad podlago deluje kot obtežitev (sidrišče) za PV-panele in s tem odpravimo morebitne preboje hidroizolacije ali morebitne betonske obtežitvene bloke. Lahki modularni sistemi tako ohranjajo nizko lastno težo ekstenzivne zelene strehe.



Slika 20: Primer PV-modula proizvajalca Bauder

Vir: (<https://www.bauder.co.uk/assets/b/i/biosolarpv.gif>, 2017)

Slika 21 prikazuje prečni prerez integriranega PV-modula strešne sončne elektrarne na ekstenzivni zeleni strehi. Vidni so sestavni sloji zelene strehe.

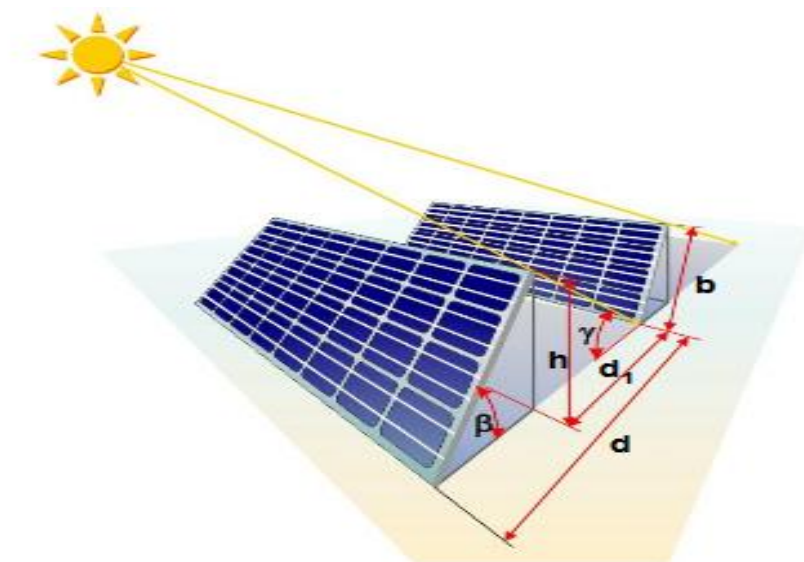
Optimalna postavitev PV-panelov na ravni strehi

Zaradi omejitve površin na ravnih strehah moram preiščeno umestiti fotonapetostne module v prostor.

Za maksimalno izhodno moč PV-panelov moram paziti na naslednje dejavnike:

- usmerjenost PV-panelov: južna stran;
- optimalni kot postavitve PV-panelov: za najboljši celoletni izkoristek se za Slovenijo priporoča naklon 30° ;
- razdalja med paneli: preprečevanje senčenja panelov, razdalja panelov je 2,5 ali 3-kratna višina panela ($3 \cdot B = D$);
- PV-paneli morajo biti nameščeni nad ozelenitvijo: preprečevanje senčenja panelov, cirkulacija zraka pod paneli, kar dodatno ohlaja sistem, osončenje vegetacije pod paneli.

(Ferme, 2011)



Slika 21: Postavitev PV-panelov na ravni strehi

Vir: (Ferme, 2011)

Slika 22 prikazuje najbolj učinkovito postavitev fotonapetostnih panelov, ki preprečuje senčenje sosednjih panelov.

6 KOMERCIALNI MODULARNI INTEGRIRANI PV-SISTEMI

Rezultat Köhlerjeve raziskave je povečano zanimanje za implementacijo integriranega sistema zelenih streh s strešno sončno elektrarno.

Na tržišču se je že pojavilo več različnih ponudnikov integriranih PV-sistemov. Ti proizvajalci ponujajo celovito tipsko rešitev za izvedbo zelenih streh v kombinaciji s fotonapetostnimi sistemi.

Podjetja s ponudbo integriranih sistemov:

- Bauder,
- Optigreen,
- ZinCo.

Glavne značilnosti modularne izvedbe integriranega sistema:

- hitra montaža,
- nizka teža sistema,
- cenovno ugodna (tipski moduli),
- brez prebojev strešne membrane.

»Solargreenroof« podjetja Optigreen

Podjetje Optigreen ima v svoji ponudbi dva programa zelenih streh, integriranih s fotovoltaiiko:

- SolarBase 15 (za maksimiranje površin PV-panelov),
- SolarBase 30.

Razlika sistema je v naklonu fotonapetostnih modulov, torej 15° ali 30°.

Za Slovenijo je idealni naklon 30°, zato sem se osredotočil na SolarBase 30. Ta sistem prav tako ohranja večjo zeleno površino, tako ne bodo izgubljene pozitivne lastnosti ozelenjene strehe.

Osnova sistema je podporni nosilec PV-modula iz recikliranega polietilena visoke gostote ali angl. High density polyeten (HDPE). Oblikovan je s 30° naklonom in sekundarno funkcijo

drenaže in zadrževanja vode s pomočjo integrirane podlage. Nosilec je tako narejen z namenom, da je omogočena ozelenitev na sami podlagi nosilca. Tako imamo ozelenjeno površino tudi pod paneli, teža ozelenitve pa nam zasidra PV-module brez preboja strešne membrane.

PV-module namestimo na prečne aluminijaste nosilce, ki jih pritrdimo na položene Solarbase podlage.



Slika 22: Solarbase nosilec iz HDPE

Vir: (http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/_processed_/csm_Seite_51__SUN-ROOT_2010-06-08_bdf8aaba1.jpg, 2017)

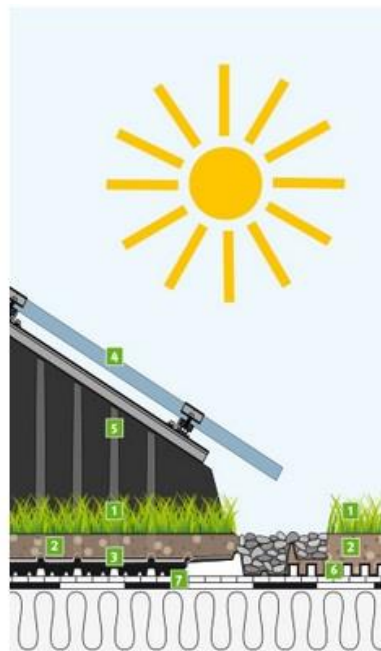
Slika 23 prikazuje nosilec PV-panela modularnega sistema sončne elektrarne SolarBase 30.

Sestava SolarBase 30 sistema zelene strehe

Solarbase sistem je kombinacija sistema zelene ekstenzivno ozelenjene strehe in fotovoltaike. Modularni sistem gradnje omogoča hitro montažo, tipski modeli pa nižajo ceno, saj v tem sistemu ni prebojev strešne membrane, ki bi jih morali dodatno zatesniti.

Strešni sistem ima nizko lastno težo ($120\text{--}140\text{ kg/m}^2$), zaradi široke podlage nosilca pa tudi nizko točkovno obtežitev. To nam omogoča, da lahko ta sistem namestimo tako na toplo kot na obrnjeno ravno streho.

Padavine, ki padajo na PV-panele, stečejo v naprej pripravljen prodni kanal ob vznožju modulov. Te padavine prodirajo v visoko kapilarno vpojni geotekstil (filc), ki je položen pod paneli. Filc posrka vodo pod panele, kjer voda izhlapi in dodatno ohlaja celotni sistem. Optimalna razdalja med vrstami panelov je 2300 mm.



Slika 23: Prerez Solarbase 30 sistema

Vir:

(http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/contents/Systemloesungen/Solargruendach/Solargruendach_kopieren.jpg, 2017)

Slika 24 prikazuje prečni prerez integrirane strešne sončne elektrarne SolarBase 30 z vidnimi posameznimi sestavnimi sloji zelene strehe.

1. Ekstenzivno ozelenitvena podlaga

Ozelenitvena podlaga je debeline 30 mm. Na razgradljivih kokosovih vlaknih z dodatnim slojem substrata imamo vnaprej kultivirane sedum rastline (različnih vrst). Tehnična specifikacija vegetacijske preproge je podana v prilogi (Priloga 12)

2. Substrat za ekstenzivno podlago

Je substrat za ekstenzivno ozelenitev. To so lahko skrilavci, ekspandirana glina, koščki lav, opečni drobljenec, kompost.

3. Visoko vpojni geotekstil

Visoko kapilarno vpojni geotekstil je namenjen privleki vode pod PV-panele. Izhlapljanje vlage dodatno ohladi celotni sistem.

4. PV-modul

Fotonapetostni moduli različnih velikosti (1000 ali 1200 mm višina panela).

5. Polikristalne sončne celice (c-Si).

6. Solarbase 30 nosilec

Nosilec iz HDPE-plastike za nameščanje PV-panelov pod kotom 30°. Za namestitev ne potrebujemo sidranja v nosilno konstrukcijo ali prebojev strešne hidroizolacije. Tehnična specifikacija nosilca je podana v prilogi (Priloga 13). Podlaga ima sekundarno funkcijo drenaže in zadrževanja vode.

7. Drenažna in vodo-zadrževalna podlaga

Je podlaga z namenom hitre drenaže prekomernih padavin in za zadrževanje vlage z namenom irigacije rastlin ozelenjene strehe.

8. Zaščitni in ločevalni geotekstil

Sintetični geotekstil (gostoto 500 g/m²), ki ščiti strešno membrano (hidroizolacijo) pred mehanskimi poškodbami. Predstavlja tudi sekundarno vlogo zadrževanje vlage.



Slika 24: Končana Solarbase 30 zelena streha

Vir: (http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/_processed_/csm_UK-SGR-1-1_6b3e218ff5.jpg , 2017)

Slika 24 prikazuje delujočo strešno mikro elektrarno Solarbase 30 na ekstenzivno ozelenjeni strehi. Prikazane so prav tako obrobe iz prodca za stekanje vode.

7 SKLEP

V diplomskem delu sem opisal sistem zelenih ravnih streh, strešnih sončnih elektrarn ter njihovo integracijo v en komplementarni sistem. Preučeval sem tri hipoteze, ki sem jih preizkušal skozi celotno nalogo.

Najprej sem preučeval pozitiven vpliv mikroklima zelenih ravnih streh na delovanje PV-panelov.

Ugotovil sem, da zelena streha preko evapotranspiracije (prehajanje vode v plinsko stanje skozi površino zemlje in rastlinskih listov) zadrževanih meteornih vod in zmanjšane akumulacije toplote na površini strešne površine ustvarja hladnejšo mikroklimo v svoji lastni okolici. Tako lahko v poletnih mesecih dosežemo tudi do 30 °C hladnejše temperature zelenih površin v primerjavi z bližnjo okolico. PV-paneli imajo zmanjšano proizvodnjo električne energije, kadar se segrejejo nad svojo optimalno delovno temperaturo 25 °C. Tako ugotovimo, da imajo PV-paneli v povprečju 6 % večjo proizvodnjo električne energije v primerjavi s PV-paneli na klasični ravni bitumenski – prodnati ravni strehi. Hipoteza je na podlagi teh rezultatov potrjena.

V drugi hipotezi sem preučeval pozitiven vpliv senčenja PV-panelov na vegetacijo zelene ravne strehe.

