



ŠOLSKI CENTER CELJE
SREDNJA ŠOLA ZA GRADBENIŠTVO
Pot na Lavo 22
Celje 3000



Avtorji: Gašper PLASKAN, 3.b
Matic ČOH, 3.b
Matic NARALOČNIK, 3.b

Mentor: prof. Arnold LEDL, u.d.i.a.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, marec

VSEBINA

UVOD	6
POVZETEK	7
PASIVNA HIŠA	8
NAČRTOVANJE PASIVNE HIŠE	9
Standard pasivne hiše	10
TOPLOTNA BILANCA PASIVNE HIŠE	10
Vrste toplotnih izgub	11
Transmisijske toplotne izgube	11
Prezračevalne toplotne izgube	12
Vrste toplotnih dobitkov	12
Dobitki sončnega obsevanja	12
Dobitki notranjih virov	13
Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje	14
UGODJE V PASIVNI HIŠI	15
EKOLOŠKO OSVEŠČENO BIVANJE	17
EKOLOŠKA IZBIRA GRADIV	17
OSNOVNA NAČELA PRI NAČRTOVANJU PASIVNE HIŠE	19
Orientacija	19
Shranjevanje sončne energije	20
Oblika zgradbe	21
Toplotna hierarhija prostorov	21
Toplotna izolacija	22
Zastekljene površine	23
Vgradnja oken	25
Rolete in žaluzije	26
Vhodna vrata	27
Vetrolov	28
TOPLOTNI MOSTOVI	29
Načrtovanje detajlov	32
Stopniščna rama proti neogrevani kleti	36
ZRAKOTESNOST	37
Načrtovanje zrakotesnosti ovoja	37
Kontrola zrakotesnosti stavb	38
PREZRAČEVANJE	39
OGREVANJE	42
Kompaktni toplotni moduli	42
Toplotna črpalka	43
Zemeljski kolektor	45
Zemeljska sonda	45
Podtalna voda	46
Zunanji zrak	46
Pretvarjanje sončne energije	46
Sprejemniki sončne energije	46
Sončne celice	48
ZAKLJUČEK	51
GLOSAR	52
VIRI IN LITERATURA:	55

KAZALO SLIK

Slika 1: Pasivna hiša.....	8
Slika 2: notranji vir toplote, evidentiran s termografsko kamero - površine teles,	13
Slika 3: Temperatura notranje površine ob enakih robnih pogojih (zunanja temperatura -5°C in notranja +20°C) pri neizolirani (levo) in izolirani zgradbi (desno)	16
Slika 4: Slama - toplotna izolacija.....	18
Slika 5: Les - gradbeni material	18
Slika 6: Orientacija proti jugu in krožna zasnova zgradbe omogočata izrabo sončne energije z uporabo zastekljenih površin, prosojne toplotne izolacije, sprejemnikov sončne energije in sončnih celic, energijsko samozadostna hiša	20
Slika 7: Enodružinska pasivna hiša.....	21
Slika 8: Pasivni stanovanjski blok.....	21
Slika 9: Pasivna hiša z zeleno streho.....	21
Slika 10: Shematičen prikaz sestave stene s prosojno toplotno izolacijo	23
Slika 11: Okno s trojno zasteklitvijo	25
Slika 12: montaža okna na masiven zid: vgrajena na konzole v liniji toplotne zaščite, potem tesnenje z elastičnim trakom, nato se vgradi fasadna toplotna zaščita (20-25cm).....	26
Slika 13: Detajl toplotnega mostu pri oknu.....	26
Slika 14: Detajl vgradnje roloja pri montažni gradnji masivni gradnji	27
Slika 15: Detajl vgradnje roloja pri	
Slika 16: Termografska slika fasade zgoraj v vidnem spektru, spodaj v infrardečem spektru prikazani toplotni mostovi ni izrazitih toplotnih mostov.....	30
Slika 17: Toplotni ovoj zgradbe mora biti neprekinjen.....	32
Slika 18: Stik notranje stene in talne plošče.....	35
Slika 19: priključek stene toplotnega ovoja zgradbe proti neogrevani kleti	35
Slika 20: Toplotni most pri stopniščni rami (levo) in ukrepa za prekinitev toplotnih mostov	36
Slika 21: Stopniščna konstrukcija je termično ločena od toplotnega ovoja zgradbe	36
Slika 22: Če se na steni in medetažni plošči pojavi toplotni most (kar dokaže izračun), se AB .. plošča ob robovih dodatno izolira	
Slika 23: Neprekinjen zrakotesni ovoj	38
Slika 24: Rekuperator.....	41
Slika 25: Shema toplotne črpalke.....	42
Slika 26: Zemeljski kolektor	45
Slika 27: Polaganje zemeljskega kolektorja.....	45
Slika 28: Izkoriščanje toplote zemlja -toplotna sonda	45
Slika 29: Vakumski sončni kolektor	47
Slika 30: Sočni moduli za proizvodnjo elektrike	48
Slika 31: Shema delovanja silicijeve sončne celice	49

KAZALO GRAFOV

Grafikon 1: Primerjava porabe energije v objektih 9

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prikazane vrednosti za U_g in g zvočne izolacije trojne zasteklitve 24

ZAHVALA

V raziskovalno nalogo smo vložili precej truda in časa. Obdelati je bilo potrebno precej gradiv, kar nam brez pomoči ne bi uspelo. Ob strani so nam stali različni ljudje z različnimi nazivi in pogledi na svet pa vendarle je bil njihov cilj isti – pomagati nam kolikor lahko in smejo.

V prvi vrsti naj omenimo našega mentorja prof. Arnolda Ledla, ki nas je zalagal z gradivom, nam svetoval in nas kritiziral. Poleg njega je levji delež opravil prof. Igor Kastelic, ki nam je nudil tehnično podporo in svetovanje. Prav tako nam je pomagal tudi prof. Smiljan Čujež. Kot vedno pa se moramo zahvaliti tudi staršem, ki so nam nudili prevoz ob najbolj nemogočih urah ter nam omogočili šolanje. Hvala še enkrat!

UVOD

Pri načrtovanju pasivne hiše nas pogosto zanima, koliko je takšna gradnja dražja v primerjavi z gradnjo klasične hiše. Lahko sicer menimo, da so nizkoenergijske in pasivne hiše samo modni trend in igrčkanje ekološko pretirano osveščenih zanesenjakov, toda čedalje dražja energija in vedno hujši problemi zaradi onesnaževanja okolja dokazujejo, da gre za življenjsko nujnost. Čim nižja poraba energije za ogrevanje zgradb in s tem čim nižje emisije škodljivih plinov bodo kmalu postale enako pomembne stvari - in tudi samoumevne - kot sta čim nižja poraba goriva pri avtomobilih in vgradnja katalizatorjev. Želja po energetski neodvisnosti je z vsako podražitvijo energentov večja. Zgraditi hišo, ki v enem letu porabi le toliko energije, da je letni strošek za energijo manjši od mesečnega računa za ogrevanje v stanovanju v bloku, je bilo pred nekaj leti le plod domišljije, danes pa je to s pomočjo tehniških rešitev mogoče.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi smo opisali glavne značilnosti pasivnih hiš. Iz napisanega lahko sklepamo, da je pasivna hiša, hiša prihodnosti, saj za ogrevanje porabimo desetkrat manj energije kot pri klasični hiši. Za osnovo smo vzeli knjigo doc. dr. Martine Zbašnik Senegačnik Pasivna hiša, zato je razčlemba poglavij precej podobna kot v knjigi.

Pasivna hiša je hiša, ki za delovanje porabi 15kWh/m^2 na leto ali manj. Seveda mora izpolnjevati še druge standarde. Zelo pomembno je, da je kvalitetno ni izdatno toplotno izolirana in zrakotesna. Da bi dosegli tako majhno porabo, moramo upoštevati zakonitosti gradnje po tem standardu:

- debelejša izolacija zunanjih sten, strehe in tal do terena,
- okna s trojno zasteklitvijo in majhnim faktorjem toplotne prevodnosti
- visoko učinkovit sistem prezračevanja z izmenjavo toplote in napredna ogrevalna tehnika.

Pomembna je tudi orientacija objekta ter natančna izvedba s čim manj toplotnimi mostovi.

Bolj kot zadostimo naštetim potrebam, manjše bodo potrebe po dovajanju dodatne energije v hišo in bolj bo pasivna hiša služila svojemu namenu.

Z izgradnjo energetske učinkovitih objektov, tako stanovanjskih kot tudi poslovnih, lahko neposredno pripomoremo k zmanjšanju porabe primarne energije, varovanju okolja in energetske odvisnosti države od dobaviteljev energentov.

PASIVNA HIŠA

Pasivna hiša je dobro izolirana hiša . Odlikuje jo visoka energetska učinkovitost, nižja toplotna prevodnost ovoja, višje temperature notranjih obodnih površin pozimi, enakomerna klima v prostoru, nižja temperatura za ogrevanje zraka ob istem občutju ugodja z manj porabljenе energije . Za udobno in zdravo notranjo klimo, ki zagotavlja potrebno bivalno okolje brez klasičnih ogrevalnih sistemov ali klimatskih naprav je obvezna uporaba prezračevanja za kroženje in menjavo zraka v prostorih. Zaradi nizkih potreb po ogrevanju se pogosto uporabljajo toplotne črpalke v kombinaciji s sončnimi zbiralniki za pripravo ogrevalne in sanitarne vode ter hlajenje. Letna poraba toplote za ogrevanje zgradbe je lahko največ 15kWh/(m²a).

Koncept pasivne hiše ni način ali slog gradnje, ampak gradbeni standard. Da bi dosegli merila pasivne hiše moramo upoštevati tri glavne značilnosti:

- ✓ odlično izolirani ovoj zgradbe
- ✓ zrakotesna gradnja
- ✓ sončni vnos toplotne energije

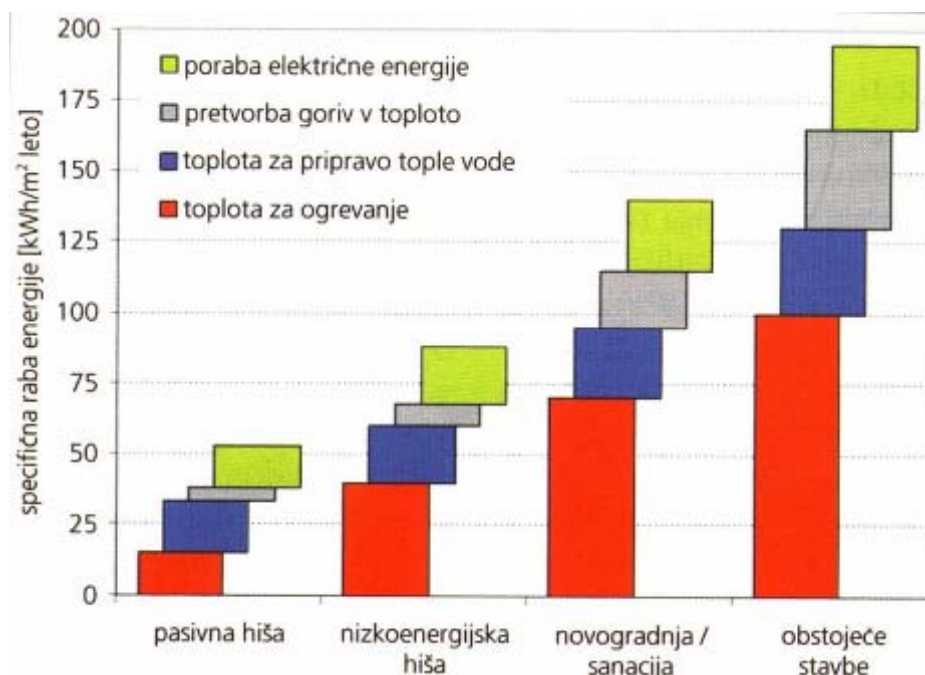


Slika 1: Pasivna hiša

NAČRTOVANJE PASIVNE HIŠE

Pri načrtovanju pasivne hiše moramo upoštevati želje investitorja (površina, funkcija, finančna sredstva ...), ki pogosto ni navdušen nad tem, da bo zgradba 8 – 12% od klasične gradnje, zaradi kvalitetnejše gradnje in materialov. Posledično pasivna hiša zagotavlja udobnejše bivanje, stroški v boljše naprave pa se povrnejo zaradi prihrankov energije pri ogrevanju in zagotavljanju ugodne klime v objektu.

Načrtovanje pasivne hiše vključuje pasivne in aktivne ukrepe. Pasivni sistemi obsegajo predvsem naravne danosti okolja (teren, osenčenost, meteorološke posebnosti itd,...) in primerno arhitekturno zasnovo (oblika zgradbe, optimalna debelina toplotne izolacije, vgradnja energijsko učinkovitih oken,...). Na tak način dosežemo 10 krat manjšo porabo energije za ogrevanje kot pri klasični gradnji (če bi npr. pasivno hišo ogrevali s kurilnim oljem, bi za 200m² porabili 300 litrov kurilnega olja).



Grafikon 1: Primerjava porabe energije v objektih

Standard pasivne hiše

Izvedba pasivnih hiš postavlja visoke zahteve za uporabljene komponente:

- toplotna zaščita: toplotna prevodnost U vseh gradbenih elementov je pod $0,15\text{W/m}^2\text{K}$, pri prostostoječi enodružinski hiši se priporoča pod $0,10\text{W/m}^2\text{K}$
- izvedba brez toplotnih mostov ($\psi \leq 0,01\text{W/mK}$)
- zrakotesnost, kontrolirana s tlačnim preizkusom po DIN EN 13829 – vrednost n_{50} pri 50Pa tlačne razlike ne sme presegati $0,6\text{h}^{-1}$
- zasteklitve z U_w pod $0,8\text{W/m}^2\text{K}$, pri visokem faktorju prehoda celotnega sončnega sevanja ($g \geq 50\%$ po DIN 67507), tako da so tudi pozimi možni neto dobitki toplote
- okenski oviri z U_f pod $0,8\text{W/m}^2\text{K}$ po DIN EN 10077
- poraba električne energije za pogon prezračevalne naprave $\leq 0,4\text{Wh/m}^3$ prečrpanega zraka
- najnižje toplotne izgube pri pripravi in distribuciji sanitarne vode
- učinkovita izraba elektrike v gospodinjstvu (stroji in naprave iz energijskega razreda A in A+).

TOPLOTNA BILANCA PASIVNE HIŠE

Za zunanji zaključni ovoj velja energijska bilanca: " Manjši seštevek vseh dotekajočih energijskih tokov (dobitkov) pomeni oz. povzroči glede na vsoto odtekajočih energijskih tokov (izgube) spremembo energije v zgradbi."

Če upoštevamo zadostno časovno obdobje (celoletno) ali stalno ponavljajoče se vremenske pogoje, lahko energijsko bilanco poenostavimo: "**Vsota vseh energijskih dobitkov v ovoju je enaka vsoti vseh energijskih izgub.**"

Na levi strani letne energijske bilance so prikazane izgube toplote, na desni strani pa so dobitki. Letna poraba ogrevane toplote se izračuna kot vsoto izgub in vsoto prostih toplotnih dobitkov (brezplačni solarni dobitki in notranji toplotni izvori). Na tej sliki je prikazana letna toplotna bilanca pasivne hiše.

Vrste toplotnih izgub

Ločimo dve vrste toplotnih izgub:

- ✓ transmisijske izgube
- ✓ prezračevalne izgube

Transmisijske toplotne izgube

Pri ogrevanih stavbah prehaja toplotna energija skozi elemente ovoja stavbe na tri načine:

- ✓ s kondukcijo (prevajanjem)
- ✓ s konvekcijo (kroženjem)
- ✓ z radiacijo (sevanjem)

Kondukcija in konvekcija materiala imata svojo **združeno karakteristiko**:

- ✓ **toplotno prevodnost** materiala (λ ; W/mK), sevanje pa je odvisno od emisivnosti (barve) in temperature površine. ko lastnosti materialov združimo z debelinami posameznih materialov in toplotno prestopnostjo na stiku z zunanjim in notranjim zrakom dobimo lastnost celotnega sklopa elementa ovoja stavbe.
- ✓ **toplotno prehodnost** (U; W/m²K). torej so toplotne izgube, ki nastanejo s transmisijo, odvisne od izbire materialov in njihove debeline.

Transmisijske izgube so tem manjše, čim bolj je ovoj stavbe izoliran in čim manj je toplotnih mostov.

Prezračevalne toplotne izgube

Prezračevalne toplotne izgube so izgube zaradi izmenjave zraka med zgradbo in okolico. Nastajajo pri namenskem prezračevanju (prezračevanje skozi okno, mehansko prezračevanje) ali nenamenskem in nezaželenem prezračevanju (prezračevanje skozi fuge, špranje). Zrakotesna okna in ovoj zmanjšata prezračevalne izgube, vendar s tem tudi onemogočita dovajanje potrebne količine svežega zraka v zgradbo. Zato so pri pasivni hiši obvezne naprave za dovod in odvod zraka z rekuperacijo toplote.

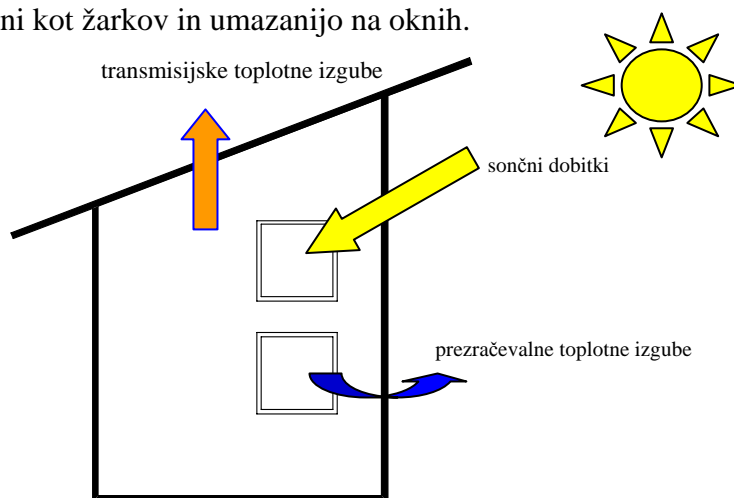
Vrste toplotnih dobitkov

Ločimo dve vrste toplotnih dobitkov:

- ✓ dobitki sončnega obsevanja (sonce)
- ✓ dobitki notranjih virov

Dobitki sončnega obsevanja

Dobitki zaradi sončnega obsevanja se dovajajo v stavbo skozi vse obsevane površine (steklene površine, stene, streho...). Količina dobitkov sončnega obsevanja je odvisna od orientacije, zasteklitve in njihove velikosti. Največje dobitke sončnega obsevanja pričakujemo na južni strani, manj na vzhodnih in zahodnih. Pri izračunavanju sončnih dobitkov, moramo upoštevati še senčenje, vpadni kot žarkov in umazanijo na oknih.

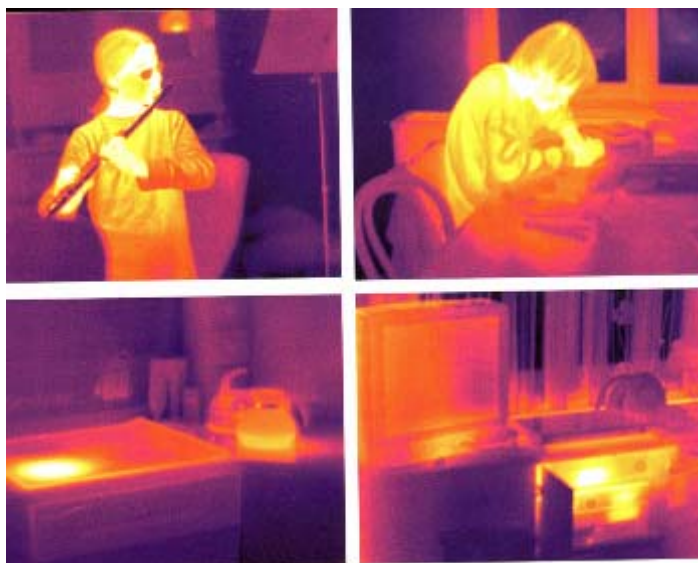


Dobitki notranjih virov

Pri notranjih virih se upoštevajo:

- ✓ število oseb
- ✓ intenziteta aktivnosti (mirovanje, gibanje)
- ✓ električna energija (ne za ogrevanje)
- ✓ oddana toplota energijsko učinkovitih hišnih naprav, toplota sanitarne vode, izhlapevanje oz. izparevanje npr. vlažnost iz lončnic.

Notranji viri so pogosto zelo precenjeni, kar vodi k nizki računski letni porabi toplote, zlasti pri pasivnih hišah.

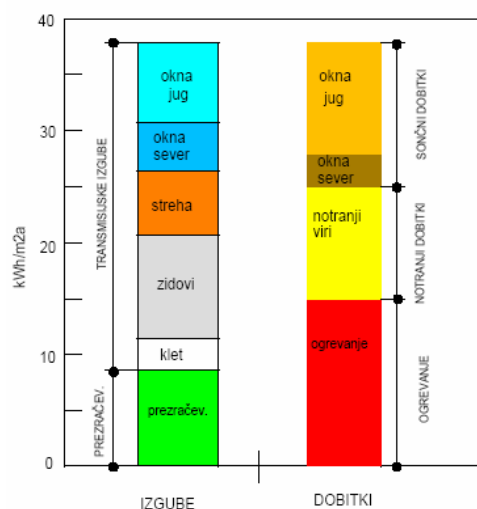


Slika 2: notranji vir toplote, evidentiran s termografsko kamero - površine teles, ki imajo višjo temperaturo in oddajo več toploto v okolico, so obarvane rumeno do oranžno.

Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje

Pri izračunu toplote, ki je potrebna za ogrevanje, se najprej določijo vrednosti transmisijskih in prezračevalnih izgub skozi toplotni ovoj zgradbe. Od teh se odštejejo pričakovani odbitki notranjih virov in sončnega obsevanja. Razlika je letna potrebna toplota za ogrevanje. Ta ne sme presežati $15\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. To potrebo po toploti pokrije ogrevalni sistem.

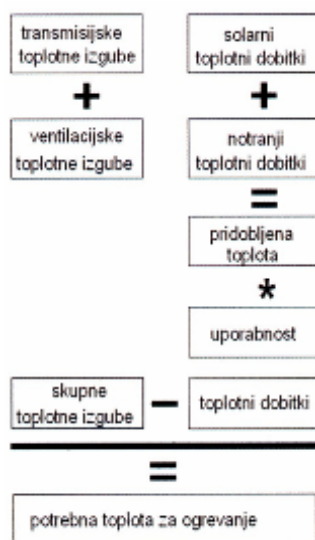
Toplotno bilanco opredelimo kot:



VSOTA VSEH ENERGIJSIH DOBITKOV

(dobitki sončnega obsevanja + dobitki notranjih virov + toplote iz ogrevalne naprave) v ovoj zgradbe je enaka vsoti vseh transmisijskih izgub (transmisijske toplotne izgube + prezračevalne toplotne izgube).

Letna potrebna toplota za ogrevanje zgradbe ne sme presežati $15\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Pri porabi, ki bi presežala to vrednost, toplozračno ogrevanje ne bi več zadostovalo, zgradba bi za zagotavljanje temperaturnega ugodja potrebovala klasični ogrevalni sistem.



UGODJE V PASIVNI HIŠI

Telo odvaja toplotni tok v okolico s sevanjem, konvekcijo, prevodom in izhlapevanjem vode skozi kožo in dihalne poti. Hkrati toploto tudi sprejema iz zraka, sevalnih površin, ki telo obdajajo in z dotikanjem predmetov v okolici. Za ugodno počutje mora biti odvedeni toplotni tok iz telesa enak nastalemu toplotnemu toku v njem. Če se iz telesa odvaja večji toplotni tok, se pojavi občutek hladu, če pa je odvedeni toplotni tok manjši od nastalega v telesu, človeku postane vroče. Telo se odziva na taka stanja z drgetanjem – mraz (ogrejemo se z delovanjem mišic) ali znojenjem - vročina (oddajamo toploto z uparjanjem vode na površini kože) .

Za temperaturno ugodje človeškega telesa je odločilna temperatura okolice. Le v redkih klimatskih razmerah je za temperaturno ravnovesje potrebna le človeška koža. V večini primerov je treba temperaturno ugodje uravnovati z drugimi ukrepi. Prvi ukrep, ki zagotavlja telesu temperaturno ravnovesje je obleka. V tej prvi coni ugodja, prostorom med kožo in obleko, ki ima izolativno funkcijo, mora biti temperatura 27 – 29° C. Druga cona ugodja je področje med obleko in okolico (primerno za notranje prostore), kot se velikokrat imenuje ovoj zgradbe. Pogoji v tej coni se označujejo kot prostorska klima.

Temperaturno ugodje v notranjih prostorih je najprej odvisno od človekove obleke. Obleka, ki ima izolativno funkcijo, je odvisna od kulture oblačenja in je zelo spremenljiva. Omogoča bivanje pri različnih temperaturah, ki naj bi jih imel prostor za zagotavljanje ugodja.

Standard ISO 7730 v konvencionalnih hišah opredeljuje ugodne pogoje za običaje oblačenja v notranjih prostorih:

v zimskem času 20 – 24°C in

v letnem času od 23 – 26°C.

Te temperature zraka in notranjih površin zagotavlja mora zagotavljati ovoj stavbe. Toplotno ugodje je odvisno tudi od fizične aktivnosti.

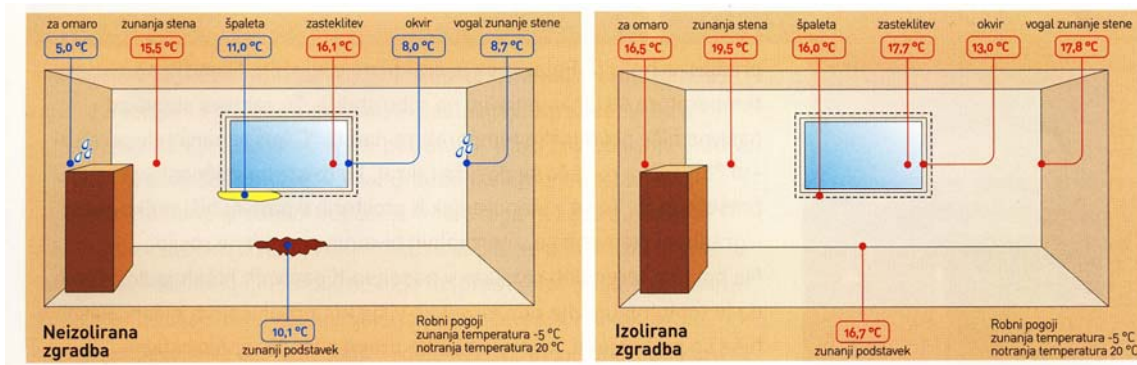
Pri pasivnih hišah so priporočene temperature v prostoru nižje, kot v običajnih hišah (18-20°C). Pogosto se pojavlja vprašanje, kakšno ugodje je v hiši, ki je popolnoma zaprta, (zrakotesna) in ogrevana na tako nizke temperature.

Odgovor je preprost – ugodje v pasivni hiši je večje kot pri običajni hiši.