V večletni primerjalni raziskavi je bilo ugotovljeno, da so imele zelene strehe, na katerih so bili nameščeni PV-paneli, zaradi zmanjšanega neposrednega sončnega obsevanja nižjo površinsko temperaturo za 2,5 °C in zmanjšano hitrost izhlapevanja, kar je omililo vpliv poletnih sušnih obdobj. Rezultat teh dveh dejavnikov je bila večja biomasa vegetacije in večje število različnih rastlinskih vrst. Hipoteza je na podlagi teh ugotovitev potrjena.

V zadnji hipotezi sem preučeval komplementarnost teh dveh sistemov, ter ali izpolnjujeta kriterije za ekološko vzdržni način gradnje in bivanja.

Ugotovljeno je bilo, da sistema drug na drugega nimata nobenih negativnih vplivov, čeprav bi sprva predvidevali, da oba sistema tekmujeta med seboj za prostor. Kadar sta sistema združena, ugotovimo, da izboljšujeta že obstoječe pozitivne lastnosti drugega sistema. Zelena klima ustvarja hladnejšo mikroklimo, kar izboljšuje izkoristek PV-panelov, sončne celice pa s pomočjo senčenja zmanjšujejo vpliv sušnih obdobj in povečujejo biodiverzitetno vegetacije.

Med celotnim diplomskim delom sem preučeval trditev o ekološko-vzdržni ali trajnostni gradnji integriranega sistema.

Za potrditev te hipoteze sem preverjal tri kriterije:

- energetski,
- ekološki,
- okoljski.

Energetske kriterije sistem izpolnjuje v zmanjšani uporabi energije ter posledično zmanjšani proizvodnji emisij toplogrednih plinov, saj ima zelena streha, kadar je pravilno narejena, izjemno dobre tople izolativne lastnosti, kar nam pozimi zmanjša stroške ogrevanja, poleti pa zmanjša stroške hlajenja. PV-paneli s pomočjo strešne sončne elektrarne lahko izpolnjujejo večino energetskih potreb objekta. Pri skrbni izrabi strehe lahko objekt v določenih primerih tudi ustvarja višek energije.

Ekološke – okoljske kriterije sistem prav tako zelo dobro izpolnjuje. S pomočjo zelene strehe vračamo naravi izgubljene zelene površine in ponujamo življenjski prostor različnim živalskim in rastlinskim vrstam. Z zadrževanjem in počasnim sproščanjem meteornih vod pa razbremenimo vodovodno infrastrukturo, kar je lahko v močnejših nalivih za urbane centre izjemnega pomena, saj zaradi izgube zelenih površin nimajo možnosti zadrževanja padavin. Zelene strehe zaradi evapotranspiracije vlage v zemljini ohlajajo strešno konstrukcijo in okolico objekta, kar v urbanih naseljih zmanjša vpliv urbanega toplotnega otoka UHI. Zaradi tega so nižje potrebe po ohlajevanju objekta, posledica tega pa je manj emisij toplogrednih plinov, kar lahko še dodatno zmanjšamo z uporabo strešne sončne elektrarne v kombinaciji z zeleno streho.

Pomemben ekološki vidik zelenih streh je vračanje izgubljenih površin zaradi gradnje in širitve urbanih naselij. Tako s pomočjo takšne strehe pridobimo nove življenjske prostore, in sicer tako za ljudi v primeru ekstenzivne ozelenitve z urejenimi strešnimi vrtovi in sprehajalnimi potmi kot za različne živalske vrste v primeru, da ima streha samo ekstenzivno ozelenitev z enojnim namenom ščitenja hidroizolacije strešne kritine. Ta hidroizolacija pa ima zaradi tehničnih in toplotnih karakteristik zelenih streh tudi močno podaljšano življenjsko dobo (60–90 let) v primerjavi s klasičnimi bitumenskimi (15 let), saj je zaradi vegetacije in sloja zemljine zaščitena pred UV-sevanjem in mehanskimi poškodbami. Konstantna temperatura strešne konstrukcije pa zmanjšuje skrčke in raztezke hidroizolacije, kar prav tako podaljšuje življenjsko dobo.

Za namene potrjevanja hipoteze sem preučil dve akademski raziskavi. Najbolj razširjena je bila Köhlerjeva raziskava, opravljena med leti 2001–2006. Ta je preučila posamezne interakcije med PV-paneli in vegetacijo zelene strehe in je v veliki meri okrepila in opravičila mišljenje o pozitivni interakciji sistemov. Druga akademska raziskava (Mohammed Alshayeb in Jae D. Chang), ki je bila opravljena v manjši meri (samo en mesec), je prav tako potrdila prvotne rezultate.

Osnovna hipoteza, ki je bila postavljena na začetku diplomskega dela, da sta sistema zelene ravne strehe in sistem fotonapetostnih panelov komplementarna in ponujata ekološko vzdržen način gradnje in bivanja, je bila na podlagi teh ugotovitev potrjena v vseh točkah.

8 VIRI, LITERATURA

Katalog S-Rock 15, K2 Systems. (2017).

Alshayeb M., C. J. (2016). Photovoltaic Energy Variations Due to Roofing Choice. *Procedia Engineering* 145, 1104-1109.

Bauder. (2017). Pridobljeno iz www.bauder.co.uk/solar-pv/biosolar-system

C. Catalano, N. B. (2014). Biosolar Roofs: A Symbiosis between Biodiverse. *Citygreen*, 42-48.

EPIA - Sončne elektrarne. (2017). Pridobljeno iz Borzen: <https://www.borzen.si/Portals/0/SL/OVE-URE/EPIA%20-%20soncne%20elektrarne.pdf>

Erica Oberndorfer, J. L. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystem: Ecological structures, functions and services. *Bioscience*, 823-824.

EWEA. (2013). *Wind in power: 2012 European statistics*. The European wind energy association.

Ferme, J. (2011). Splošno o sončnih elektrarnah in njihova ekonomika. *Zelene tehnologije - priložnost in izziv*, (str. 1-50). Moravci.

Fragmat. (december 2017). *Fragmat gradbeni program*. Pridobljeno iz <http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program>

G. Heidarinejad, A. E. (2015). Numerical simulation of the dual effect of green roof thermal performance. *Energy Conversion and Management*, 1418-1425.

Gorenjske elektrarne - Sončne elektrarne. (2017). Pridobljeno iz http://www.gek.si/sonce/300400042/Soncne_elektrarne

<http://pv.fe.uni-lj.si/figures/ObsSLO.jpg>. (25. 10 2017). Pridobljeno iz PVportal - Slovenski portal za fotovoltaike: iz spletnega mesta <http://pv.fe.uni-lj.si/figures/ObsSLO.jpg>

<http://www.greenroofs.com/projects/librarysq/librarysq10.gif>. (20. 10 2017). Pridobljeno iz Greenroofs.com: iz spletnega mesta <http://www.greenroofs.com/projects/librarysq/librarysq10.gif>

http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/_processed_/csm_Seite_51__SUN-ROOT_2010-06-08_bdf8aaba1.jpg. (15. 10 2017). Pridobljeno iz OptiGreen: iz spletnega mesta

http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/_processed_/csm_Seite_51__SUN-ROOT_2010-06-08_bdf8aaba1.jpg

http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/_processed_/csm_UK-SGR-1-1_6b3e218ff5.jpg . (15. 10 2017). Pridobljeno iz OptiGreen: http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/_processed_/csm_UK-SGR-1-1_6b3e218ff5.jpg

http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/contents/Systemloesungen/Solargruendach/Solargruendach_kopieren.jpg. (15. 10 2017). Pridobljeno iz OptiGreen: iz spletnega mesta http://www.optigreen.co.uk/fileadmin/contents/Systemloesungen/Solargruendach/Solargruendach_kopieren.jpg

http://www.tehnosol.si/sites/default/files/monokristalni_net.png. (26. 1 2017). Pridobljeno iz Tehnosol: iz spletnega mesta http://www.tehnosol.si/sites/default/files/monokristalni_net.png

http://www.tehnosol.si/sites/default/files/polikristalni_net.png. (26. 10 2017). Pridobljeno iz Tehnosol: iz spletnega mesta http://www.tehnosol.si/sites/default/files/polikristalni_net.png

<http://www.urbanstrong.com/wp-content/uploads/2017/02/Solar-Green-Roof-Process-Background-v2.jpg>. (24. 10 2017). Pridobljeno iz Urbanstrong: <http://www.urbanstrong.com/wp-content/uploads/2017/02/Solar-Green-Roof-Process-Background-v2.jpg>

http://www.zelenestrehe-mg.si/wp-content/uploads/2017/08/ekstenzivne_obrnjena_streha.jpg. (22. 10 2017). Pridobljeno iz MG Zelene strehe: iz spletnega mesta http://www.zelenestrehe-mg.si/wp-content/uploads/2017/08/ekstenzivne_obrnjena_streha.jpg

http://www.zelenestrehe-mg.si/wp-content/uploads/2017/08/ekstenzivne_topla_streha-3.jpg. (22. 10 2017). Pridobljeno iz MG Zelene strehe: iz spletnega mesta http://www.zelenestrehe-mg.si/wp-content/uploads/2017/08/ekstenzivne_topla_streha-3.jpg

https://roofmeadow.files.wordpress.com/2012/06/img_1042sm1.jpg. (20. 10 2017). Pridobljeno iz Roofmeadow Word press: iz spletnega mesta https://roofmeadow.files.wordpress.com/2012/06/img_1042sm1.jpg

- <https://www.bauder.co.uk/assets/b/i/biosolarpv.gif>. (15. 10 2017). Pridobljeno iz Bauder: iz spletnega mesta <https://www.bauder.co.uk/assets/b/i/biosolarpv.gif>
- Hui S.C.M., C. S. (2011). Integration of green roof and solar photovoltaic systems. *Joint symposium 2011: integrated building design in the New Era of Sustainability*. Hong Kong.
- Jager-Waldau, A. (2014). *PV Status reeport 2014*. Ispra.
- Köhler, M. (2007). *Interaction between PV systems and extensive green roofs*. Minneapolis: Greening roofs to sustainable communities.
- Kristin L. Getter, D. B. (2006). The role of extensive green roofs in sustainable development. *Hort Science*, 1276-1285.
- Kunič, R. (2008). Sestavni elementi ozelenjenih streh. *Gradbenik* 6.
- Lucket, K. (2009). *Green roof construction and maintenance*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- MG zelene strehe. (2018). Pridobljeno iz www.zelenestrehe-mg.si.
- Optigreen. (2017). Pridobljeno iz www.optigreen.co.uk/system-solutions/solar-green-roof/solarbase-15/
- Plan.net Solar. (2017). Pridobljeno iz <http://www.plan-net-solar.si/soncne-elektrarne/fotovoltaika/>
- Pravilnik o projektni dokumentaciji. (2008). Uradni list Republike slovenije.
- PVportal - Slovenski portal za fotovoltaike. (2017). Pridobljeno iz <http://pv.fe.uni-lj.si>
- Roland Appl, W. A. (2004). *Future Oriented and Sustainable Green Roofs in Germany*. Portland OR: Proceedings from the 2nd annual Greening Rooftops for Sustainable Communities conference, awards and trade show.
- Roofmeadow. (2017). Pridobljeno iz www.roofmeadow.wordpress.com
- Selimovič, S. (2017). *Elaborat gradbene fizike za področje učinkovite rabe energije v stavbah*.
- Selimovič, S. (2017). Načrt arhitekture.
- Tehnični priročnik: *Technische regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen und Bitumenbahnen, 3. AUFLAGE Abc der Bitumenbahnen*. (2008).
- Tehnosol. (2017). Pridobljeno iz www.tehnosol.si

Urbanscape. (2017). Pridobljeno iz www.urbanscape.si

Wong, E. (2014). Reducing urban heat islands: Compendium of strategies., (str. 1-22).

9 PRILOGE

Priloga 1: Načrt arhitekture

ARCHICAD EDUCATION VERSION

ISITM d.o.o.
Biro za inženiring projektiranje
Ljubljanska cesta 54
2000 Maribor

Številka načrta:
01/17

Investitor:
ALOJZ KOS
SENČIJSKA N.S. 2000 MARIBOR

Naročnik:
SENČIJSKA N.S. 2000 MARIBOR

Objekt:
ENOSTANOVANJSKA
STAVBA

NAČRT
ARHITEKTURE

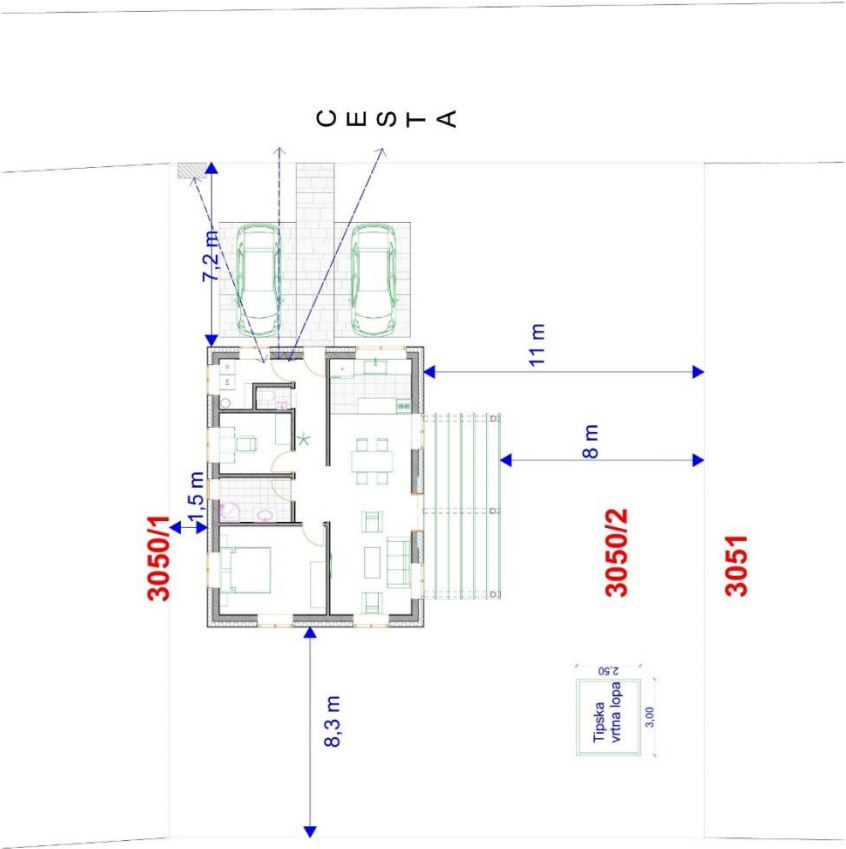
Odgovorni vodja projekta:
MAJIA ROŽMAN

Odgovorni projektant:
SELVEDINA SELIMOVIC

Sodelavci:
Igor Pelelin, Tadej Kugl, Iris Enfell, Bogana Kuronja

Merilo:
1:50

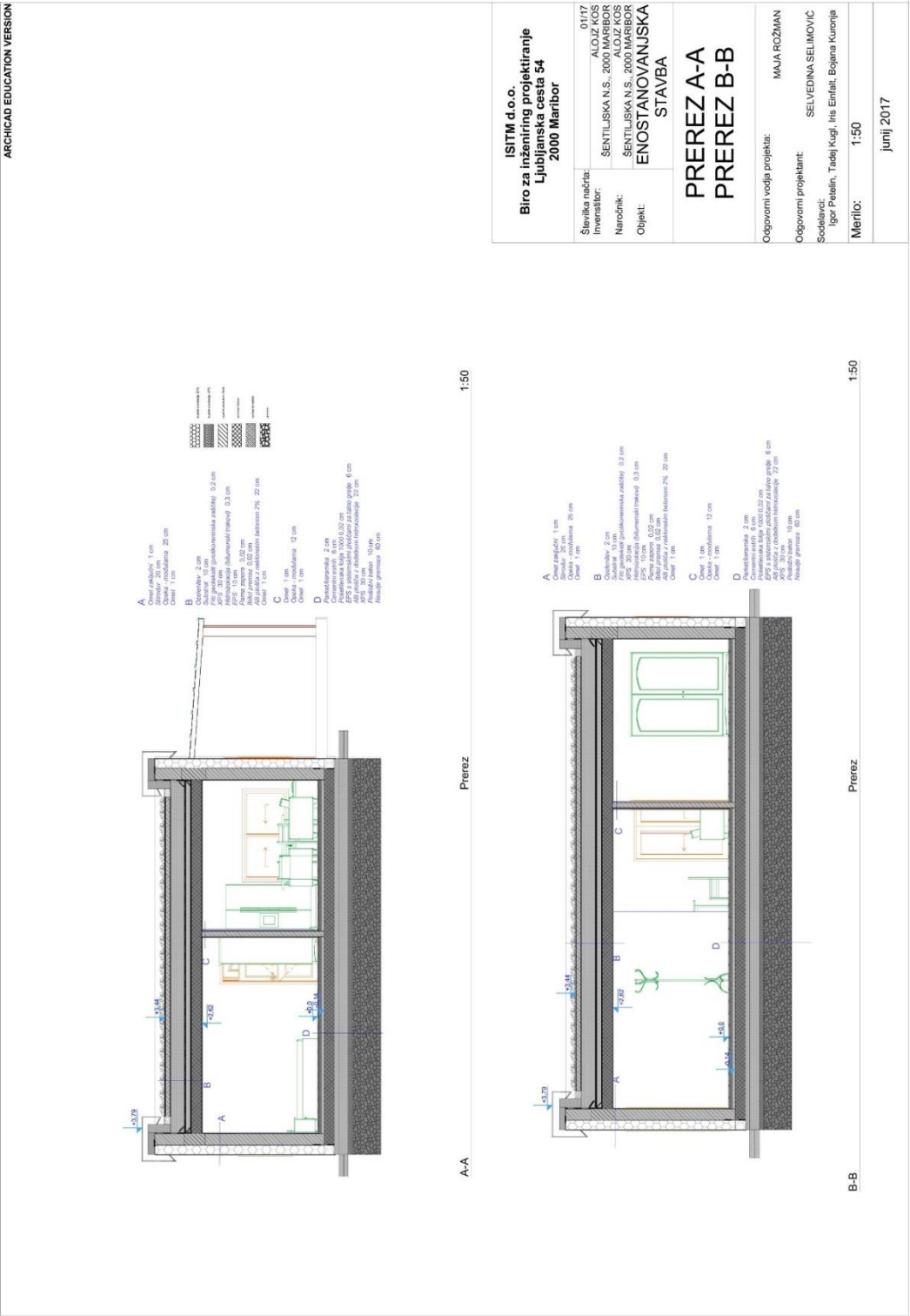
junij 2017



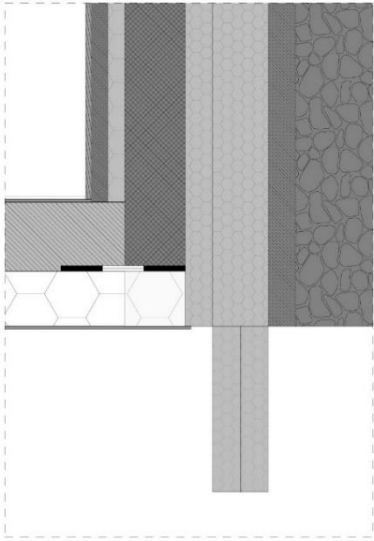
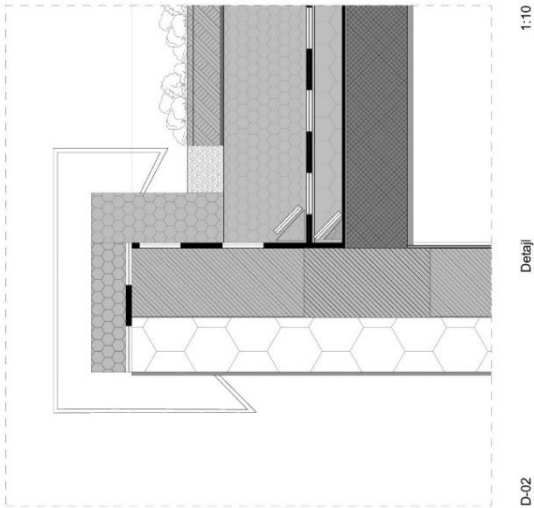
Priloga 2: Tloris pritličja



Priloga 3: Prereza hiše



Priloga 4: Detajl strehe in detajl tal



ISITM d.o.o. Biro za inženiring projektiranje Ljubljanska cesta 54 2000 Maribor		Številka načrta: 01/17	ALČOZ KOS
		Investitor:	ŠENTILJSKA N.S., 2000 MARIBOR
		Naročnik:	ALČOZ KOS
		Objekt:	ŠENTILJSKA N.S., 2000 MARIBOR
			ENOSTANOVANJSKA
			STAVBA
DETAJL STREHA DETAJL HI TLA			
Odgovorni vodja projekta:		MAJA ROŽMAN	
Odgovorni projektant:		SELVEDINA SELMOVIČ	
Sodelavci:		Igor Pešljin, Tadej Kugl, Irs Eimfah, Bojana Kuronja	
Merilo:		1:50	
		junij 2017	

Priloga 5: Popis del rušitve vodnjaka

RUŠITEV OBSTOJEČEGA VODNJAKA

1.	Rušitev vodnjaka višine 1,00 m in globine 2,00 m iz AB cevi 1000mm. V ceni so upoštevana komplet vsa dela vključno z odvozom ruševin na trajno deponijo s stroški deponije, oddaljenosti do 5km	kmp	1,00	420,00	420,00
2.	Demontaža in odvoz LŽ pokrova z okvirjem dim. 0,8/0,8, nosilnosti do 5ton na trajno deponijo, vključno s stroški deponije, oddaljenosti do 5km	kmp	1,00	180,00	180,00
3.	Zasutje vodnjaka z peskom 8-16mm in utrditvijo terena zgornjega ustroja	m3	12,00	25,10	301,20
SKUPAJ:					901,20
9,5% DDV:					85,61
SKUPAJ Z DDV:					986,81

Priloga 6: Tehnično poročilo

BISITM , biro za inženiring in projektiranje d.o.o.
TEHNIČNO POROČILO

TEHNIČNO POROČILO

1. Splošni opis arhitekturne zasnove in zunanje ureditve

Investitor želi zgraditi manj zahteven objekt na območju Lendave, za lastne potrebe. Objekt je pritlična hiša klasične izvedbe. Zgrajena iz opeke, armirano betonske talne plošče, vertikalnih in horizontalnih AB vezi in ravno streho. Zasnova objekta je pravokotna. Dolžina objekta je 11,00 m, širina 8,50 m, višina 3,64 m. Kompozicijo objekta predstavlja gabaritno enoten volumen po vertikali. Na vzhodni stani objekta se nahaja vhod in nadstrešnica za dva avtomobila z dovozom. Na južni strani je terasa, tlorisne površine 22 m². Na jugo-zahodnem delu je predvidena tipska vrtna lopa, velikosti 7,50 m². Lega objekta na parceli je severno vzhodna in leži na 1/3 parcele. Pritličje je namenjeno dnevnim aktivnostim in spalnim prostorom.