Za utemeljitev te trditve je treba pojasniti nekaj fizikalnih dejstev:

Temperatura notranjih površin so le malo nižje od temperature zraka v prostoru

Pri pasivnih hišah ni grelnih teles, ki bi zmanjševale asimetrijo sevalne temperature. To pomeni, da morajo biti zgradbe ustrezno toplotno izolirane, vgrajena okna pa morajo imeti toplotno prehodnost $U \leq 0,8 \text{ W(m}^2/\text{K)}$.



Slika 3: Temperatura notranje površine ob enakih robnih pogojih (zunanja temperatura -5°C in notranja $+20^{\circ}\text{C}$) pri neizolirani (levo) in izolirani zgradbi (desno)

Operativna temperatura

Je srednja vrednost temperature zraka v prostoru in srednje sevalne temperature. V pasivnih hišah z zasteklitvami pod $0,8 \text{ W(m}^2/\text{K)}$ je operativna temperatura zelo enakomerna. Tudi v neposredni bližini okna je temperatura le nekoliko nižja od operativne temperature (35cm od okna le $0,75\text{K}$ pod temperaturo zraka v prostoru). To pomeni, da je toplotno ugodje primerno tudi v bližini oken, kjer se v običajnih hišah čuti hladen vlek.

Gibanje zraka v prostoru

Zrak se v prostoru giblje. V hladnih površinah se ohlaja in se zaradi večje gostote začne spuščati, nato se pomika vzdolž tal in ko se spet ogreje se začne dvigati. Pri običajnih hišah, kjer je hladilnih površin več, se zrak giblje sorazmerno hitro, kar zmanjšuje toplotno ugodje. Hladen zrak pri tleh povzroča hladne noge, pretok zraka pa povzroča neugodje, zlasti pri nižjih temperaturah. Toplotno ugodje v prostoru se izboljša z razporeditvijo grelnih teles pod oknom ali pod njim. Grelne površine poskrbijo za toplotni vzgon zraka pod oknom, smer gibanja zraka se s tem obrne in temperatura pri tleh se zviša.

Pri pasivni hiši so temperature notranjih površin, vključno z zasteklitvami, tako visoke, da je gibanje zraka v prostoru minimalno, s tem pa se tudi pri nižjih temperaturah zraka doseže toplotno ugodje.

Pojav rosenja

V pravilno grajeni pasivni hiši imajo najslabšo izolativnost okna $U_w \leq 0,8 \text{ W(m}^2\text{/K)}$. Površinska temperatura na notranji steni je tudi pri zunanji temperaturi -10°C še vedno približno 17°C . Do pojava rose bi na teh površinah prišlo šele v primeru, če bi relativna vlažnost v prostoru presegla 85%, kar bi se lahko zgodilo le v kopalnicah, pa še to redko. Tudi pri stikih elementov z zunanjim ovojem je učinek toplotnega mostu tako majhen, da so površinske temperature večje od predpisanih 17°C . Pojav rosenja je praktično izključen.

Zdrava klima v prostoru, ter prijetno bivalno okolje ob nizkih stroških gradnje in ob nizkih obratovalnih stroških predstavlja želje vsakega investitorja. Ta standard s svojim odličnim ovojem, prezračevanjem in učinkovitim vračanjem toplote omogoča visoko stopnjo ugodja, ki je popolnoma neodvisna od izbranega sistema ogrevanja. Pomembno je vedeti, da stroški ogrevanja ne presegajo enega evra na m^2 stanovanjske površine in to za ogrevanje prostora, prezračevanje in ogrevanje vode – na leto.

Pasivne hiše odlikuje razpoznavna vednost maksimalne porabe energije za ogrevanje, ki znaša $15 \text{ kW/(m}^2\text{a)}$. Poraba energije je kar za 80% manjša, kot so današnji standardi za običajne novogradnje.

EKOLOŠKO OSVEŠČENO BIVANJE

Raziskave bivalnih navad stanovalcev, ki živijo v pasivnih hišah, so pokazale, da se je njihov odnos do okolja zelo spremenil. Danes se pojavljajo naselja v katerih se skupna okoljska bilanca izboljšuje z raznimi aktivnostmi v okviru stanovanjskih skupnosti. Take možnosti predstavljajo zbiranje deževnice, ravnanje s trdimi odpadki, odlaganje organskih odpadkov na kompostišče. Okoljsko najbolj osveščeni prebivalci čistijo odpadne vode iz gospodinjstev s pomočjo vodnih rastlin.

EKOLOŠKA IZBIRA GRADIV

V zadnjih letih, ko se svet čedalje bolj zaveda posledic, ki jih s svojim ravnanjem povzroča okolju in posledično tudi človeku ter njegovemu počutju in zdravju, je energijsko varčna hiša velik prispevek k izboljšanju stanja na področju bivanjske in okoljske kulture.

Na področju ekološke oz. naravne gradnje sta se skozi čas oblikovali dve glavni usmeritvi, ki jih lahko poimenujemo EKO ali BIO usmeritev. Ena in druga privabljata različno usmerjene investitorje.

EKO- graditelji so ponavadi ljudje, ki stavijo na dosežke tehnologije, ter si želijo predvsem izmerjenih dejstev. EKO hiše so ponavadi izdelane iz tehnološko dovršenih materialov in v svoji notranjosti skrivajo napredno hišno - regulacijsko tehniko.

BIO graditelji so bolj romantičnega kova. Od hiše pričakujejo dobro počutje na podlagi izbire s svojim značajem usklajenega naravnega materiala. Hišna tehnika je pogosto **tradicionalna in zajema maksimalno izrabo naravnih koristi posameznega materiala ali rastlin. Cilj gradbene biologije je sinteza ene ali druge usmeritve, v nadaljevanju pa kratke predstavitev posameznih možnosti.**

V tem primeru je tako oblika kot tudi izbira materialov podvržena maksimalnim energetskim izkoristkom same lokacije ter učinkovitosti posameznega materiala. Cilj delovanja hiše je praktično nična poraba energentov za delovanje objekta. Izkoriščajo se na sami lokaciji razpoložljivi obnovljivi viri energije. Na tako dragocen način pridobljena energija se ohranja s smotrno uporabo energije in s pomočjo dovršene tehnologije.



Slika 4: Slama - toplotna izolacija



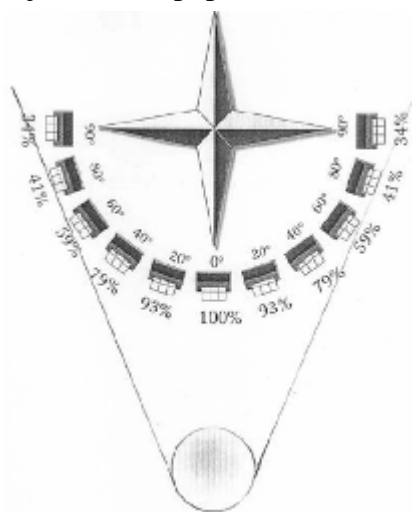
Slika 5: Les - gradbeni material

OSNOVNA NAČELA PRI NAČRTOVANJU PASIVNE HIŠE

Za doseganje standarda pasivne gradnje sta pomembna celoten ovoj zgradbe in tudi ustroj njenega delovanja. Vsaka komponenta ima svoj pomen, šele upoštevanje vseh da zadovoljiv rezultat. Velik pomen ima toplotni ovoj zgradbe, njegova oblika, sestava in kakovost izvedbe. Prvi ukrep za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje je optimalna zasnova zgradbe, vključno z njeno sestavo. Pred gradnjo morajo biti izdelane rešitve za vse toplotne mostove, do katerih bi lahko prišlo. Med gradnjo je treba vseskozi preverjati kakovost izvedbe. Po končani gradnji se pravilnost načrtovanja in izvedbe dokaže s certifikatom ustrezne institucije.

Orientacija

Pri pasivnih hišah ima orientacija velik pomen, saj omogoča izrabo dobitkov sončnega sevanja. Količina dobitkov je odvisna od letnega časa in dnevnega osončenja ter orientacije fasade. Vzhodna fasada je najintenzivneje obsevana zjutraj, zahodna popoldne. Južna fasada je poleti obsijana kot vzhodna in zahodna, nasprotno pa je pozimi obsevanje na južni fasadi intenzivnejše kot na vzhodni in zahodni. Zaradi tega razmerja je južna stran najbolj primerna za izrabo sončne energije. Pri izbiri zemljišča za gradnjo je potrebno upoštevati, da je za pasivno hišo najugodnejše, če je umeščena na južno orientirano zemljišče. Južna orientacija v hladnih delih leta omogoča maksimalno izrabo sončne energije in s tem kar do 40% dobitok k ogrevanju zgradbe. Priporoča odklon stavbe največ za $\pm 20^\circ$. Na južni fasadi se zaradi sončnih dobitkov priporočajo večje zastekljene površine.



Izraba dobitkov sončnega obsevanja skozi zasteklitve

Sončna energija, ki pride v zgradbo skozi okno, pripomore k ugodju v prostoru – ne le zaradi svetlobe, temveč tudi zaradi toplote. Skozi zasteklitve v hišo prodirajo sončni žarki, ustvarjajo dobitke toplote, po drugi strani pa zaradi njih prihaja tudi do toplotnih izgub. Pri pasivnih zgradbah so zasteklitve pomembne, kljub temu da imajo dve pomanjkljivosti: zaradi

razmeroma slabe toplotne izolativnosti (v primerjavi z neprosojnim ovojem) uhaja skozi veliko toplote, poleg tega so drage.

Poleg orientacije je pomembno tudi da sončni žarki dosežejo hišo, zato moramo paziti, da stavba ni zasenčena z visokimi drevesi ali drugimi objekti, saj to znižuje učinkovitost dobitkov sončnega obsevanja. V bližini južne, vzhodne in zahodne fasade so lahko zasajena listopadna drevesa. Poleti so njihovi listi sončna zaščita, pozimi ko odpadejo, pa sonce lahko obseva in tako greje zgradbo.

Na južni strani, kjer se pričakujejo dobitki sončnega obsevanja, naj bodo površine čim večje. Severna stran ni obsijana s soncem, torej naj bodo steklene površine tam čim manjše.



Slika 6: Orientacija proti jugu in krožna zasnova zgradbe omogočata izrabo sončne energije z uporabo zastekljenih površin, prosojne toplotne izolacije, sprejemnika sončne energije in sončnih celic, energijsko samozadostna hiša.

Shranjevanje sončne energije

Bistveni namen shranjevanja toplote v zgradbi je predvsem možnost njenega izrabljanja v času, ko sončno sevanje ni več na voljo. S tem se sončna energija bolje izkoristi, hkrati pa se zmanjšajo potrebe po energiji za ogrevanje.

Oblika zgradbe

Glavna postavka pri pasivni hiši je omejevanje transmisijskih toplotnih izgub na čim manjšo mero. Do teh prihaja v celotnem ovoju zgradbe. Pomembno je, da je zunanjih površin glede na volumen objekta čim manj. Razmerje med površino in volumnom se izraža s t.i. **faktorjem oblike**. Posebej ugoden faktor oblike je pri kvadratnih, okroglih, osemkotnih in elipsastih oblikah. Pasivne standarde je sicer mogoče doseči tudi pri razčlenjenem ovoju zgradbe, vendar je cena za to precej višja. Obstaja prepričanje, da mora imeti pasivna hiša enokapnico vendar oblika strehe za izvedbo pasivne hiše ni najbolj pomembna. Res pa je, da enokapna streha zagotavlja dober kompromis med uporabno površino in površino objekta ter njegovo prostornino. Pri enokapnici, orientirani na jug, je zaradi večjih površin fasade tudi večje sprejemanje sončnega sevanja pozimi.



Slika 9: Pasivna hiša z zeleno streho



Slika 8: Pasivni stanovanjski blok



Slika 7: Enodružinska pasivna hiša

Toplotna hierarhija prostorov

Prenos toplote nastane zaradi temperaturnih razlik. Tudi na obeh straneh zunanje stene so temperature redkokdaj enake, načeloma skozi steno vedno prehaja toplota in povzroča transmisijske toplotne izgube ali priritke. Podobno je tudi pri notranjih stenah.

Toplotne izgube skozi steno so tem večje, čim večja je temperaturna razlika med obema površinama. Za zmanjšanje transmisijskih toplotnih izgub v objektu je smiselno na severni strani, kjer je temperatura na zunanji steni najnižja, predvideti prostore z nižjo temperaturo (stopnišče, shrambo, druge pomožne prostore). Na južno fasado mejijo dnevni prostori, ki zahtevajo višje temperature in se dogrevajo s sončno energijo. Že pri projektiranju moramo

paziti na to, kakšen bo temperaturni režim v kleti. Če je klet znotraj objekta, mora biti več čas ogrevana in dobro izolirana, če pa je neogrevana, mora biti zunaj objekta. Pritličje naj bo v tem primeru nad kletjo v celoti izolirano. Težava so stopnice, kjer je treba predvideti sistem prekinitve toplotnega mostu in primerno izolirana vrata. Lahko pa se izognemo temu problemu, če izvedemo klet in stopnišča zunaj objekta ali fizično ločene od ogrevanih prostorov.