2. Opis lokacije z urbanističnimi podatki

Novogradnja enostanovanjske hiše, se bo izvedla na parcelni št. 3050/2 k.o. Dolga Vas pri Lendavi.

Vrsta varovanja zemljišča: Krajinski park Lendavske gorice

Prostorski ureditveni pogoji: Odlok o prostorskih ureditvenih pogojih za mesto Lendava (Uradni list RS, št. 45/01, 66/02, 54/04).

Velikost parcelnega zemljišča meri 539m². Na parceli se nahaja manjši vodnjak, ki ga je potrebno pred pričetkom del porušiti. Dostop do občinske ceste je neposredno iz parcele, na vzhodni strani objekta oz. parcele.

3. Opis funkcionalne zasnove

Enodružinska hiša zajema samo pritličje. Glavni vhod v objekt je iz vzhodne strani. V pritličju se na levi strani od vhoda nahaja kuhinja z jedilnico in dnevnim prostorom. Med dnevnim prostorom in jedilnico je izhod na teraso. Na desni strani oz. severni strani objekta, se nahaja kabinet, utility, kopalnica in spalnica. Dostop do objekta je iz občinske ceste.

4. Opis zasnove zunanje ureditve

Na vzhodni strani objekta je urejen tlakovan dovoz iz občinske ceste. Pri vhodu v objekt se nahaja nadstrešnica za dva avtomobila. Celotna parcela je iz vseh strani urejena z zelenico. Na jugo zahodni strani je predvidena tipska vrtna lopa, za shranjevanje orodja.

5.

V skladu z 2. členom ZGO-1 je obravnavan objekt **MANJ ZAHTEVEN OBJEKT**. Posebni del projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja vsebuje sledeče načrte:

- PGD načrti arhitekture
- PGD načrti gradbenih konstrukcij

Klasifikacija celotnega objekta (Uredba o uvedbi in uporabi enotne klasifikacije vrst objektov in o določitvi objektov državnega pomena; CC-SI) je **11100- ENOSTANOVANJSKE STAVBE**.

Skupna bruto površina objekta meri 93,5 m², neto pa 75,35m².

Zunanja ureditev obsega vzpostavitev parkirne ploščadi pred objektom ter primerno zasnovo odvajanja meteornih voda.

Na vzhodnem delu zemljišča za gradnjo se ob dovozni cesti uredi parkirna ploščad ter cestni priključek. Cestni priključek in parkirna mesta se tlakuje z betonskimi tlakovci.

Cestni priključek bo izveden tako, da bo onemogočal stekanje meteornih voda v cestno telo.

Parkiranje je zagotovljeno znotraj zemljiščne parcele. Uredita se 2 parkirni mesti za osebna vozila.

Okrog predvidenih objektov se uredijo zelene površine. Zelenica se splanira na novo projektirano višino, humusira se z humusom debeline najmanj 15 cm. Vse povozne utrjene površine so tlakovane in omejene z obrobo iz betonskih robnikov 8/20 cm, položenih v betonski temelj.

6. Zazidana površina objekta, neto in bruto površina

SKUPNI PODATKI O POVRŠINAH PREDVIDENEGA OBJEKTA:

OPIS:	ETAŽNOST	POVRŠINA
Σ zazidane površine		
Σ bruto tlorisna površina	P	93,5 m ²
Σ neto tlorisna površina	P	75,35m ²
Σ bruto prostornina	P	340,34m ³
Σ neto prostornina	P	197,42 m ³

Zazidano površino pokrivajo dokončane stavbe, katero določa projekcija zunanjih dimenzij stavbe na zemljišče. Tu niso vključeni: zgradbe ali deli zgradb, ki ne segajo nad površino zemljišča, sekundarni deli (zunanja stopnišča in klančine, nadstreški nad vhodi, vodoravni senčni zasloni, elementi cestne razsvetljave) in površine pomožnih objektov.

Bruto tlorisna površina stavbe je skupna površina vseh etaž stavbe. Bruto tlorisna površina vsake etaže se dobi iz zunanjih dimenzij obodnih elementov v višini tal etaže. Ometi, fasadne

obloge in parapeti so všeti. Sestavljena je iz neto florisne površine in florisne površine, ki jo zavzema konstrukcija.

Neto florisna površina je površina med navpičnimi elementi, ki omejujejo prostor. Računa se s svetlimi dimenzijami dokončane stavbe v višini tal, ne upoštevajoč obrobe, pragove itd. V neto florisno površino niso vključene površine konstrukcijskih elementov, okenskih in vratnih odprtih in niš v elementih, ki omejujejo prostor. Neto florisna površina se deli v: uporabno površino, tehnično površino, komunikacijsko površino

7.

Površine so prikazane v skladu s *SIST ISO 9836*

ŠIFRA PROSTORA	OPIS PROSTORA	NETO POVRŠINA (m2)		
<i>Pritličje</i>		Nup	Nkp	Ntp
P1	Dnevna soba + jedilnica	25		
P2	Kuhinja	7		
P3	Hodnik	7		
P4	Utility			4
P5	WC	1,5		
P6	Kabinet	8		
P7	Kopalnica	5		
P8	Spalnica	15		
SKUPAJ:		68,5		4
VSE SKUPAJ:		72,5		

8. Tehnične značilnosti gradnje

KONSTRUKCIJA

Objekt je temeljen na armiranobetonski talni plošči deb. 25 cm, podložnem betonu in gramoznem utrjenem nasutju debeline 60 cm. Nosilni zidovi pritličja in nadstropja so izdelani iz toplotno izolativne opeke (z AB vezmi) debeline 25 cm. Objekt ima izvedene drenaže s kontrolnimi jaški.

Vse vmesne predelne stene objekta so klasične opečno zidane debeline 12cm.

Streha: ravna streha (AB plošča v naklonu 2%) z ozelenitvijo

FASADA

Fasada objekta je izdelana po sistemu »demit« fasade debeline 20 cm, zaključni sloj je finoiznati strukturni dekorativni sloj, v barvi po izboru arhitekta.

STREHA

Ravna streha z naklonom 2%,

STAVBNO POHIŠTVO

Vsa okna so PVC izvedbe bele/sive barve, izdelane iz petkomornih PVC profilov mehke zaokrožene linije profilov, trojnimi tesnili in izolacijskim steklom, polnjenim s plinom $U=0,7$, $R_w=32$ dB.

Okna so obrobljena s strukturnimi dekorativnimi špaletami. Zunanje okenske police so Alu izvedbe, notranje police pa iz oplemenitene iverne plošče »Werzalit«.

Vhodna vrata v objekt bodo iz PVC-ja, zastekljena s toplotno izolacijskim steklom $k = 1.1$ W/m²K. Zvočna izolativnost vhodnih vrat bo 38 dB.

Vsa notranja vrata bodo suhomontažne izvedbe, iz barvanega mediapana in nasajena na furnirani podboj. Vrata sanitarij in shramb ter prostorov brez oken bodo imela v krilih PVC prezračevalno rešetko.

TLAKI

Vsi notranji tlaki so obdelani s cementnim estrihom in ustrezno zvočno oz. toplotno izolirani. Tlaki so pripravljeni za oblaganje s finalnimi podi - parketom oz. keramiko/granitogres, skladno s projektom.

keramika/granitogres (kopalnica, wc, kuhinja, utility)
parket (dnevni prostor, jedilnica, spalnica, kabinet, hodnik)
Zunanja terasa: betonski tlakovci

OBDELAVA STEN

Vse notranje stene in stropovi so ometani, kitani in finalno opleskane v beli barvi.

Stene sanitarnih prostorov bodo do stropa obložene s keramičnimi ploščicami. Zaključki bodo iz PVC letvic. Stiki na robovih in vogalih se obdelajo s tesnilnim trakom npr. Kemaband

SESTAVE KONSTRUKCIJ:

Z1 - kontaktna fasada

- notranji omet 2 cm
- opeka npr. Porotherm 25 cm
- TI / fasadni EPS 20 cm
- zaključni fasadni sloj 1 cm

Z2 - stena med enotami

- notranji omet 1 cm
- opeka npr. Porotherm 12 cm
- notranji omet 1 cm

SI - strešna konstrukcija

- ozelenitev (ekstenzivna) 2 cm
- substrat 10 cm
- difuzijsko odprt ločilni geotekstil
- TI / zvočna izolacija / XPS 15 cm
- Hidroizolacija (bitumenski trakovi) P5 5mm
- Hidroizolacija (samolepilna – bitumenski trakovi) P3 4mm
- TI / zvočna izolacija / EPS 10 cm
- parna zavora AL V4 1cm
- Bitumenski hladni premaz
- AB plošča z naklonskim betonom 2% 22 cm
- notranji omet 1 cm

T1 - talna konstrukcija

- tlak keramika/parket 2 cm
- cementni estrih 6 cm
- polietilenska folija 1000 0,02
- sist. plošče za talno gretje EPS 6 cm
- AB talna plošča z dodatkom HI 22 cm
- TI / zvočna izolacija / XPS 20 cm
- podložni beton 10 cm
- gramoz 60 cm

KANALIZACIJA IN VODOVOD

Komunalne odpadne vode bodo speljane po novo predvidenem kanalu PVC Ø250 v obstoječi jašek javne kanalizacije.

Vodomerna ura za hišo je montirana v uličnem jašku, od katerega je speljan dovod do hiše. Dovod vode je pripravljen tudi na zelenici – za zalivanje, pranje. Razvodi vode so izvedeni iz PE cevi.

METEORNA KANALIZACIJA

Odvodnjavanje cest je rešeno v smislu zbiranja vode v asfaltni koritnici ob robu ceste z vtoki v požiralnike.

Požiralniki so povezani z meteorno kanalizacijo. Odvodnja planuma se vrši z drenažami, katere se priključijo v požiralnike. V predvideno meteorno kanalizacijo bodo speljane tudi strešne padavinske vode, vendar preko zbiralnikov vode ki ob enem prispevajo k zadrževanju odtoka vode.

KLIMATIZACIJA

Za klimatizacijo prostorov so izvedeni vsi podometni razvodi – bakrene cevi za prenohladilne tekočine, odvod kondenzata in električni kabli za priklop klimatske naprave. Projektno je predvidena ena zunanja enota na severni strani objekta in ena notranja enota - v jedilnici.

PREZRAČEVANJE

Vsi prostori so prezračevani naravno skozi okna. WC, kopalnica in kuhinja imajo montirane vertikalne odzračne cevi, z možnostjo priključka ventilatorja oz. kuhinjske nape.

STRELOVOD

Objekt je samostojno strelovodno ozemljen preko strešnih in zidnih vodov ter zemeljske ozemljitve.

VAROVANJE OBJEKTA

Hiša ima izdelan podometni razvod instalacije za varovanje objekta.

Priloga 7: Izkaz energijskih lastnosti stavbe

IZKAZ ENERGIJSKIH LASTNOSTI STAVBE

za PGD

Investitor	Alojz Kos, Šentiljska NN, Maribor
Stavba	projekt
Lokacija stavbe	DOLGA VAS, ,
Katastrska občina	DOLGA VAS PRI LENDAVI
Parcelna(e) številka(e)	3050/2
Koordinate lokacije stavbe (X,Y)	X = 161488 km Y = 611460 km
Vrsta stavbe	Šifra: 11100 Enostanovanjske stavbe
Etažnost	ena etaža
Projektant	Academia
Odgovorni vodja projekta	Maja Rožman
Izdelovalec izkaza	Selvedina Selimović
Izdelano na podlagi elaborata	1, 04.07.2017
Datum izdelave izkaza	14.08.2017
Izjavljam, da iz izkaza energijskih lastnosti stavbe izhaja, da stavba dosega predpisano raven učinkovite rabe energije.	
Podpis izdelovalca izkaza:	

Neto uporabna površina stavbe	$A_u = 75,35 \text{ m}^2$
Kondicionirana prostornina stavbe	$V_e = 340,42 \text{ m}^3$
Površina toplotnega ovoja stavbe	$A_o = 233,35 \text{ m}^2$
Oblikovni faktor	$f_o = A_o/V_e = 0,69 \text{ m}^{-1}$

Temperaturni primanjkljaj (za ogrevanje)	DD= 3.300,00 K dni
Temperaturni presežek (za hlajenje)	DH= 0,00 K ur
Povprečna letna temperatura zunanjega zraka T_L	$T_L = 10,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Toplotne prehodnosti elementov ovoja stavbe					
Neprozorni elementi					
Oznaka elementa	Orientac., naklon	Površina (m ²)	U(W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	V, 90	29,75	0,17	0,28	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	J, 90	38,50	0,17	0,28	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	Z, 90	29,75	0,17	0,28	
VHODNA VRATA	V, 90	1,91	0,75	1,60	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	S, 90	38,50	0,17	0,28	
tla na terenu - IZOLACIJA V HORIZONTALNEM DELU		93,50	0,09	0,35	
Prozorni elementi					
Oznaka elementa	Orientac., naklon	Površina (m ²)	U (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
TROSLOJNO OKNO , ZASTEKLITEV U=0,70	S, 90	1,44	0,66	1,30	0,19

Neto uporabna površina stavbe	$A_u = 75,35 \text{ m}^2$
Kondicionirana prostornina stavbe	$V_e = 340,42 \text{ m}^3$
Površina toplotnega ovoja stavbe	$A_o = 233,35 \text{ m}^2$
Oblikovni faktor	$f_o = A_o/V_e = 0,69 \text{ m}^{-1}$

Temperaturni primanjkljaj (za ogrevanje)	DD= 3.300,00 K dni
Temperaturni presežek (za hlajenje)	DH= 0,00 K ur
Povprečna letna temperatura zunanjega zraka T_L	$T_L = 10,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Toplotne prehodnosti elementov ovoja stavbe					
Neprozorni elementi					
Oznaka elementa	Orientac., naklon	Površina (m ²)	U(W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	V, 90	29,75	0,17	0,28	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	J, 90	38,50	0,17	0,28	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	Z, 90	29,75	0,17	0,28	
VHODNA VRATA	V, 90	1,91	0,75	1,60	
3.3.1.00 KONTAKTNA TANKOSLOJNA FASADA	S, 90	38,50	0,17	0,28	
tla na terenu - IZOLACIJA V HORIZONTALNEM DELU		93,50	0,09	0,35	
Prozorni elementi					
Oznaka elementa	Orientac., naklon	Površina (m ²)	U (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
TROSLOJNO OKNO , ZASTEKLITEV U=0,70	S, 90	1,44	0,66	1,30	0,19

Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	- EN ISO 13789, SIST EN ISO 14683 - SIST EN ISO 10211 - s katalogi, računalniškimi simulacijami - na poenostavljeni način
--	---

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunani	Največji dovoljeni
	$H'_{\tau} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T_{\max}} = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$
Letna raba primarne energije	$Q_p = 6.779,73 \text{ kWh}$	$Q_{p_{\max}} = 20.483,25 \text{ kWh}$
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH} = 3.554,33 \text{ kWh}$	$Q_{NH_{\max}} = 3.927,89 \text{ kWh}$
Letni potrebni hlad za hlajenje	$Q_{NC} = 0,00 \text{ kWh}$	$Q_{NC_{\max}} = 5.274,50 \text{ kWh}$
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1 - stanovanjska stavba	$Q_{NH}/A_u = 47,17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$(Q_{NH}/A_u)_{\max} = 52,13 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
	$Q_{NH}/V_e = 10,44 \text{ kWh/m}^3\text{a}$	
2 - nestanovanjska stavba		
3 - javna stavba		

Zagotavljanje obnovljivih virov energije		
	Doseženo (%)	Izpolnjeno (DA/NE)
Osnovni pogoji		
najmanj 25% celotne končne energije je zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov	Vir: Topl. oko. 60 Vir: Vir: Skupaj: 60	DA
Izjeme, ki nadomeščajo osnovni pogoji		
najmanj 25% potrebne energije je iz sončnega obsevanja		
najmanj 30% potrebne energije je iz plinaste biomase		
najmanj 50% potrebne energije je iz trdne biomase		
najmanj 70% potrebne energije je iz geotermalne energije		
najmanj 50% potrebne energije je iz toplote okolja	77	DA

najmanj 50% potrebne energije je iz naprav SPTE z visokim izkoristkom		
stavba je najmanj 50 % oskrbovana iz energetske učinkovitega sistema daljinskega ogrevanja/hlajenja		
letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto uporabne površine, je najmanj za 30 % manjša od mejne vrednosti	90	NE
vgrajenih je najmanj 6 m ² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/(m ² a)		

Kazalniki letne rabe primarne energije za delovanje sistemov

Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe 1- stanovanjska stavba):	$Q_p/A_u = 89,98 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Letna raba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine stavbe (2 – nestanovanjska stavba; 3 – javna stavba):	

Kazalniki letnih izpustov CO₂ zaradi delovanja sistemov

Letni izpusti CO ₂ :	3.593,26 kg
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine stavbe (1- stanovanjska stavba)	47,69 kg/m ² a
Letni izpusti CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine stavbe (2 – nestanovanjska stavba; 3 – javna stavba):	10,56 kg/m ³ a

**ELABORAT GRADBENE FIZIKE ZA PODROČJE
UČINKOVITE RABE ENERGIJE V STAVBAH**

izdelan za stavbo

projekt

Številka projekta: 1

Izračun je narejen v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah in s Tehnično smernico za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije.

Stavba je skladna z zahtevami Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah.

Projektivno podjetje: Academia

Odgovorni vodja projekta: Maja Rožman

Elaborat izdelal: Selvedina Selimović

Maribor, 04.07.2017

TEHNIČNI OPIS

Lokacija, vrsta in namen stavbe

Naselje, ulica, kraj:	DOLGA VAS, ,
Katastrska občina:	DOLGA VAS PRI LENDAVI
Parcelna številka:	3050/2
Koordinate lokacije stavbe:	X = 161488 Y = 611460
Vrsta stavbe:	11100 Enostanovanjske stavbe
Namembnost stavbe:	stanovanjska stavba
Etažnost stavbe:	ena etaža
Investitor:	Alojz Kos Šentiljska NN Maribor

Geometrijske karakteristike stavbe

Površina toplotnega ovoja stavbe A:	233,35 m²
Kondicionirana prostornina stavbe V _e :	340,42 m³
Neto ogrevana prostornina stavbe V:	197,42 m³
Oblikovni faktor f _o :	0,69 m⁻¹
Uporabna površina stavbe A _k :	75,35 m²
Vrsta zidu:	Težka gradnja (≥ 1000 kg/m³)
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov:	na poenostavljen način
Metoda izračuna toplotne kapacitete stavbe:	na poenostavljen način

Projekt je izdelan za novo stavbo oziroma rekonstrukcijo stavbe, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja.

Klimatski podatki

Začetek kurilne sezone (dan)	Konec kurilne sezone (dan)	Temper.primanjkljaj (K dni)	Proj. temperatura (°C)	Energija sončnega obsevanja (kWh/m ²)
265	135	3300	-16	1157

Povprečne mesečne temperature in vlažnosti zraka:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Leto
T	-1,0	2,0	6,0	10,0	15,0	18,0	20,0	19,0	15,0	10,0	4,0	1,0	10,0
p	85,0	75,0	70,0	70,0	70,0	75,0	75,0	75,0	80,0	80,0	85,0	85,0	77,1

Povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka najhladnejšega meseca T_{z,m,min}: **-1,0 °C**

Povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka najtoplejšega meseca T_{z,m,max}: **20,0 °C**