Toplotna izolacija

Pri načrtovanju toplotne izolacije je potrebno zgradbo vedno obravnavati kot celoto, zato moramo poleg zunanjih sten primerno izolirati tudi medetažne konstrukcije in streho. Pri tem so pomembni:

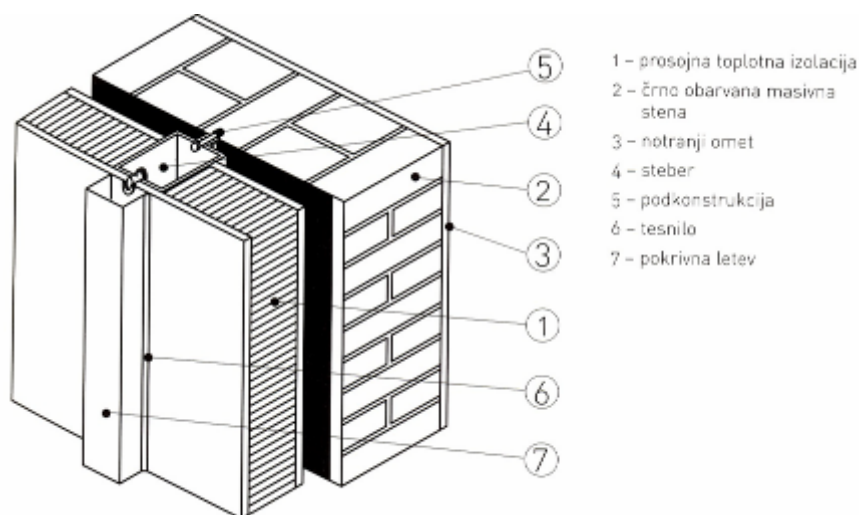
- lokacija in orientacija zgradbe,
- razvrstitev prostorov in temperatura v njih,
- sestava in lastnosti obodnih konstrukcij,
- velikost in
- zračna tesnost oken, prezračevanje in
- navlaževanje konstrukcij.

Pri pasivni hiši morajo biti vsi elementi toplotnega ovoja dobro toplotno izolirani. Zelo pomembno je, da toplotnoizolativna plast poteka neprekinjeno po vsem ovoju.

Ovoj pasivne hiše ima dobre toplotne izolacijske lastnosti: vsi gradbeni elementi morajo imeti toplotno prehodnost $U \leq 0,15 \text{ W(m}^2/\text{K)}$. Debelina toplotne izolacije je odvisna od gradiva in sestave stene, ter znaša 25 do 40cm. Za izolacijo lahko uporabimo umetna anorganska, organska ali naravna gradiva. Najpogosteje se uporabljajo umetna anorganska to je ekspanzirani in ekstrudirani polistiren, penjeni polietilen in penjeni poliuretan. V zadnjih letih se pogosteje uporabljajo naravna toplotnoizolacijska gradiva, kot so celuluzna vlakna, lesena vlakna, kokosova vlakna, lan, konoplja, ovčja volna, pluta, tudi slama. Med naravnimi in umetnimi materiali je izolativnost približno enaka. Uporablja se tudi prosojna toplotna izolacija, ki je pri pasivnih hišah zelo učinkovita, saj v nasprotju z ostalimi omogoča dobitke

toplote, kar zlasti v prehodnih mesecih zmanjša potrebe po ogrevanju. Prosojna toplotna izolacija je iz stekla, prosojnih umetnih snovi . Sestavljena je iz tankih cevk (v obliki satovja ali kapilar) ali kroglic, v katere je ujet zrak, ki deluje kot toplotni izolator. Prosojna toplotna izolacija debeline okrog 10cm je na steno vgrajena v obliki panelov v okvirjih.

Za pritrjevanje toplotne izolacije pri pasivnih hišah se uporabljajo načini kot so: lepljenje, sidranje, žebljanje, vijachenje, vpihovanje ter vgrajevanje s pomožnimi letvicami. Izbor toplotne izolacije je odvisen od nosilne konstrukcije. Za masivno gradnjo uporabljamo toplotno izolacijske plošče ali lamele, ki se lepijo, sidrajo, žebljajo. Pri lahkih konstrukcijah pa se uporabljajo celulozni in leseni kosmiči, ovčja volna, konoplja. Mehkejše toplotne izolacije potrebujejo za pritrjevanje podkonstrukcijo.



Slika 10: Shematičen prikaz sestave stene s prosojno toplotno izolacijo

Zastekljene površine

Kljub uporabi sodobne tehnologije (nizkoemisijski nanosi, polnjenje z žlahtnimi plini, trojna zasteklitev) so okna in steklene stene elementi z največ toplotnimi izgubami. Toplotne prehodnosti oken $U \leq 0,8 \text{ W(m}^2\text{/K)}$ so mnogo večja od toplotne prehodnosti dobro izolirani zunanjih sten $U \leq 0,15 \text{ W(m}^2\text{/K)}$. Sončno energijo, zajeto skozi okna, je potrebno shraniti v toplotnem zalogovniku v stavbi. Če mase za shranjevanje toplote ni dovolj, če ni primerno razporejena, ali je prikrita z zavesami in drugimi oblogami, prihaja v prostoru do pregrevanja.

V takem primeru moramo toploto odvajati, namesto da bi jo shranili in izkoristili s časovnim zamikom.

Površinska temperatura zasteklitve je odvisna od temperature okoliškega zunanega zraka in toplotne prehodnosti. Predvsem je pomembno znižanje pretoka hladnega zraka na notranji strani zastekljenih površin ter zmanjšanje oziroma preprečitev kondenzacije na steklenih površinah. Gostota zraka se zaradi temperaturnih razlik spremeni, kar povzroči vzgon in gibanje zraka. Hitrost toka zraka ob steni, ki ima zastekljene površine, določa temperaturna razlika med temperaturo obodne površine in zraka v prostoru. Pri prenizkih temperaturah obodnih površin dobimo občutek prepaha, zato je priporočljivo, da temperatura površin ni nižja od 18°C oziroma, da je vsaj 2-3 K pod temperaturo zraka v okolju.

Pri pasivnih hišah se vgrajujejo okna s trojnimi stekli, za katera so kriteriji naslednji:

- ✓ Toplotna prehodnost zasteklitve $U_g \leq 0,7 \text{ W(m}^2\text{/K)}$
g-vrednost $\geq 50\%$, (g – vrednost oz. faktor celotnega sončnega sevanja podaja v % vrednost skupnega prehoda sončne energije skozi zasteklitev. Določen del sevalne energije sonca steklo odbije, preostanek pa prepusti (transmisija energije)
- ✓ Energijski kriterij za zasteklitev
- ✓ $U_g - 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}; g < 0$
- ✓ Toplotna prehodnost za vgrajen okvir + steklo $U_{W,eff} \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ✓ Vgradnja oken brez toplotnih mostov, temperatura stekla na notranji površini je večja od 17°C (pri zunanji temperaturi -10°C in temperaturi v prostoru 20°C)
- ✓ Izračun solarnih dobitkov glede na naklon, orientacijo, senčenje, zaradi globine vgradnje
- ✓ Predvideti senčila na oknih pri večjih steklenih površinah orientiranih na vzhod in zahod, v določenih primerih tudi na jug.

Tabela 1: Prikazane vrednosti za U_g in g zvočne izolacije trojne zasteklitve

zasteklitev	plinsko polnjene	U_g - toplotna prehodnost zasteklitve	g (%) prepustnost energije	R_w (dB) zvočna prepustnost okna
4/15/4/15/4	argon	0,60	0,51	35-45
4/12/4/12/4	kripton	0,50	0,51	35-45

Eden od najpomembnejših kakovostnih kriterijev izolacijskega stekla je temperatura rosišča - točka rosišča (TR). Rosišče je tista temperatura, pri kateri zrak ali plin doseže 100% relativno vlago. Če se pri nespremenjeni vsebnosti vodne pare v zraku njegova temperatura zniža, bo določen del vlage kondenziral. Temperaturo rosišča oz. kondenzacijo vodne pare lahko dosežemo pri izolacijskem steklu na različnih mestih in sicer:

- ✓ V MSP – med steklenem prostoru
- ✓ Na notranji strani
- ✓ Na zunanji površini
- ✓ Na toplotnih mostovih

Za doseganje kriterija skupne toplotne prehodnosti okna - $U_{w,eff} \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, je potrebno steklo vgraditi v ustrezen okenski okvir, s toplotno prehodnostjo za okvir $U_f \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okvirji so lahko iz PVC ali lesa ter vgrajeno toplotno izolacijo iz poliuretana (PUR), ali mešanico PUR z lesenimi ostanki. Toplotna izolacija iz plutovine se vgrajuje pri lesenih okenskih okvirjih.



Slika 11: Okno s trojno zasteklitvijo

Vgradnja oken

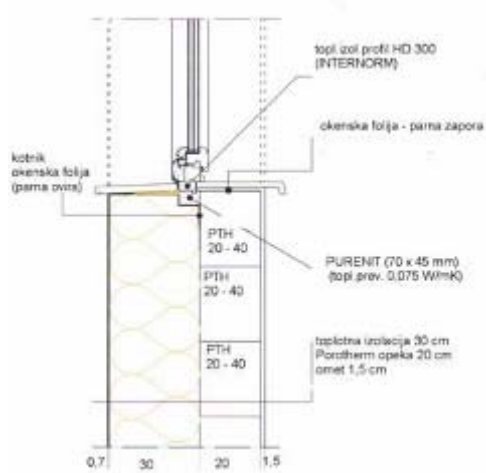
Vgradnja oken je enako pomembna kot so lastnosti okna. Slaba vgradnja namreč lahko povzroči toplotni most, tako transmisijski kot tudi konvekcijski. Poleg tega je pri vgradnji nujno potrebno upoštevati še osnovni princip difuzije vodne pare skozi detajl in sicer v splošnem tri zahteve:

1. zunanje tesnilo mora biti vodotesno in mora zagotavljati zaščito pred vetrom, hkrati pa mora biti dovolj prepustno za difuzijo vodne pare
2. obod okna mora biti v celoti zapolnjen s PU peno, za zagotovitev ustrezne toplotne in zvočne izolacije
3. z notranje strani mora biti okno tesnjeno; namen tega tesnila je difuzijska zapora

Poleg tega mora biti okno v zid pritrjeno z mehanskimi sidri. Vgradnja samo s podlaganjem in PU praviloma ne zagotavlja zadostnega vpetja okna v zid. Posledica take vgradnje je, da se

okno zaradi različnih obremenitev premika v takimeri, da elastičnost tesnilnih mas tega ne prenese in pride do poškodovanja enega izmed tesnil na stiku med oknom in zidom. S spoštovanjem treh osnovnih načel se izognemo kondenzaciji vodne pare v PU peni in zagotovimo ustrezno delovanje oken v stavbi.

Intenzivnost toplotnega mostu, ki na špaleti nastane že zaradi spremembe geometrije stene merimo z linijsko toplotno prehodnostjo Ψ_e , enaka kot pri toplotnem mostu na distančniku zasteklitve. Z dobro načrtovanim in tudi izvedenim detajlom lahko dosežemo, da je vrednost $\Psi < 0,05 \text{ W/mK}$, lahko tudi, da je $\Psi < 0,01 \text{ W/mK}$. S tem toplotni most pri vgradnji približno izenačimo s toplotnim mostom zasteklitve oz. ga izvedemo tako, da je nepomemben.



Slika 13: Detajl toplotnega mostu pri oknu



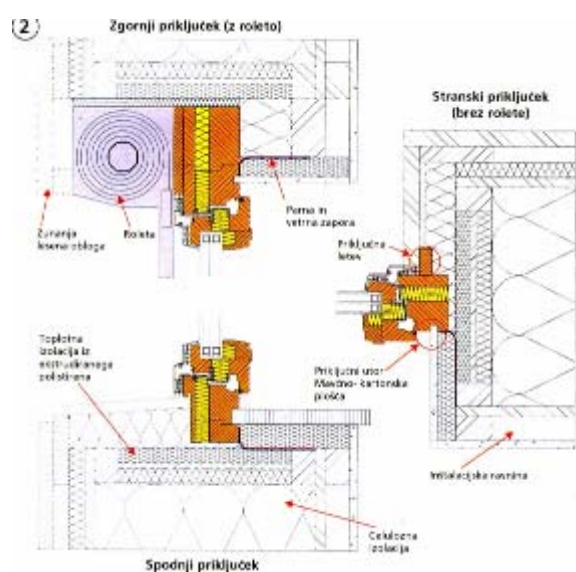
Slika 12: montaža okna na masiven zid: vgrajena na konzole v liniji toplotne zaščite, potem tesnenje z elastičnim trakom, nato se vgradi fasadna toplotna zaščita (20-25cm)

Rolete in žaluzije

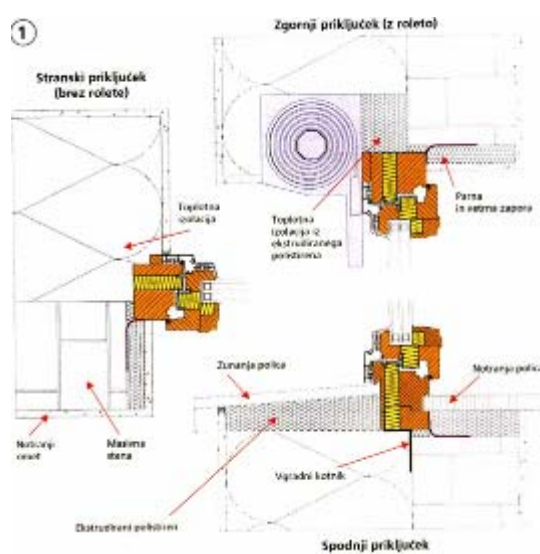
Pri pasivnih hišah imajo rolete in žaluzije funkcijo uravnavanja prehoda toplote. V zaprtih pozicijah dodatno zmanjšamo toplotne izgube, v času sončnega obsevanja pa zagotavljajo senčenje steklenih površin. Zaradi tega se v hladnem delu letu priporoča, da so ponoči spuščene za zmanjšanje toplotnih izgub, čez dan dvignjene za pridobivanje dodatne toplotne energije, v toplem, sončnem dnevu poleti pa spuščene zaradi možnosti pregrevanja steklenih površin. Še posebej so primerne rolete, polnjene s toplotnoizolacijskim materialom. Nočno zapiranje pozimi nima vpliva le na zmanjšanje toplotnih izgub, temveč tudi na bivalno ugodje. Kadar je temperatura zunanjega zraka -10°C znaša pri temperaturi notranjega zraka $+20^{\circ}\text{C}$ temperatura notranje površine stekla ponoči najmanj $17,3^{\circ}\text{C}$ pri običajnem dvoslojnim steklu le okrog 9°C . Če so rulete spuščene, se temperatura na površini stekla še zviša.