Globalno sončno sevanje (Wh/m ²)																		
		orientacija								orientacija								
nak	mes	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	mes	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
0		1.103	1.103	1.103	1.103	1.103	1.103	1.103	1.103		1.607	1.607	1.607	1.607	1.607	1.607	1.607	1.607
15		702	793	1.018	1.261	1.389	1.311	1.084	833		1.274	1.388	1.696	2.024	2.207	2.116	1.811	1.462
30		519	595	940	1.369	1.614	1.466	1.050	630		740	1.020	1.547	2.134	2.473	2.302	1.737	1.114
45	I	467	497	860	1.421	1.766	1.556	998	517	II	657	796	1.402	2.149	2.621	2.380	1.639	883
60		415	432	784	1.407	1.828	1.572	932	445		584	663	1.246	2.061	2.635	2.342	1.510	741
75		363	378	687	1.329	1.794	1.512	835	388		511	558	1.067	1.891	2.509	2.192	1.336	625
90		311	321	590	1.188	1.663	1.374	728	330		438	472	893	1.629	2.246	1.930	1.147	529
0		2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841		3.944	3.944	3.944	3.944	3.944	3.944	3.944	3.944
15		2.159	2.275	2.582	2.891	3.036	2.940	2.650	2.324		3.236	3.342	3.580	3.788	3.863	3.767	3.551	3.320
30		1.496	1.805	2.388	2.922	3.191	3.015	2.500	1.878		2.598	2.837	3.319	3.690	3.813	3.656	3.270	2.799
45	III	950	1.435	2.172	2.850	3.200	2.973	2.309	1.511	IV	1.889	2.346	3.011	3.471	3.610	3.427	2.944	2.296
60		844	1.177	1.926	2.650	3.056	2.794	2.077	1.250		1.318	1.940	2.669	3.129	3.257	3.076	2.592	1.890
75		738	982	1.663	2.360	2.761	2.509	1.813	1.046		1.128	1.609	2.293	2.696	2.766	2.639	2.218	1.567
90		633	808	1.382	1.961	2.328	2.105	1.522	863		956	1.320	1.891	2.186	2.167	2.130	1.825	1.283
0		4.759	4.759	4.759	4.759	4.759	4.759	4.759	4.759		5.204	5.204	5.204	5.204	5.204	5.204	5.204	5.204
15		4.237	4.341	4.531	4.679	4.704	4.614	4.437	4.270		4.688	4.739	4.859	4.964	4.997	4.957	4.845	4.726
30		3.581	3.793	4.206	4.471	4.493	4.355	4.035	3.661		4.073	4.175	4.458	4.646	4.678	4.636	4.434	4.151
45	V	2.796	3.172	3.806	4.114	4.105	3.959	3.587	2.997	VI	3.311	3.505	3.985	4.193	4.196	4.178	3.949	3.471
60		1.925	2.601	3.341	3.618	3.541	3.442	3.106	2.424		2.443	2.867	3.468	3.624	3.547	3.602	3.423	2.826
75		1.413	2.112	2.832	3.016	2.848	2.841	2.607	1.959		1.722	2.334	2.916	2.970	2.797	2.942	2.872	2.299
90		1.158	1.700	2.296	2.350	2.058	2.198	2.101	1.575		1.380	1.865	2.349	2.279	1.968	2.255	2.314	1.838
0		5.975	5.975	5.975	5.975	5.975	5.975	5.975	5.975		4.823	4.823	4.823	4.823	4.823	4.823	4.823	4.823
15		5.171	5.231	5.412	5.587	5.658	5.607	5.440	5.253		4.094	4.203	4.467	4.714	4.802	4.711	4.461	4.201
30		4.410	4.536	4.949	5.268	5.362	5.295	4.988	4.575		3.325	3.563	4.124	4.559	4.705	4.551	4.113	3.556
45	VII	3.476	3.730	4.410	4.776	4.848	4.798	4.448	3.773	VIII	2.437	2.894	3.709	4.240	4.397	4.227	3.690	2.882
60		2.419	2.988	3.810	4.131	4.119	4.146	3.848	3.034		1.524	2.332	3.243	3.761	3.886	3.745	3.221	2.322
75		1.650	2.380	3.173	3.373	3.243	3.381	3.218	2.445		1.218	1.886	2.740	3.168	3.199	3.149	2.721	1.886
90		1.313	1.865	2.521	2.562	2.250	2.569	2.579	1.941		1.023	1.511	2.214	2.492	2.393	2.474	2.205	1.518
0		3.473	3.473	3.473	3.473	3.473	3.473	3.473	3.473		2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104
15		2.834	2.959	3.264	3.560	3.685	3.576	3.290	2.976		1.515	1.616	1.856	2.093	2.201	2.110	1.880	1.634
30		2.119	2.410	3.005	3.535	3.764	3.569	3.047	2.439		1.026	1.271	1.706	2.139	2.341	2.171	1.753	1.299
45	IX	1.353	1.927	2.710	3.387	3.679	3.432	2.755	1.953	X	827	1.026	1.544	2.105	2.384	2.151	1.603	1.043
60		1.098	1.564	2.383	3.099	3.428	3.149	2.426	1.593		735	864	1.368	1.985	2.321	2.041	1.429	866
75		959	1.284	2.038	2.707	3.017	2.755	2.082	1.314		644	739	1.179	1.791	2.150	1.855	1.230	732
90		821	1.061	1.671	2.214	2.466	2.255	1.716	1.084		551	622	989	1.521	1.876	1.586	1.027	611
0		1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190		907	907	907	907	907	907	907	907
15		808	893	1.059	1.217	1.275	1.196	1.037	883		593	669	836	1.004	1.076	1.003	837	673
30		615	714	994	1.282	1.395	1.246	962	700		481	525	784	1.090	1.229	1.088	789	525
45	XI	554	607	921	1.304	1.461	1.254	879	589	XII	433	452	728	1.135	1.331	1.131	733	449
60		491	532	843	1.273	1.465	1.214	792	510		384	397	668	1.131	1.371	1.127	671	393
75		430	463	745	1.191	1.403	1.128	689	442		337	347	594	1.078	1.345	1.074	594	344
90		369	397	644	1.059	1.275	996	586	377		289	296	515	976	1.249	973	511	293

IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE

Konstrukcija: ravna streha

Notranja temperatura: 20 °C

Vrsta konstrukcije: strop v sestavi ravne ali poševne strehe (ravne ali poševne strehe).

Z		9	1 ZARAŠČENO ZEMLJIŠČE, HUMUS
		8	2 GEOTEKSTIL
		6	3 URSA XPS N-W-I
		4	4 BITUMEN
		3	5 URSA XPS N-W-I
		2	6 PARNA ZAPORA
		1	7 POLIETILENSKA FOLIJA
N			8 BETON 2500
			9 PODALJŠANA APNENA MALTA 1700

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m²K/W
1	ZARAŠČENO ZEMLJIŠČE, HUMUS	12,000	1.700	840	2,100	15	0,057
2	GEOTEKSTIL	0,200	100	840	0,100	1	0,020
3	URSA XPS N-W-I	30,000	30	1.500	0,034	80	8,824
4	BITUMEN	0,300	1.100	1.050	0,170	1.200	0,018
5	URSA XPS N-W-I	10,000	30	1.500	0,034	80	2,941
6	PARNA ZAPORA	0,017	1.330	960	0,190	588.235	0,001
7	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190	80.000	0,001
8	BETON 2500	22,000	2.500	960	2,330	90	0,094
9	PODALJŠANA APNENA MALTA 1700	2,000	1.700	1.050	0,850	15	0,024

Izračun toplotne prehodnosti

$$R_T = R_{si} + d/i + R_{se} + R_u = 0,100 + 11,979 + 0,040 + 0,000 = \mathbf{12,119 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U_c = U + U = 0,083 + 0,000 = \mathbf{0,083 \text{ W/m}^2\text{K}} \quad U_{max} = \mathbf{0,200 \text{ W/m}^2\text{K}}, \quad \text{toplotna prehodnost je ustrezna}$$

Izračun kondenzacije na površini

Kriterij: preprečevanje plesni

Način izračuna: uporaba razreda vlažnosti Razred vlažnosti: stanovanjski prostor z veliko uporabo

Mesec	t_e °C	t_i	p_e Pa	p Pa	p_i Pa	$p_{sat}(t_i)$ Pa	$s_{i,min}$ °C	I °C	R_{si}
Januar	-1,0	85,00	478	1.080	1.666	2.082	18,1	20	0,912
Februar	2,0	75,00	529	972	1.598	1.998	17,5	20	0,861
Marec	6,0	70,00	654	756	1.486	1.857	16,3	20	0,739
April	10,0	70,00	859	540	1.453	1.816	16,0	20	0,599
Maj	15,0	70,00	1.193	270	1.490	1.863	16,4	20	0,277
Junij	18,0	75,00	1.547	108	1.666	2.082	18,2	20	0,075
Julij	20,0	75,00	1.753	0	1.753	2.191	19,0	20	-
Avgust	19,0	75,00	1.647	54	1.707	2.133	18,5	20	-
September	15,0	80,00	1.364	270	1.661	2.076	18,1	20	0,620
Oktober	10,0	80,00	982	540	1.576	1.970	17,3	20	0,727
November	4,0	85,00	691	864	1.641	2.052	17,9	20	0,870
December	1,0	85,00	558	1.026	1.687	2.108	18,3	20	0,913

$$f_{Rsi} = 0,979 > R_{Rsi,max} = 0,9130 \quad \text{konstrukcija ustreza glede površinske kondenzacije}$$

POTREBNA ENERGIJA ZA OGREVANJE STAVBE

Mesec	$Q_{H,tr}$ kWh	$Q_{H,ve}$ kWh	$Q_{H,ht}$ kWh	$Q_{H,int}$ kWh	$Q_{H,sol}$ kWh	$Q_{H,gn}$ kWh	H	H _{gn}	Q_{NH} kWh
Januar	453	217	670	0	2	19	0,03	1,00	651
Februar	351	168	519	0	3	18	0,04	1,00	500
Marec	302	145	447	0	5	21	0,05	1,00	425
April	209	100	309	0	7	23	0,07	1,00	286
Maj	108	52	160	0	8	23	0,14	1,00	136
Junij	42	20	62	0	8	17	0,28	1,00	44
Julij	0	0	0	0	8	18	0,00	0,00	0
Avgust	22	10	32	0	6	16	0,50	1,00	16
September	104	50	154	0	5	20	0,13	1,00	135
Oktober	216	103	319	0	4	21	0,07	1,00	298
November	334	160	494	0	3	19	0,04	1,00	475
December	410	196	606	0	2	19	0,03	1,00	587
Skupaj	2.549	1.222	3.771	0	60	234	0,00	0,00	3.554

Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje stavbe **$Q_{NH} = 3.554 \text{ kWh/a}$** .

Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto kondicionirane površine

$Q_{NH}/A_u = 47,17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Največja dovoljena letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto

kondicionirane površine **$Q_{NH}/A_{u,max} = 52,13 \text{ kWh/m}^2\text{a}$** .

Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje ustreza zahtevam pravilnika.

POTREBNA ENERGIJA ZA HLAJENJE STAVBE

Mesec	$Q_{C,tr}$ kWh	$Q_{C,ve}$ kWh	$Q_{C,ht}$ kWh	$Q_{C,int}$ kWh	$Q_{C,sol}$ kWh	$Q_{C,gn}$ kWh	C	C _{gn}	Q_{NC} kWh
Januar	582	279	861	0	2	19	0,02	0,02	0
Februar	468	224	692	0	3	18	0,03	0,03	0
Marec	431	207	638	0	5	21	0,03	0,03	0
April	334	160	494	0	7	23	0,05	0,05	0
Maj	237	114	351	0	8	23	0,07	0,07	0
Junij	167	80	247	0	8	17	0,07	0,07	0
Julij	129	62	191	0	8	18	0,09	0,09	0
Avgust	151	72	223	0	6	16	0,07	0,07	0
September	230	110	340	0	5	20	0,06	0,06	0
Oktober	345	165	510	0	4	21	0,04	0,04	0
November	459	220	679	0	3	19	0,03	0,03	0
December	539	258	798	0	2	19	0,02	0,02	0
Skupaj	4.073	1.952	6.025	0	60	234	0,00	0,00	0

Letna potrebna energija za hlajenje **$Q_{NC} = 0 \text{ kWh/a}$** .

Letna potrebna energija za hlajenje, preračunana na enoto kondicionirane površine

$Q_{NC}/A_u = 0,00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Največja dovoljena letna potrebna energija za hlajenje, preračunana na enoto

kondicionirane površine **$Q_{NC}/A_{u,max} = 70,00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$** .

Letna potrebna energija za hlajenje ustreza zahtevam pravilnika.