Podnevi se stekla zaradi sončnega sevanja in difuzne svetlobe ogrejejo. Večinoma so celo toplejše kot zrak v prostoru. Rolete in žaluzije morajo biti podnevi torej dvignjene, da sončna energija nemoteno prehaja v prostor. Poleti sončno sevanje skozi okna predstavlja največji dobitek toplote. Da se ohranijo nizke temperature zraka in visoko termično ugodje v prostoru, je potrebno v vročih dneh rolete in žaluzije čez dan spuščati.

Roletna omarica ne sme biti vgrajena v toplotno izolacijo, ker lahko predstavlja oslabitev toplotno izolacijskega ovoja zgradbe. V pasivnih hišah tudi ni primerno ročno upravljati rolet, ker vlečni trakovi zahtevajo odprtine, te pa poslabšajo zrakotesnost objekta. Primernejši je električni pogon rolet.



Slika 14: Detajl vgradnje roloja pri montažni gradnji



Slika 15: Detajl vgradnje roloja pri masivni gradnji

Vhodna vrata

Vhodna vrata, podobno kot druge odprtine na ovoju zgradbe, pogosto predstavljajo šibko točko v toplotnem ovoju zgradbe, zaradi česar jih je treba v pasivnih hišah zelo skrbno izbrati. Načeloma morajo izpolnjevati enake zahteve, kot veljajo za okna, poleg tega pa še nekaj posebnih zahtev:

- ✓ trajna togost
- ✓ minimalna višina praga
- ✓ enostavna uporaba
- ✓ oblikovalske zahteve

- ✓ zaščita pred vlomom
- ✓ zvočna izolativnost
- ✓ požarna zaščita
- ✓ stabilnost oblike pri različnih klimatskih obremenitvah

Vrata za pasivno hišo se razlikujejo od običajnih vhodnih vrat. Zelo pomembna je zrakotesnost, zato morajo imeti vrata tesnila – ob straneh in zgoraj dvojna, spodaj ob pragu najmanj enojna. Da se doseže zadostna zrakotesnost, morajo vrata trajno zagotavljati stabilno obliko, kar mora proizvajalec dokazati z atestom. Poleg tega imajo vratna krila zgoraj in spodaj dodatne zapuhe, ki stisnejo krilo ob tesnilo. Vhodna vrata za pasivno hišo morajo imeti dobro toplotno izolativnost – tako kot pri oknih toplotna prehodnost vgrajenih vrat ne sme presegati $U \leq 0,8 \text{ W(m}^2/\text{K)}$. Teh zahtev ni mogoče izpolniti z običajnimi vrati. Vhodna vrata in okvir za pasivne hiše imata veliko večje dimenzije, kot smo jih vajeni. Cena vhodnih vrat za pasivne hiše je zaenkrat še zelo visoka, vendar so nujno potrebna. Podobno, kot pri oknih je pomembna vgradnja vhodnih vrat brez nevarnosti za nastanek toplotnih mostov, do česar pogosto pride pri pragovih. Pri pasivnih hišah se zahteva prag v višini 15mm, kar z uporabniškega vidika ni vedno zaželeno. Prag na nek način izboljšuje zrakotesnost vrat, hkrati pa predstavlja težavo invalidom. Ob pragu se nabirata pesek in prah, kar še poveča nevarnost za netesnost. Pri javnih pasivnih zgradbah pragov največkrat ni – zrakotesnot se dosega z ugreznjenimi tesnili.

Vetrolov

Vetrolov precej pripomore k energijski učinkovitosti, še zlasti kadar so vhodna vrata pogosto izpostavljena vetru. Vetrolov ni ogrevan, temveč predstavlja tamponsko cono med okolico in toplotnim ovojem zgradbe. Toplotnoizolacijska vhodna vrata so vgrajena v toplotni ovoj zgradbe, vetrolov pa ima običajna vrata.

TOPLOTNI MOSTOVI

Toplotni mostovi na ovoju zgradbe imajo pomemben vpliv na toplotno prehodnost ovoja zgradbe, kar je zlasti izraženo pri prebojih na zunanji strani ovoja (vogalne vertikalne in horizontalne zidne AB vez, ležišče armiranobetonskih plošč...). Kljub dobri toplotni zaščiti, vendar brez rešenih toplotnih mostov, lahko delež toplotnih izgub zaradi toplotnih mostov predstavlja več kot tretjino vseh transmisijskih toplotnih izgub stavbe. Povečane toplotne izgube zaradi vpliva toplotnih mostov so upoštevane s pomočjo korekturnih koeficientov v energijski bilanci pasivne hiše.

Glede na vzrok nastanka so toplotni mostovi:

✓ **Konstruktivski toplotni mostovi**

Do konstruktivskega toplotnega mostu pride, ko je ovoj stavbe prekinjen ali predrt z materialom, ki ima veliko toplotno prevodnost (armirani beton ali jeklo) in ni toplotno zaščiten ne z zunanje niti ne iz notranje strani.

✓ **Geometrijski toplotni mostovi**

Geometrijski toplotni most nastopi na delu ovoja stavbe, pri katerim je zunanja površina, skozi katero toplota prehaja iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej večja od notranje (primer vogala v prostoru). Tem mostovom se v praksi ne moremo izogniti, lahko pa njihovo vpliv omilimo.

✓ **Konvekcijski toplotni mostovi**

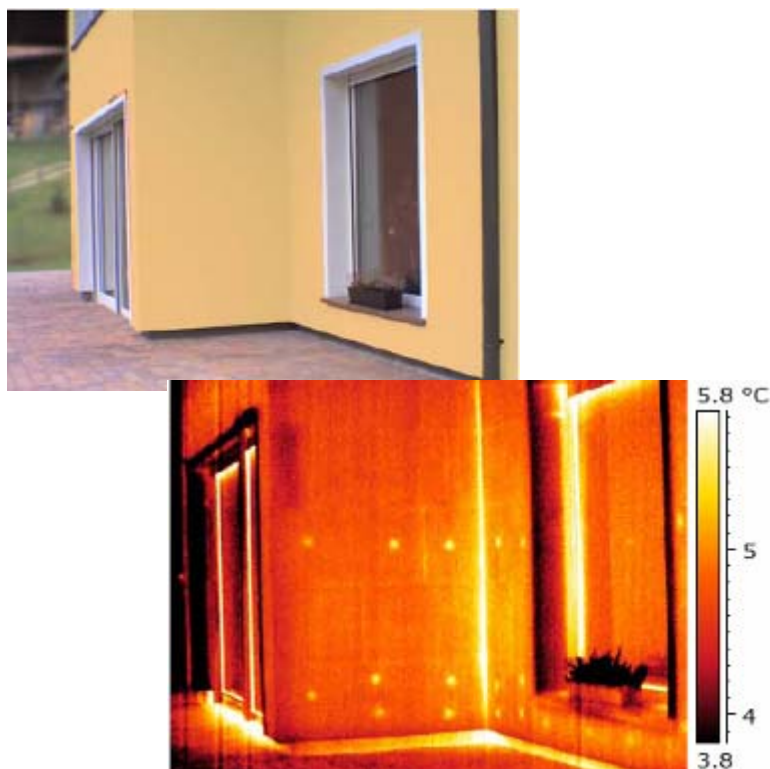
Ti toplotni mostovi nastanejo, ko je zaradi prekinitev ali netesnosti omogočen pretok notranjega vlažnega zraka v konstruktivski sklop.

Toplotni mostovi se pojavijo pri:

- ✓ Nekvalitetno izdelanih stikih med posameznimi zidaki
- ✓ Betonskih prekladah nad oknih v zunanjih stenah, ki lahko segajo preko debeline zidu.
- ✓ Betonskih ploščah, kjer nosilna stropna konstrukcija nalega na vso debelino zidu
- ✓ omaricah za rolo

- ✓ protipotresnih betonskih vezeh, ki povezujejo objekt po vertikali in so nameščeni navadno na vogalih zunanjih nosilnih zidov, ali pa v sredini zidov po obodu. Običajno segajo preko cele debeline zidov in niso toplotno izolirani, tako da ustvarjajo toplotne mostove.
- ✓ balkonih in horizontalnih ab zidnih vezeh
- ✓ stikih talnih konstrukcij in temeljev
- ✓ prebojih konstrukcij
- ✓ in drugje

V območju toplotnih mostov so temperature notranjih površin precej nižje, tako da povzročajo težave v prostorih s povečano relativno lažnostjo zraka (kuhinja, kopalnica) ali pa v slabo prezračevanih prostorih v kotih, zastrti s pohištvo. Prva posledica nižje temperature je povečano odlaganje prahu na teh mestih, prav tako je v zimskem času temperatura notranjih površin nižja od temperature rosišča, tako da pride do površinske kondenzacije vodne pare. Če se to dogaja pogosto se lahko pojavi plesen.



Slika 16: Termografska slika fasade zgoraj v vidnem spektru, spodaj v infrardečem spektru prikazani toplotni mostovi ni izrazitih toplotnih mostov

Vpliv toplotnih mostov na toplotno bilanco

Negativni energetski učinek toplotnih mostov lahko opazujemo na dveh ravneh, neposredno ali posredno. Kjer je v območju toplotnega mostu toplotni tok povečan, so tudi toplotne izgube večje. S tem naraščajo stroški za ogrevanje. Zaradi neznanja marsikdo podcenjuje pomen nastanka toplotnih mostov. Popolnoma napačno je mnenje, da naj podrobnejše ukvarjanje s toplotnimi mostovi ne bi bilo potrebno, ker je delež toplotnih izgub zaradi toplotnih mostov v večini primerov obstoječih stavb razmeroma majhen glede na celotne toplotne izgube. Za preprečevanje površinske kondenzacije poznamo dva učinkovita ukrepa:

- ✓ Zvišanje temperature notranjega zraka
- ✓ Izdatnejše prezračevanje

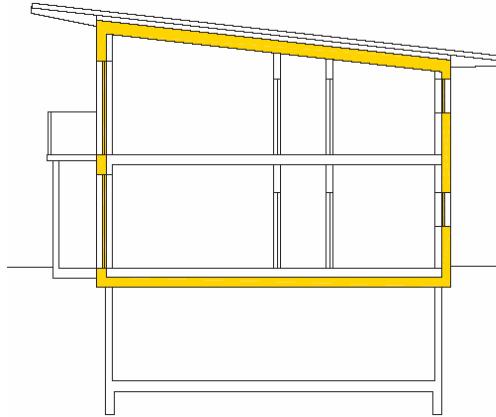
Če te ukrepa uporabimo za preprečevanje površinske kondenzacije v območju toplotnih mostov, do katere pride zaradi lokalno znižane temperature notranje površine, potem hkrati močno povečamo toplotne izgube. Ob tem se moramo zavedati, da to ob korektno zasnovanih in izvedenih toplotni zaščiti ter sestavi posameznih toplotnih konstrukcij elementov in običajni temperaturi in relativni vlažnosti notranjega zraka, sploh ne bi bilo potrebno.

Zaradi odpravljanja posledic lokalnega pojava kondenzacije in posledično plesni, lahko torej bistveno povečamo izrabo energije za ogrevanje, pri čemer so toplotne izgube skozi sam toplotni most sicer morda relativno majhne. Pomen toplotnih mostov v smislu slabše toplotne bilance se izrazito poveča pri nizkoenergijskih stavbah. S kakovostjo toplotne zaščite, določene površine namreč raste tudi negativni vpliv in pomen toplotnega mostu na površini ali ob njej. Dokazano je, da pri dobro toplotno zaščitenih stavbah, vendar brez rešenih toplotnih mostov, delež toplotnih izgub zaradi toplotnih mostov predstavlja več kot tretjino vseh transmisijskih toplotnih izgub.

Načrtovanje detajlov

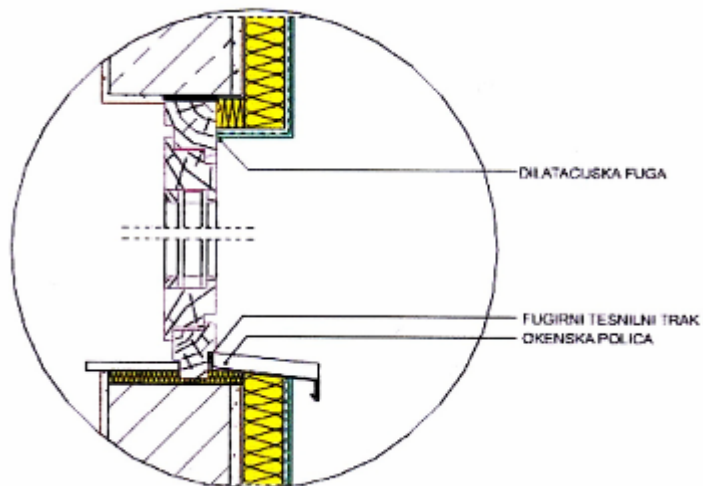
Pri načrtovanju objekta brez toplotnih mostov, ki ga zahteva standard pasivne hiše, treba upoštevati osnovno načelo:

Toplotnoizolativna plast pri (masivnih stenah v debelini najmanj 25cm pri lahkih konstrukcijah pa 35-40cm), mora biti načrtovana tako, da brez prekinitve ovije hišo.

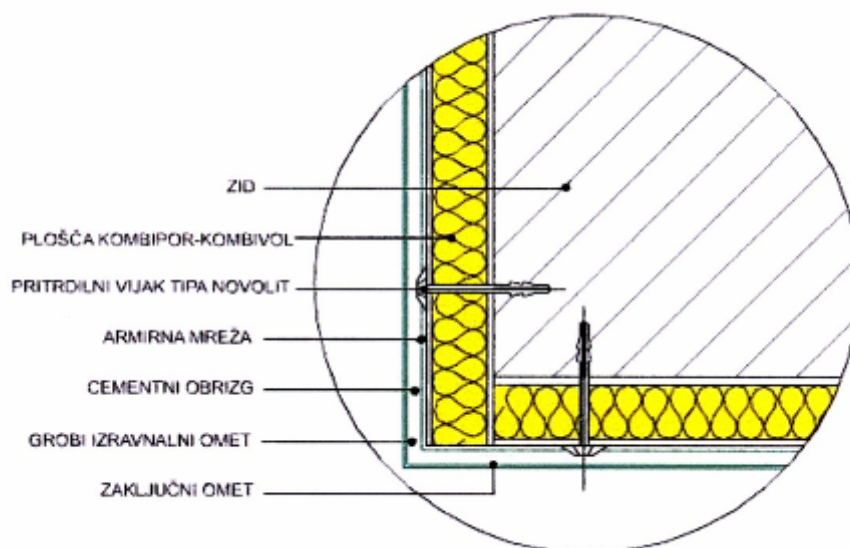


Slika 17: Toplotni ovoj zgradbe mora biti neprekinjen

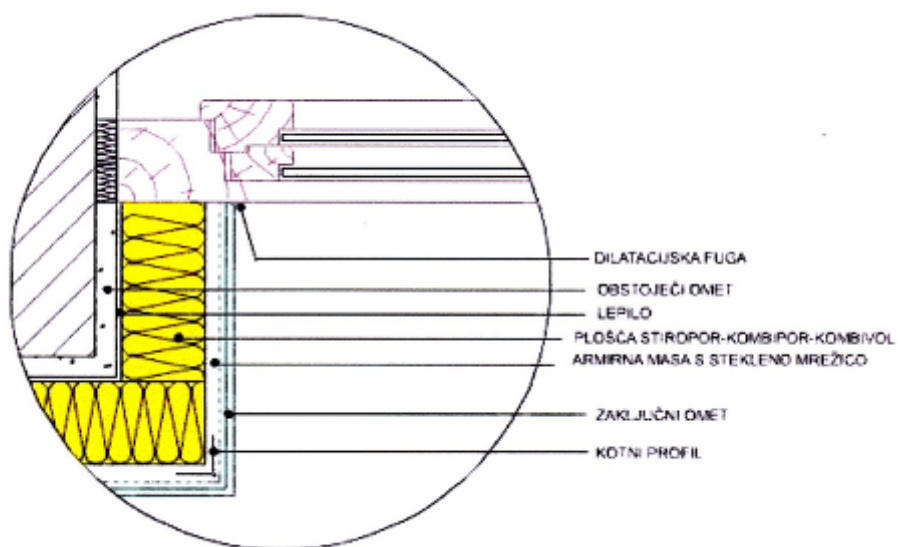
Pri zgradbah se pojavljajo toplotni mostovi na različnih mestih. Toplotne mostove je potrebno odpraviti že pri fazi načrtovanja.



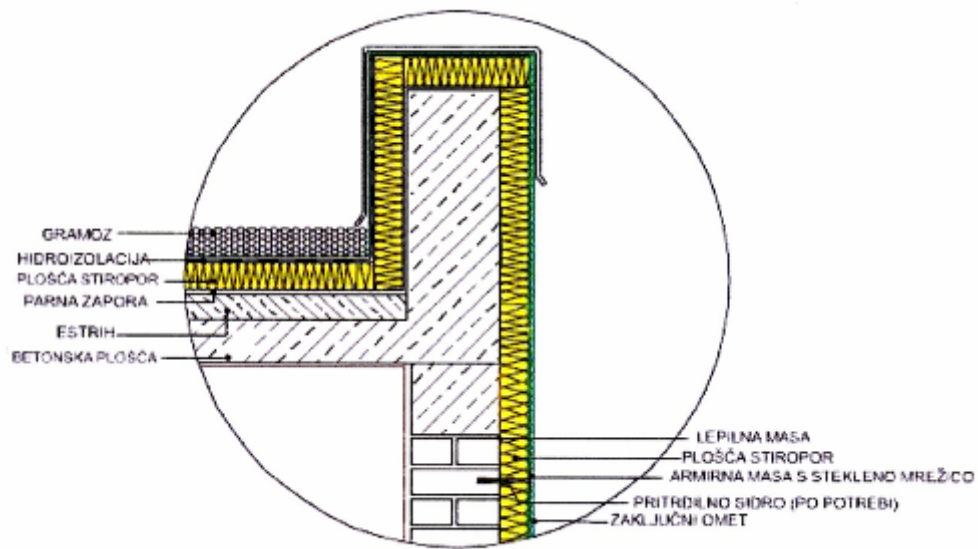
Slika 18: vgradnja okna



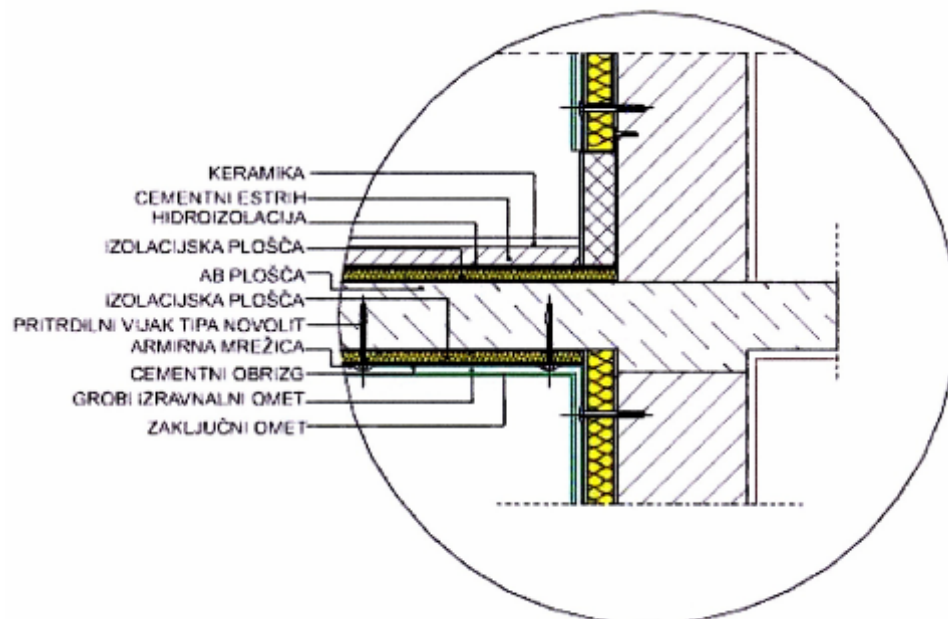
Slika 19: Način izolacije vogala



Slika 20: Izolacijska vgradnja okna



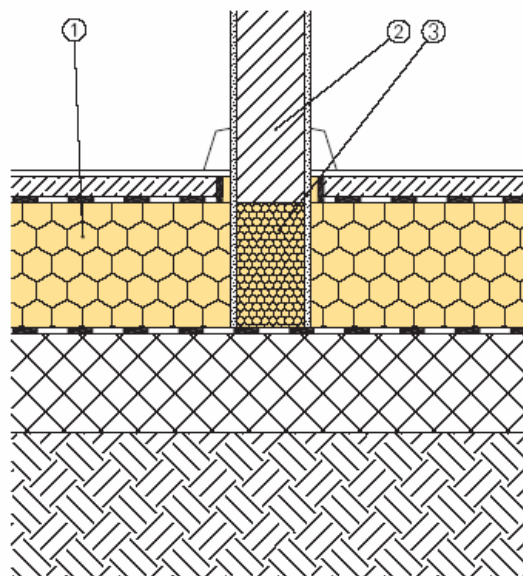
Slika 21: Izolacija ravne strehe



Slika 22: Izolacija balkona

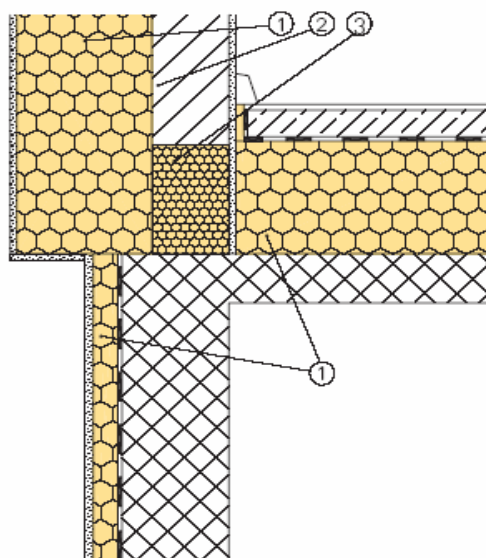
Podstavek proti temelju in neogrevani kleti

Vse stene, ki so postavljene na hladne elemente, tvorijo na svojem podstavku toplotni most. Najučinkovitejše preprečevanje toplotnega mostu je termično ločevanje. To pomeni vgradnjo izolacijskega podstavka oz. zaključka odvisno od tega, na katerem mestu opravlja svojo ločevalno funkcijo.



- 1 - toplotna izolacija
- 2 - masivna stena
- 3 - izolacijski podstavek,
 $\lambda = 0,12 \text{ W/(mK)}$

Slika 23: Stik notranje stene in talne plošče

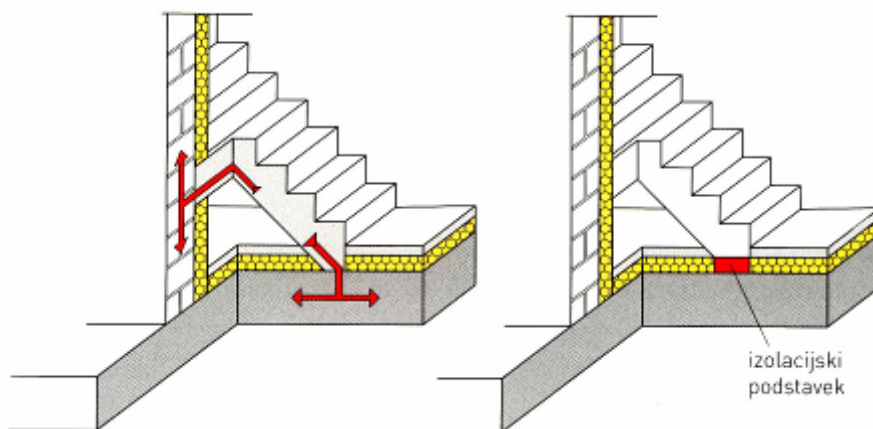


- 1 - toplotna izolacija
- 2 - masivna stena
- 3 - izolacijski podstavek,
 $\lambda = 0,12 \text{ W/(mK)}$

Slika 24: priključek stene toplotnega ovoja zgradbe proti neogrevani kleti

Stopniščna rama proti neogrevani kleti

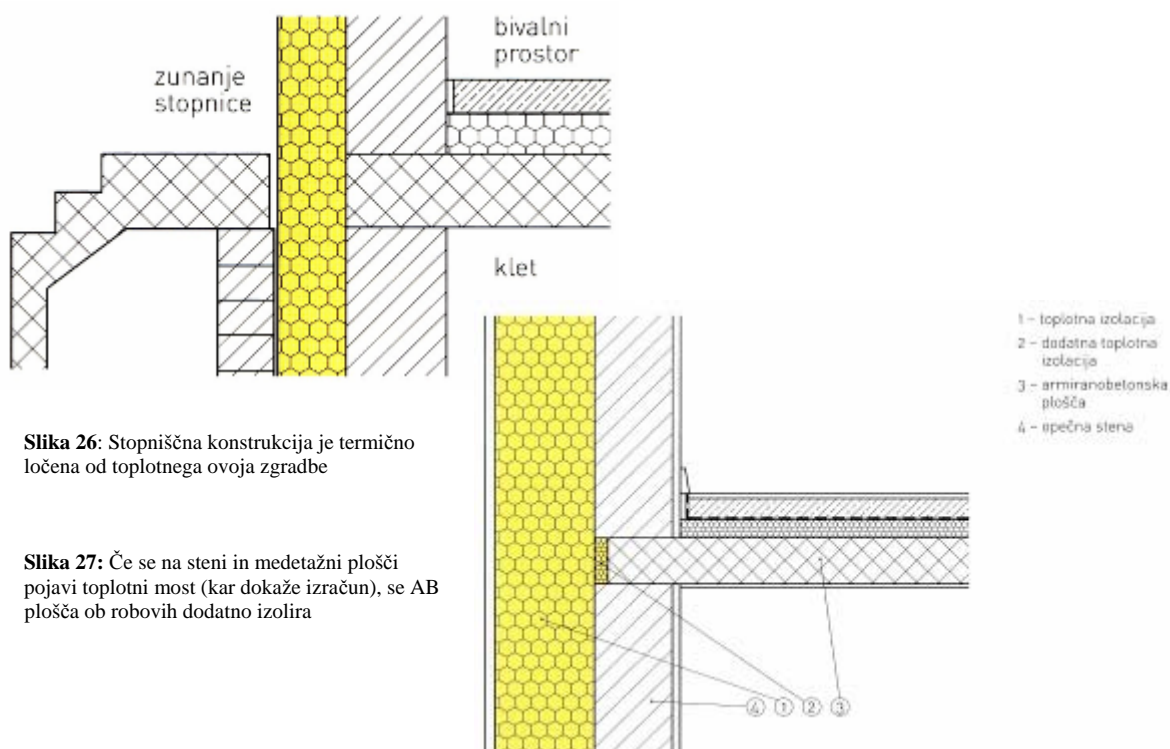
Pri pasivnih hišah, lahko stopniščna rama tvori toplotni most, zato morejo biti termično ločena od hladnih delov (stene, tla).



Slika 25: Toplotni most pri stopniščni rami (levo) in ukrepa za prekinitev toplotnih mostov

Balkonske plošče in nadstreški

Balkonske plošče in nadstreški predstavljajo velik toplotni most, zato so na konstrukcijo prislonjeni, s tankimi termično ločevalnimi sidri.