OGREVALNI PODSISTEM

Podsistem ogrevala:	Ogrevalni sistem 1
Vrsta ogrevala:	vgrajena površinska ogrevala
Cona:	Privzeta cona
Standardna temperatura ogrevnega medija:	ploskovna ogrevala 35/28
Regulacija temperature prostora:	neregulirana, samo centralna regulacija vstopne vode
Način vgradnje ogrevala:	ploskovno ogrevanje s povečano toplotno izolacijo
Vrsta sistema:	suhi sistem z majhno talno oblogo
Nazivna moč grelnika zraka:	0,00 W
Nazivna moč črpalke:	0,00 W
Število črpalk:	0
Nazivna moč regulatorja:	0,10 W
Nazivna moč ventilatorja:	10,00 W
Število ventilatorjev:	0
Dodatna električna energija:	$W_{h,em} = 0,56 \text{ kWh}$
Vrnjena dodatna električna energija:	$Q_{rh,em} = 0,56 \text{ kWh}$
V ogrevala vnesena toplota:	$Q_{h,in,em} = 3.554,33 \text{ kWh}$

HLAJENJE

Opis sistema:	Potrebna energija za hlajenje
Energent:	električna energija
Najvišja dopustna notranja temperatura pri projektnih pogojih:	26 °C
Dovoljena notranja temperaturna sprememba:	2,00 °C
Faktor energetske učinkovitosti EER:	3,00 kW/kW
Faktor delne obremenitve PLV:	1,00 kW/kW
Časovni interval delovanja sistema za hlajenje kondenzatorja:	0,00 h
Povprečni faktor učinkovitosti sistema za hlajenje kondenzatorja:	0,00
Vrsta mehanskega prezračevanja:	samo mehansko prezračevanje
Vrsta hladilnega sistema:	RAC sistem
Hladilni sistem:	vodni, 6/12
Vrsta zračnega prenosnika:	DX zračni sistem, kanalni razvod
Sistem hlajenja kondenzatorja:	brez dodatnega glušnika (aksialni ventilator), zaprti krog
Dovedena energija za hlajenje:	$Q_{c,in,g} = 0,00 \text{ kWh}$
Potrebna električna energija za končne prenosnike:	$W_{c,em,aux} = 0,00 \text{ kWh}$
Potrebna električna energija generatorja hladu:	$W_c = 0,00 \text{ kWh}$
Potrebna električna energija za primarni krogotok:	$W_{c,primarni} = 0,00 \text{ kWh}$
Potrebna električna energija za hlajenje kondenzatorja:	$W_{c,f,R,e} = 0,00 \text{ kWh}$
Potrebna električna energija:	$W_{c,d,aux} = 0,00 \text{ kWh}$
Skupna dodatna energija za hlajenje:	$W_{c,g,aux} = 0,00 \text{ kWh}$

RAZSVETLJAVA

Način izračuna: **poenostavljen izračun letne dovedene energije za razsvetljavo za stanovanjske stavbe.**

Vrsta svetil v stavbi: **pretežna uporaba sijalk**

Potrebna energija za razsvetljavo: **$Q_{t,l} = 282,56 \text{ kWh}$**

RAZVOD OGREVALNEGA SISTEMA

Razvodni sistem:
Ogrevalni sistem:
Način delovanja:
Vrsta razvodnega sistema:
Tlačni padec:
Hidravlična uravnoteženost:
Dodatek pri ploskovnem ogrevanju:
Regulacija črpalke:
Moč črpalke:
Namestitev dviznega in priključnega voda:
Izolacija razvodnih cevi:
Namestitev horizontalnega razvoda:
Izolacija zunanjega zidu:
Cone, po katerih poteka razvod:
Dolžine cevi, dolžinska toplotna prehodnost:
Cona Lv - cevi v ogrevanem prostoru
Cona Lv - cevi v neogrevanem prostoru
Cona Ls - cevi v notranji steni
Cona Ls - cevi v zunanjem zidu
Cona Lsl

Razvodni sistem 1
Ogrevalni sistem 1
neprekinjeno delovanje
dvocevni sistem
1,00
hidravlično neuravnotežen sistem
25,00 kPa
ni regulacije
5,00 W
namestitev pretežno v notranjih stenah
cevi so izolirane
horizontalni razvod v ogrevanem prostoru
zunanj zid je izoliran zunaj
Privzeta cona

31,04 m	0,200 W/mK
0,00 m	0,200 W/mK
6,19 m	0,260 m
0,00 m	0,260 / 0,260 W/mK
51,43 m	0,260 w/mK

Potrebna električna energija za razvodni podsistem:
Vrnjene toplotne izgube:
Nevrnjene toplotne izgube:
Toplotne izgube razvodnega sistema:
V razvodni sistem vrnjena toplota:
V okolico koristno vrnjena toplota:
V razvodni sistem vnesena toplota:

$W_{h,d,e} = 70,09 \text{ kWh}$
 $Q_{h,d,rhh} = 39,74 \text{ kWh}$
 $Q_{h,d,uhh} = 0,00 \text{ kWh}$
 $Q_{h,d} = 39,74 \text{ kWh}$
 $Q_{d,rhh} = 17,52 \text{ kWh}$
 $Q_{rhh,d} = 57,30 \text{ kWh}$
 $Q_{h,in,d} = 3.516,32 \text{ kWh}$

PRIPRAVA TOPLE VODE

Opis:
Energent:
Cirkulacija:
Število dni zagotavljanja tople vode v tednu:
Vrsta stavbe:
Površina stanovanja:
Namestitev priključnega voda:
Izolacija razvoda:
Izolacija zunanjega zidu:

Priprava tople vode
električna energija
sistem za toplo vodo s cirkulacijo
7,00
enostanovanjska stavba
93,50 m²
standardni
razvod je izoliran
zunanj zid je izoliran zunaj

Cone, po katerih poteka razvodni sistem:

Dolžine cevi, dolžinska toplotna prehodnost:

Cona Lv - cevi v ogrevanem prostoru
Cona Lv - cevi v neogrevanem prostoru
Cona Ls - cevi v notranji steni
Cona Ls - cevi v zunanjem zidu
Cona Lsl

Privzeta cona

23,17 m	0,000 W/mK
0,00 m	0,000 W/mK
18,58 m	0,000 W/mK
0,00 m	0,000 / 0,000 W/mK
7,01 m	0,000 W/mK

Namestitev hranilnika:

Tip hranilnika:

Dnevne toplotne izgube hranilnika v stanju obrat. priprav.

Namestitev črpalke:

Regulacija črpalke:

Moč črpalke:

**grelnik in hranilnik nista v istem prostoru
z električnim grelnikom neposr. ogrevani**

0,29 kWh

črpalka ni nameščena v ogrevanem prostoru

črpalka ima regulacijo

44,00 W

Potrebna toplota za pripravo tople vode:

Potrebna toplota grelnika za toplo vodo:

Vrnjene toplotne izgube sistema za toplo vodo:

Skupne toplotne izgube sistema za toplo vodo:

Skupne vrnjene toplotne izgube:

Letna dovedena energija za pripravo tople vode:

$Q_w = 1.122,00 \text{ kWh}$

$Q_{w,ou,d} = 1.737,05 \text{ kWh}$

$Q_{rww} = 23,16 \text{ kWh}$

$Q_{tw} = 638,21 \text{ kWh}$

$Q_{w,reg} = 661,37 \text{ kWh}$

$Q_{w,f} = 1.737,05 \text{ kWh}$

FOTONAPETOSTNI SISTEM

Opis:

Način vgradnje:

Korekcijski faktor za upoštevanje nagiba

in smeri PV modula:

Površina modula:

Tip PV sistema:

Vršna moč PV modula:

**Fotonapetostni sistem 1
neprezračevani moduli**

0,00

0,00 m²

monokristaliničen silicij

0,00 kW

Električna energija PV sistema:

$Q_{pv} = 0,00 \text{ kWh}$

TOPLITNA ČRPALKA

Opis:

Vrsta toplotne črpalke:

Tehnologija izdelave:

Namen uporabe toplotne črpalke:

Način delovanja:

Toplotna moč TČ za ogrevanje:

Toplotna moč TČ za pripravo tople vode:

Toplotna moč TČ v simultnem delovanju:

Toplotna črpalka 1

TČ zrak / voda

sodobna TČ

za ogrevanje in za pripravo tople vode

monovalentno

8,00 kW

3,00 kW

3,00 kW

Toplotna moč za ogrevanje in COP pri nazivni obremenitvi

	35 °C				50 °C			
Z.temp.	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C
COP	2,7	3,1	3,7	4,9	2,0	2,3	2,8	3,5
moč	5,76	7,04	8,32	10,88	5,44	6,72	8,00	10,32

Toplotna moč za pripravo tople vode in COP pri nazivni obremenitvi

	35 °C				50 °C			
Z.temp.	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C
COP	2,7	3,1	3,7	4,9	2,0	2,3	2,8	3,5
moč	2,16	2,64	3,12	4,08	2,04	2,52	3,00	3,87

Toplotna moč v simultanem načinu in COP pri nazivni obremenitvi

	35 °C				50 °C			
Z.temp.	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C
COP	2,7	3,1	3,7	4,9	2,0	2,3	2,8	3,5
moč	2,16	2,64	3,12	4,08	2,04	2,52	3,00	3,87

Dnevno število ur delovanje toplotne črpalke:	24,00 h
Najvišja temperatura delovanja TČ:	50,00 °C
Spodnja temperaturna meja izklopa delovanja TČ:	0,00 °C
Bivalentna točka:	3,00 °C
Potrebni čas mirovanja TČ med vklopi v 1 dnevu:	3,00 h
Korekcijski faktor delovanja TČ v simultanem načinu:	1,00
Električna moč na primarnem krogu:	0,00 W
Električna moč na sekundarnem krogu:	0,00 W
Akumulator toplote:	toplotna črpalka ima akumulator toplote
Razvodni sistemi, v katere je vnesena toplota:	Razvodni sistem 1
Temperatura prostora, v katerem je akumulator toplote:	20,00 °C
Temperaturna razlika pri pogojih preizkušanja:	40,00 K
Toplotne izgube akumulatorja v stanju obratovalne pripravljenosti:	0,00 kWh/d
Nazivni volumen hranilnika:	30,00 l
Toplotne izgube hranilnika v stanju obratovalne pripravljenosti:	30,00 kWh/d
Temperatura tople vode:	50,00 °C
Temperatura hladne vode:	25,00 °C
Proizvedena toplota toplotne črpalke:	$Q_{TC} = 5.849,00 \text{ kWh}$
Dodatna energija za delovanje toplotne črpalke:	$W_{TC,aux} = 0,00 \text{ kWh}$
Toplotne izgube sistema toplotne črpalke:	$Q_{TC,l} = 595,62 \text{ kWh}$
Skupna potrebna električna energija:	$E_{TC} = 2.266,04 \text{ kWh}$
Faktor učinkovitosti toplotne črpalke:	$SPF = 2,58$

POTREBNA TOPLOTA

Toplotni dobitki pri ogrevanju	$Q_{H,gn} = 234,70 \text{ kWh}$
Transmisijske izgube pri ogrevanju	$Q_{H,ht} = 3.770,81 \text{ kWh}$
Potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{H,nd} = 3.554,33 \text{ kWh}$
Toplotni dobitki pri hlajenju	$Q_{C,gn} = 234,70 \text{ kWh}$
Transmisijske izgube pri hlajenju	$Q_{C,ht} = 6.024,65 \text{ kWh}$
Potrebna toplota za hlajenje	$Q_{C,nd} = 0,00 \text{ kWh}$
Potrebna toplota za pripravo tople vode	$Q_{W,nd} = 1.122,00 \text{ kWh}$
Potrebna toplota na neto uporabno površino	$Q_{NH}/A_u = 47,17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Potrebna toplota za ogrevanje na enoto ogrevanje prostornine	$Q_{NH}/V_e = 10,44 \text{ kWh/m}^3\text{a}$
Potreben hlad na neto uporabno površino	$Q_{NC}/A_u = 0,00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Potreben hlad na enoto ogrevane prostornine	$Q_{NC}/V_e = 0,00 \text{ kWh/m}^3\text{a}$

DOVEDENA ENERGIJA

Dovedena energija za ogrevanje	$Q_{f,h,skupni} = 4.381,88 \text{ kWh}$
Dovedena energija za hlajenje	$Q_{f,c,skupni} = 57,87 \text{ kWh}$
Dovedena energija za prezračevanje	$Q_{f,v} = 0,00 \text{ kWh}$
Dovedena energija za ovlaževanje	$Q_{f,st} = 0,00 \text{ kWh}$
Dovedena energija za pripravo tople vode	$Q_{f,w} = 1.168,32 \text{ kWh}$
Dovedena energija za razsvetljavo	$Q_{f,l} = 282,56 \text{ kWh}$
Dovedena energija fotonapetostnega sistema	$Q_{f,pv} = 0,00 \text{ kWh}$
Dovedena pomožna energija za delovanje sistemov	$Q_{f,aux} = 163,29 \text{ kWh}$
Dovedena energija za delovanje stavbe	$Q_f = 5.961,28 \text{ kWh}$

OBNOVLJIVI VIRI

toplota okolja	3.582,96 kWh
----------------	---------------------

PRIMARNA ENERGIJA

električna energija	6.779,73 kWh
---------------------	---------------------



Mounting systems for solar technology

S-Rock System 15°

Save valuable work time, shipping weight and volume. In this system, all aspects of preparation and handling have been optimised. The result is an innovative flat roof mounting system, that will impact future developments in the marketplace.