Slika 26: Stopniščna konstrukcija je termično ločena od toplotnega ovoja zgradbe

Slika 27: Če se na steni in medetažni plošči pojavi toplotni most (kar dokaže izračun), se AB plošča ob robovih dodatno izolira

ZRAKOTESNOST

Pri pasivni hiši je poraba energije odvisna od toplotne izoliranosti in od zrakotesnosti ovoja stavbe. Toplotni ovoj naj bo neprekinjen, preboji pa ustrezno izvedeni. Zrakotesnost ovoja zgradbe ima velik vpliv na toplotno ugodje in zvočno zaščitno v notranjosti zgradbe. Zato se koncept tesnjenja izdelava že v fazi načrtovanja pasivne hiše. Predvidijo se vsi nivoji tesnjenja pri priključitvah gradbenih elementov, zlasti pri prebojih ovoja zgradbe in strešne konstrukcije.

Prehajanje zraka skozi zunanji ovoj zgradbe ima nekaj pomanjkljivosti:

- ✓ nezanesljivost
- ✓ gradbene poškodbe
- ✓ prevajanje zvoka
- ✓ nekontrolirane toplotne izgube
- ✓ možnost nastanka kondenzne vode

Kriterij tesnjenja ovoja :

- ✓ znotraj: zračno tesnjenje + difuzijsko zaprta sestava
- ✓ zunaj: vetrna zavora + difuzijsko odprta sestava

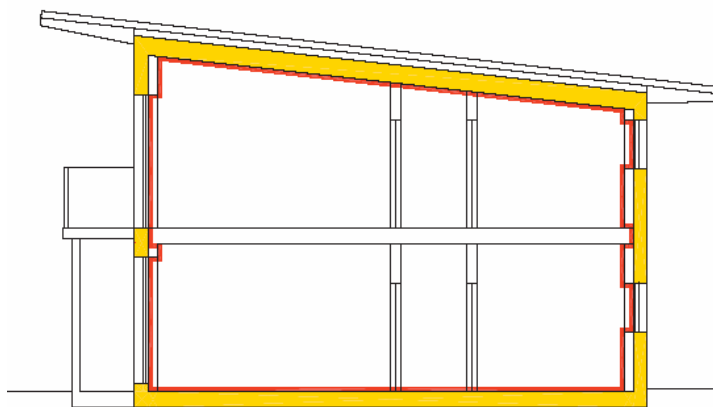
Načrtovanje zrakotesnosti ovoja

Za doseganje zrakotesnosti ovoja stavbe je potrebno natančno načrtovati vse stike gradbenih elementov. Tako kot toplotno izolacijski ovoj mora biti tudi zrakotesni ovoj brez prekinitev.

Upoštevati moramo tri glavna načela:

- ✓ ravnina zrakotesnega ovoja mora biti v načrtu neprekinjena na vseh delih zgradbe.
- ✓ obstajati mora samo ena zrakotesna ravnina. Mesta ki niso zrakotesna se ne odpravljajo z naslednjo zrakotesno ravnino pred ali za netesnim mestom.
- ✓ zrakotesni ovoj je vedno pritrjen na notranjo stran toplotno izolacijskega ovoja. Zrakotesna ravnina pa deluje kot parna ovira, zato ne sme biti popolnoma difuzijsko zaprta.

- ✓ Za zagotavljanje zrakotesnosti ovoja zgradbe morajo biti vsi konstrukcijski detajli čim enostavnejši, da je napak pri delu čim manj. Površine ki jih tesnimo, morajo biti izvedene na enak način. Uporaba novih, nepreizkušenih načinov tesnenja ni priporočljiva. Prebojem zrakotesnega ovoja se izogibamo.



Slika 28: Nепrekinjen zrakotesni ovoj

Kontrola zrakotesnosti stavb

Zrakopropustnost objekta lahko preverimo z metodo, ki jo imenujemo "blower-door" meritev. Z ventilatorjem, ki ga namestimo na vhodna vrata, ustvarimo v zgradbi nadtlak ali podtlak. Pri tem je treba vsa okna in vrata zapreti, vrata, na katerih je ventilator, pa dobro zatesniti. Za ustvarjenje podtlaka je treba na ventilatorju obrniti smer vrtenja rotorja. Pri izvajanju meritve merimo zračni tok (v m³/h), ki je potreben, da v zgradbi vzdržujemo tlačno razliko 50 Pa. Ta zračni tok lahko izrazimo glede na prostornino zraka v zgradbi ali glede na tlorisno površino zgradbe.

Po nemškem standardu VDIN 4108 - 7 velja, da je ovoj zrakotesen, če dosežemo:

pri naravno prezračevani zgradbi: $n = <3 \text{ h}^{-1}$ (3-kratna izmenjava zraka v eni uri)

pri klimatizirani zgradbi: $n = <1 \text{ h}^{-1}$ (enkratna izmenjava zraka v eni uri)

Če smo izmerili vrednost 3, pomeni, da se je zrak v eni uri zamenjal 3-krat, pri popolnoma zaprtih oknih in vratih.

Izmerjene vrednosti pomenijo naslednje stopnje tesnjenja:

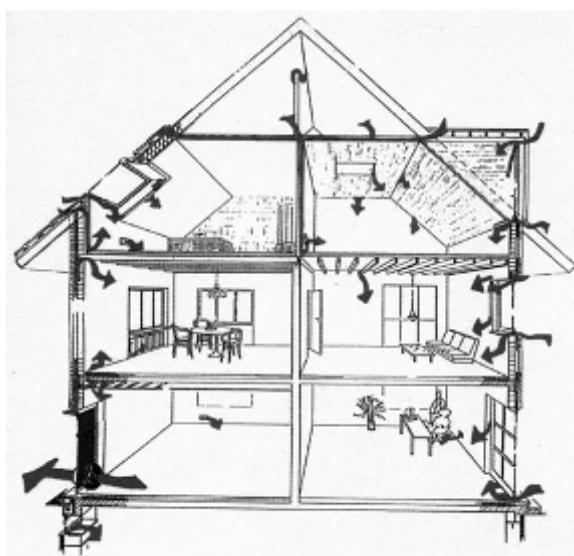
1,0 do 3,0 - zelo dobro

3,0 do 8,0 - srednje

preko 8,0 - slabo

Nizkoenergijske hiše z nadzorovano izmenjavo zraka bi morale ometi vrednost 1,0. Hiše, ki jih zračimo skozi okna, naj ne bi presegle vrednost 3,0.

Takšna meritev je najbolj koristna med gradnjo, preden je objekt vseljen, saj so takrat popravila najlažja.



Slika 29: Blower door test

PREZRAČEVANJE

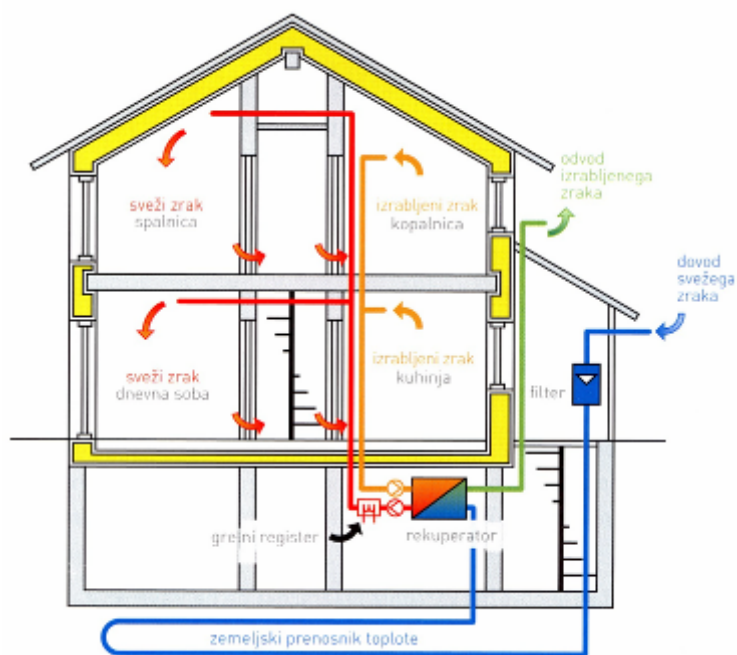
Zrakotesnost hiše zelo zmanjša toplotne izgube, vendar je treba sveži zrak dovajati. To uredimo s prezračevalnim sistemom, pri katerem izkoristimo toploto porabljenega, torej predihanega zraka. Prezračevanje je v pasivni hiši zelo pomembno, saj z njim ustvarimo dobre bivalne razmere in zagotovimo kvaliteto zraka v prostorih. Smisel pasivne hiše je nizka poraba energije za ogrevanje, vendar je varčevanje na račun bivalnega udobja nesmiselno. Za zagotavljanje manjše porabe energije za ogrevanje je nevarno zmanjšati količino prezračevanja, saj s tem dosežemo višjo koncentracijo radona in ostalih plinov v prostorih, kar ogroža zdravje. Zrakotesna okna preprečujejo dotok svežega zraka v prostore, zato se v

njih povečuje koncentracija CO₂. Za dobro počutje potrebujemo vsaj 30m³ svežega zraka na osebo na uro. Tega ni mogoče doseči le z odpiranjem oken.

Vrste prezračevanj:

- ✓ Naravno prezračevanje (okna, vrata)
- ✓ Prisilno prezračevanje (rekuperator)
- ✓ Lokalno prezračevanje (klasični ventilator, kuhinjske nape)
- ✓ Centralno prezračevanje (kompaktna naprava)

Zato je treba poskrbeti za dodaten dotok svežega zraka v vse bivalne prostore, iz kuhinje in kopalnic pa naj se predihani zrak odvaja. V pasivno hišo lahko vgradimo zelo preprost sistem prezračevanja, dobro pa je, če ga povežemo s sistemom, ki omogoča izrabo toplote porabljenega zraka, torej izmenjevalnik toplote. Toplota se shranjuje v posebnem shranjevalniku. Sodobne naprave imajo več kot 90% izkoristek. Vse skupaj uravnava majhna toplotna črpalka, katere moč je prilagojena nizki porabi energije v pasivni hiši.



Slika 30: Shema delovanja kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka

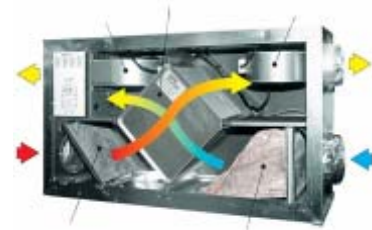
Naravno prezračevanje

Naravno prezračevanje je posledica naravnega vdora zraka, preko rež in netesnosti oken in vrat. Z zatesnitvijo rež se močno zmanjša prepustnost oken in vrat, kar ima za posledico, da prezračevanje prostora ne zadošča več. Takrat se zatečemo k odpiranju oken, ki zaradi nestalnega prezračevanja ne omogoča zadostnega vzdrževanja ugodja in udobja. To prezračevanje je za pasivne hiše neprimerno.

Rekuperator

Rekuperator je naprava, ki zniža toplotne izgube, ki bi nastale pozimi zaradi odvzema toplotnega zraka iz notranjosti hiše in vpihovanja svežega, mrzlega zraka iz okolice. Omogoči učinkovit prenos toplote, če dogradimo manjšo toplotno črpalko z učinkovitostjo do 90% , s čimer prihranimo energijo za ogrevanje. Z rekuperatorjem segrejemo zrak pred vstopom v prostor ter s tem v prostor vrnemo skoraj vso toploto, ki bi jo z odvzetim zrakom odvedli v okolico.

Podobno lahko zapišemo tudi za poletni čas, ko so zunanje temperature dostikrat višje od notranjih. Takrat nam hladnejši odpadni zrak iz hiše delno ohladi sveži zrak pred vstopom v prostor ter tako zmanjša toplotne dobitke prostora.



Slika 31: Rekuperator

Kompaktna naprava

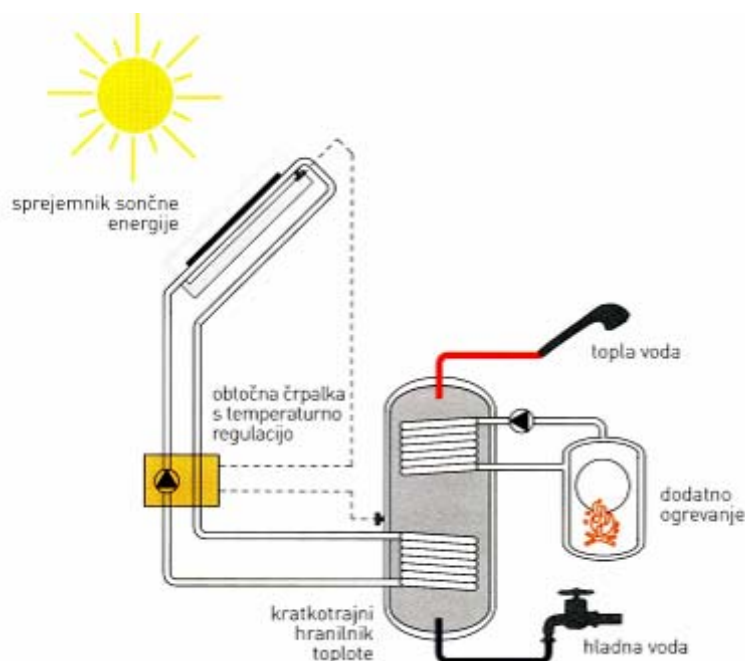
Zelo dobra odločitev je kompaktna naprava, ki združuje toplotno črpalko, rekuperator in shranjevalnik. Tak sistem je v klasični hiši neuporaben, ker je njegova moč premajhna, da bi zadostil vse potrebe po toploti, zelo primeren pa je v pasivnih hišah, kjer potrebujemo manj energije. Z eno samo napravo je torej urejeno ogrevanje priprava tople sanitarne vode in prezračevanja.