Suitable for all flat roofs



Single-sided flat roof system



Completely available as palletised goods



EXHIBITION PREVIEW
S-ROCK SYSTEM

S-Rock Exhibition Preview EN V1 | 0416 - Subject to modifications

Priloga 10: Katalog ECO line 300W

Solar Module
Manufacturer
Since 2004

 **LUXOR**
the sunshine people



15
YEARS
product guarantee¹

25
YEARS
linear performance
guarantee¹



ECO LINE
M60/ 300 - 320 W

Monocrystalline module family



Longlife tested



Power proofed



Safety provided



Selection of
components



Cross-linking
degree test



Performance surplus
of 0 Wp to 6.49 Wp



Impv
sorting



Special packing to
avoid micro cracks
in the cells



German
warrantor

The 60-cell module is the large-size all-rounder among the Luxor solar modules. Eco in this case means especially economical: The high wattage makes the module the ideal solution for industrial scale equipments. From the open-field facilities, through the tracking system, to the roof-mounted installation. High-quality solar cell with highest efficiency at the best possible low light behaviour ensure the best energy output. And this at plus tolerances of 0Wp to 6.49Wp.

Further high-end components: An especially durable plug-in connection guarantees the best power contact under all conditions, and the hollow-section frame made of anodised aluminium and compatible with every assembly system, is torsionally stiff and corrosion-free. Manufactured according to German standards each Luxor solar module is marked by a special level of durability and reliability.

Luxor Solar GmbH | Theodor-Heuss-Straße 30 | 70174 Stuttgart | Germany | T+49. 711. 88888-999 | info@luxor-solar.com | www.luxor-solar.com

Priloga 11: Tehnične specifikacije ECO line 300W

ECO LINE M60/300 - 320W

Monocrystalline module family

Module type LX - XXXM/156-60+ | XXX = Rated power P_{mp}

Electrical data at STC

Rated power P _{mp} [Wp]	300.00	305.00	310.00	315.00	320.00
P _{mp} range to	306.49	311.49	316.49	321.49	326.49
Rated current I _{mp} [A]	9.35	9.41	9.47	9.53	9.59
Rated voltage V _{mp} [V]	32.14	32.45	32.81	33.13	33.45
Short-circuit current I _{sc} [A]	9.85	9.90	9.95	10.00	10.05
Open-circuit voltage U _{oc} [V]	38.78	38.97	39.17	39.36	39.56
Efficiency at STC	18.47%	18.77%	19.10%	19.41%	19.73%
Efficiency at 200 W/m ²	17.78%	18.06%	18.34%	18.63%	18.93%

Electrical data at NOCT

P _{mp} [Wp]	221.68	225.18	228.89	232.51	236.19
Rated current I _{mp} [A]	7.48	7.53	7.58	7.63	7.67
Rated voltage V _{mp} [V]	29.64	29.91	30.21	30.49	30.77
Short-circuit current I _{sc} [A]	7.88	7.92	7.96	8.00	8.04
Open-circuit voltage U _{oc} [V]	35.76	35.92	36.07	36.23	36.39

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000 W/m² | module temperature 25°C | AM = 1,5
NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800 W/m² | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | AM = 1,5

Limiting values

Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	15 A
Temperature range	-40 to 85°C
Snow-load zone ²	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static) [Pa]	5400
Max. dynamic load [Pa]	2400

Temperature coefficient

Temperature coefficient [V] [I] [P]	-0.30% /°C 0.06% /°C -0.40% /°C
---	-------------------------------------

Specifications

Number of cells (matrix)	6 x 10, three strings in a row 156 mm x 156 mm
Module dimensions (L x W x H) ² Weight	1640 mm x 992 mm x 35 mm 18.5 kg
Front-side glass	3.2 mm hardened solar glass with low iron content
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design
Socket	plastic (PPO), ventilated and strain-relieved, at least IP65
Cable	4 mm ² solar cable, cable length 1.0 m
Diodes	3 Schottky Diodes 15A/45V
Plug-in connection	high-quality plug-in system, (IP67) MC4 or equivalent
Hail test (max. hailstorm)	Ø 45 mm impact velocity 23 m/s

The specifications and average values can vary slightly. What is important is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measurement tolerance: rated power +/- 3%, other values +/- 10%, all information in this data sheet corresponds to DIN 50380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here, other information can be found in the installation guidelines.

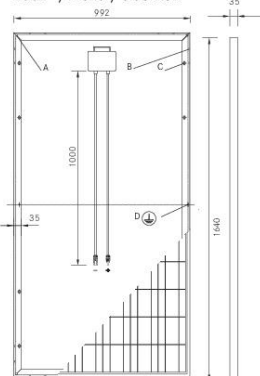
1 The specific warranty conditions are given under www.luxor-solar.com/download.htm

2 For standing installation

3 Tolerance L/W = +/- 3 mm, H = the dimensions given in the order confirmation will be decisive

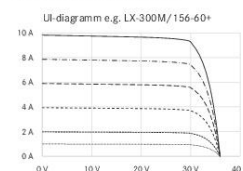
4 Location on request

Back - / Front - / Side view³

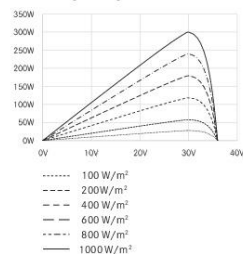


A: 4 x drainage 10*10 mm
B: 8 x ventilation aperture 3*7 mm
C: 8 x mounting hole⁴ d = 7 mm
D: 2 x earthing d = 2 mm

Electrical characteristics



UP-diagram e.g. LX-300M/156-60+



Luxor, your specialised company

Guidelines: 2006/95/EG-2006/95/EC, 89/336/EEG-89/336/EEG, 93/68/EEG-93/68/EEG



IEC
IEC 61215
IEC 61730



The validity of the certificates/strings for a specific country has to be examined under:
www.luxor-solar.com/download.htm

Eco Line M60/300-320W_05/17

Data Sheet



Vegetation Mat Type S/Coc

Pre-cultivated sedum-vegetation mat on a coconut fabric carrier



Technical details and properties:

Material: degradable coconut fabric with a substrate layer and pre-cultivated Sedum-vegetation

Thickness: approx. 30 mm

Weight (when saturated): approx. 22.5 – 25 kg/m²

Composition:

Sedum album, various types: Sedum album` Coral Carpet` ; Sedum sexangulare; Sedum hispanicum; Sedum lydium; Sedum reflexum; Sedum spurium in different types, Sedum Immergrünchen

Delivery form:

Rolled mats on special pallets Standard dimension: 1.2 x 2 m
Customised sizes on request Length: 2 – max. 5 m

Quantity per delivery unit: max. 50 m²/pallets

Area of use:

- On pitched roofs of up to 20° max. pitch equipped with a slip-proof substructure
- Layer build-up height in areas prone to wind drift at least 7 cm

Installation

Compact the substrate until crush-resistant; lay mats abutted with offset joints;
Do not stretch mats lengthways. Water thoroughly on day of delivery.
(See also the Optigreen installation guide)

Storage:

Remove transport packaging immediately on delivery and lay on prepared substrate. Unrolled mats will keep for 1-2 weeks at the most with sufficient irrigation and exposure to daylight.

The preceding details are guideline values established under laboratory conditions. These values are subject to a certain manufacturing tolerance. The data contained in this product information sheet represents Optigreen's technical knowledge at the time of publication. Optigreen reserves the right to change and update details in accordance with new insights and to modify specified properties accordingly. Errors and omissions excepted.

Optigreen Limited
235 Old Marylebone Road
London NW1 5QT

Phone: +44 (0) 203 5899 400
E-Fax: +44 (0) 207 117 1664

www.optigreen.co.uk
www.optigreen.com

Data Sheet



PV Module Support Profile Type Sun-Root 30

Plastic base plate for securing solar modules angled at 30° and held in place by a super-imposed load on green roofs without penetrating the roof waterproofing. Made from deep-drawn recycled HDPE with water storage function and drainage channel system on



Technical details and properties:

Material: Recycled HDPE, black

Dimensions:

Length: 2.30 m
Width: 1.32 m
Height: 0.70 m

Weight: 19 kg/pc

Specific properties:

- Static calculation of the support structure as per DIN 1055 Part 4
- Wind suction properties tested in a wind tunnel
- Penetration-free roof installation
- Plantable
- allowed for local snow loads up to max. $s_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$ (230 kg/m²)

Optional accessories:

- Aluminium profile rails including fasteners for fitting solar modules
- Expandable attachment for adjusting the angle by +/- 20° (Root-Flex)

Fill volume: Approx. 34 l/panel

Delivery form: Stacked on special pallets

Quantity per delivery unit: Up to 21 units on each special pallet

Area of use: On planned green or gravel roofs with solar power modules

Installation

- Position and align on an RMS 500 protective surface in accordance with the Optigreen installation drawing
 - Fasten the aluminium profile rails to the Sun-Root
- Apply substrate immediately after installation to protect against wind drift
Alternatively, fill panels with water instead of substrate
(recommendable in summer for cooling)

(See also the Optigreen installation instructions)

Storage:

Store flat and dry

The preceding details are guideline values established under laboratory conditions. These values are subject to a certain manufacturing tolerance. The data contained in this product information sheet represents Optigreen's technical knowledge at the time of publication. Optigreen reserves the right to change and update details in accordance with new insights and to modify specified properties accordingly. Errors and omissions excepted.

Optigreen Limited
235 Old Marylebone Road
London NW1 5QT

Phone: +44 (0) 203 5899 400
E-Fax: +44 (0) 207 117 1664

www.optigreen.co.uk
www.optigreen.com