OGREVANJE

Za pasivne hiše, je razen nizkih stroškov za ogrevanje pomembna še učinkovitost ogrevanja, prezračevanje in priprava sanitarne vode. Majhne toplotne izgube zahtevajo nizko temperaturne ogrevalne sisteme in uporabo obnovljivih virov. Iz omenjenih razlogov se vgrajujejo ploskovna ogrevanja (talno-stensko) ali kompaktni ogrevalni moduli za ogrevanje z zrakom, kje se kot vir toplote koristi toplotna črpalka. Uporaba ogrevalnega sistema z zrakom je enostavna in omogoča enostavno hlajenje prostorov, prezračevanje in pripravo vpihovanega zraka (vlaženje in čiščenje).

Kompaktni toplotni moduli

Za manjše enodružinske pasivne hiše s površino 150m^2 in toplotnimi izgubami $10\text{W}/\text{m}^2$ potrebujemo vir moči le $1,5\text{kW}$. Zaradi tako majhne noči kotlovnica ni potrebna, zato vgrajujemo kompaktne toplotne module v kombinaciji s solarnimi sistemi.



Slika 32: Shema toplotne črpalke

Toplotna črpalka

Toplotna črpalka deluje po enostavnih fizikalnih zakonih. Toplota prehaja iz telesa oz. medija, ki ima višjo temperaturo na telo oz. medij, ki ima nižjo temperaturo. Kako se lahko potem grejemo z zrakom ali vodo, ki je hladnejša od našega bivalnega prostora? Poznati je potrebno plinski zakon, ki pravi, da če pline stiskamo, se jim zviša temperatura, če pa plin ekspandira, (če ga spustimo iz jeklenke se zelo ohladi). V tem primeru plin stisnemo in odda toploto vodi v radiatorjih pri npr. $T=55\text{ °C}$, nato mu znižamo tlak, (ekspandiramo) ponavadi se spremeni agregatno stanje, kar pomeni veliko energijsko spremembo), temperatura plina je nižja kot temperatura zunanjega zraka, se pravi da toplota prehaja od zunanjega zraka na plin, ki se ogreje ter proces se ponovi.

Glavni sestavni deli toplotne črpalke so kompresor, ki plin stiska, zaradi česar se ogreje, ekspanzijski ventil, kjer plin ekspandira in se ohladi ter dva toplotna izmenjevalca.

Vrste toplotnih črpalk

V naravi je uskladiščene veliko sončne energije, ki jo je mogoče izkoristiti s toplotno črpalko. Ta izkorišča toploto zraka, zemlje in vode za ogrevanje prostorov in sanitarne vode.

Toplota črpalka zrak - voda

Toplotna črpalka zrak - voda je namenjena ogrevanju stanovanjskih in poslovnih objektov. Kot vir toplote se koristi zunanji zrak, katerega toplota se zajema preko zunanjega zračnega uparjalnika. Uparjalnik je pred zamrznitvijo zaščiten s postopkom občasnega odtaljevanja. Tovrstne toplotne črpalke se uporabljajo predvsem za ogrevanje v prehodnih obdobjih, ponavadi v kombinaciji z dodatnim ogrevalnim sistemom ali električnim grelnikom. Toplotna črpalka deluje do zunanje temperature -10 °C , pod to temperaturo delovanje ni več ekonomično. Toplotna črpalka se namesti v kotlovnico, kjer se poveže z ogrevalnim sistemom zunanjim uparjalnikom in agregatom toplotne črpalke v kotlovnici. Poleg objekta je mogoče ogrevati tudi sanitarno vodo. Pri ogrevanju s toplotno črpalko se priporoča uporaba nizkotemperaturnih načinov ogrevanja.

Toplotna črpalka zemlja - voda

Ogrevalna toplotna črpalka zemlja - voda je namenjena ogrevanju stanovanjskih in poslovnih objektov. Kot vir toplote se koristi toplota zemlje in sicer preko v zemlji, na globini 1 – 1.5 metra, položenega vodoravnega zemeljskega kolektorja iz polietilenskih cevi. Po ceveh se pretaka mešanica vode in sredstva proti zmrzovanju. Za potreben pretok mešanice skrbi obtočna črpalka. Odlika tovrstnih črpalk je možnost uporabe skozi vse leto brez pomoči kotla. Toplotna črpalka dosega visok izkoristek. Pred nakupom oz. montažo je potrebno preveriti, če je na razpolago dovolj velika površina ob objektu (1.5 – 2x ogrevalna površina objekta) in sestavo tal. Kolektorje je potrebno dimenzionirati glede na moč toplotne črpalke, sestavo tal in načina ogrevanja objekta. Ogrevalni sistem naj bo v objektu nizkotemperaturni, izveden kot talno, stensko ali zračno ogrevanje. Razlog za takšno ogrevanje je višje grelno število. Poleg ogrevanja je možno tudi pasivno hlajenje objekta preko vmesnega toplotnega prenosnika. Priporočen način hlajenja je stensko ali zračno hlajenje preko konvektorjev. Toplotna črpalka se namesti v kotlovnico, kjer se poveže z ogrevalnim sistemom. Poleg objekta je mogoče ogrevati tudi sanitarno vodo.

Toplotna črpalka voda - voda

Namenjena je ogrevanju stanovanjskih in poslovnih objektov.

Kot vir toplote se koristi podtalna voda in sicer s prečrpavanjem le te skozi uparjalnik toplotne črpalke s pomočjo potopne ali druge črpalke. V uparjalniku podtalna voda odda toploto in se ohlajena za približno 2 – 4°C vrača nazaj v zemljo. Za vračanje vode izdelamo ponorno vrtino ali plitvejšo ponikovalnico. Odlika takšnih črpalk je možnost uporabe skozi vse leto brez pomoči kotla. Toplotna črpalka dosega zelo visok izkoristek. Pred nakupom oz. montažo je potrebno preveriti, če je na razpolago dovolj podtalne vode in ali je temperatura ustrezna. Temperatura ne sme biti nižja od 8°C, potreben pretok pa 0,2m/ kW toplotne moči. Ogrevalni sistem v objektu naj bo nizkotemperaturni, izveden kot talno, stensko ali zračno ogrevanje. Razlog za takšno ogrevanje je višje grelno število. Poleg ogrevanja je možno tudi pasivno hlajenje objekta preko vmesnega toplotnega prenosnika. Priporočen način hlajenja je stensko ali zračno hlajenje preko konvektorjev. Toplotna črpalka se namesti v kotlovnico, kjer se poveže z ogrevalnim sistemom. Poleg objekta je mogoče ogrevati tudi sanitarno vodo.

Zemeljski kolektor

Za koriščenje toplote zemlje preko zemeljskega kolektorja potrebujemo približno od 1,5 do 2 kratno ogrevalno površino ob objektu (odvisno predvsem od sestave tal in toplotne izoliranosti objekta). Na tej površini položimo plastično cev v zankah z maksimalno dolžino ene zanke 100m. Cevi položimo od 1,2 do 1,5m globoko, razdalje med njimi naj znašajo minimalno 60cm. Čimbolj narazen položimo cevi, manjši je vpliv na vegetacijo nad kolektorji. Vodoravni zemeljski kolektor je zaprt krožni sistem katerega napolnimo z mešanico vode in protizmrzovalnega sredstva v koncentraciji za delovanje od temperature mešanice -15°C .

Ocena: za 10kW toplotne moči potrebujemo cca. 300m^2 zemeljskega kolektorja.



Slika 33: Zemeljski kolektor

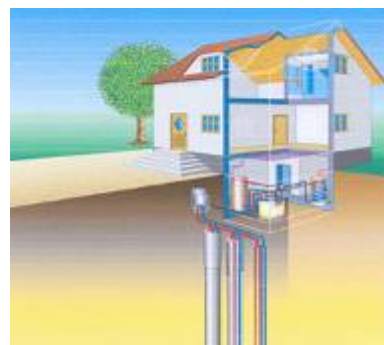


Slika 34: Polaganje zemeljskega kolektorja

Zemeljska sonda

Pri izvedbi vertikalne zemeljske sonde je pomembno, da globino sonde pravilno dimenzioniramo glede na hladilno moč toplotne črpalke in v tem primeru večina sond upošteva minimalne razlike med dvema sondama.

Odvzem toplote se vrši iz zemlje in kamnin v sloju do globine 100m in več. Priporočljivo je v primerih, kjer je malo prostora okrog stavbe. Vertikalna zemeljska sonda je zaprt krožni sistem katerega napolnimo z mešanico vode in protizmrzovalnega sredstva v koncentraciji za delovanje do temperature -15°C . Sonda je lahko enojna ali dvojna.



Slika 35: Izkoriščanje toplote zemlja -toplotna sonda

Podtalna voda

Temperatura podtalne vode mora znašati minimalno 8°C. Pretok mora biti konstanten. V povprečju je potrebno 0,2 m³/h vode za 1kW toplote. Vrtine se vrtajo do 20m, pri čemer se voda črpa iz ene vrtine in vrača v drugo. Razdalja med njima mora znašati minimalno 15m. V sesalno vrtino vgradimo potopno črpalko, katera prečrpava podtalno vodo skozi uparjalnik toplotne črpalke in jo vrača v ponovno vrtino. Voda se pri tem ohladi za cca. 4°C. možnosti onesnaženja vode ni.

Zunanji zrak

Toplotna črpalka je namenjena za uporabo z dodatnim ogrevalnim virom (obstoječ kotel ali električno grelna telo), saj najpogosteje sama ne zmore v celoti pokrivati toplotnih izgub objekta, zlasti pri temperaturah zunanjega zraka pod -5°C. Potreben pretok zraka skozi uparjalnika znaša cca. 1000m³/h za 1,0 kW toplotne moči.

Pretvarjanje sončne energije

Sonce je glavni »dobavitelj« energije na našem planetu. Iz leta v leto daje 7000 – krat več energije, kot je potrebujemo. Okoli 70% je pade na oceane. Sončna energija je do okolja prijazen, neizčrpen in brezplačen vir energije. Izkoristimo jo lahko vse leto, ne glede na letne čase. V današnjem času se je razvilo kar nekaj tehnologij, ki omogočajo pretvarjanje te vrste energije.

Sprejemniki sončne energije

Sprejemniki sončne energije (sončni kolektorji) se uporabljajo večinoma za ogrevanje sanitarne vode, uporabni pa so tudi kot naprave za ogrevanje zgradb. Sestavljeni so iz transparentnega pokrova in absorberja, kjer se nahaja delovno sredstvo. Ogreto delovno sredstvo, ki se v njem segreje, se s črpalko prenese v prenosnik toplote, ki je običajno v hranilniku toplote. V hranilniku toplote obstaja možnost delovanja z drugimi energijskimi viri. Regulacija zagotavlja vklop obtočne črpalke takrat, ko je temperatura delovnega sredstva v sončnem kolektorju višja kot v hranilniku.

Obstajata dve vrsti sprejemnikov sončne energije:

- ploščati
- vakuumski

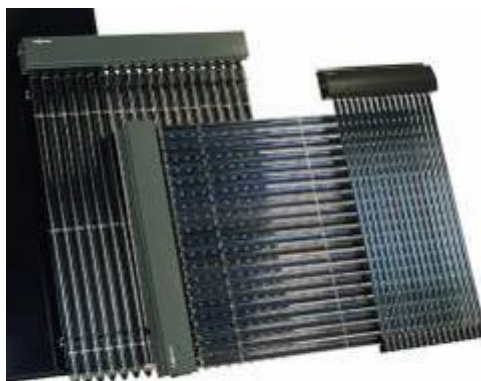
Ploščati

V tej vrsti sprejemnika se nahaja absorber v ploščatem ohišju, ki ima na spodnji strani toplotno izolacijo.



Vakuumski

Značilnosti vakuumskih cevni sprejemnikov sončne energije je, da nimajo toplotnih izgub zaradi konvekcije, toplotne izgube nastanejo samo zaradi prenosa toplote s sevanjem (v ceveh je vakuum, ni zraka med absorberjem in steklom). Ti sprejemniki so sestavljeni iz cevi, ki so med seboj povezane. V zaprti stekleni cevi se nahaja absorber in kovinska toplotna cev. Absorber je izdelan iz čistega aluminija, na površino pa nanosen visoko selektivni nanos..



Slika 36: Vakuumski sončni kolektor

Sprejemniki sončne energije se namestijo na stenah ter balkonskih ograjah, na fasadah ali pa so prostostoječi. Sprejemniki naj bodo obrnjeni proti jugu ali jugozahodu. Odstopanje od južne smeri povzroča zmanjšanje vpadle sončne energije. Optimalni nagibni kot sprejemnikov je odvisen od časa koriščenja, ker se položaj sonca preko leta spreminja. Glede na čas koriščenja je za naše področje najprimernejši nagib med 25 in 45°. Maksimalno količino sončne energije, ki jo lahko sprejme absorber sprejemnika dobimo v primeru, ko je površina sprejemnika pravokotna na vpadni kot sončnega sevanja.

Sončne celice

Sončne celice so v osnovi polprevodniške diode z veliko površino. Je naprava, ki sončne fotone (sončno energijo) s pomočjo elektronov pretvori v elektriko. Pri obsevanju s sončno svetlobo se začnejo prevodniški elektroni in vrzeli gibati in ob meji med plastema prehaja tudi na drugo stran.

Glavni gradnik za izdelavo sončne celice je **silicij**, ki je zaenkrat praktično še vedno edina surovina za masovno proizvodnjo sončnih celic. Kot najpogosteje uporabljeni polprevodnik ima več dobrih lastnosti:

- v naravi se nahaja v velikih količinah
- je nestrupen, okolju prijazen
- lahko se tali, obdeluje in je sorazmerno enostavno v monokristalno obliko.
- in še druge dobre lastnosti

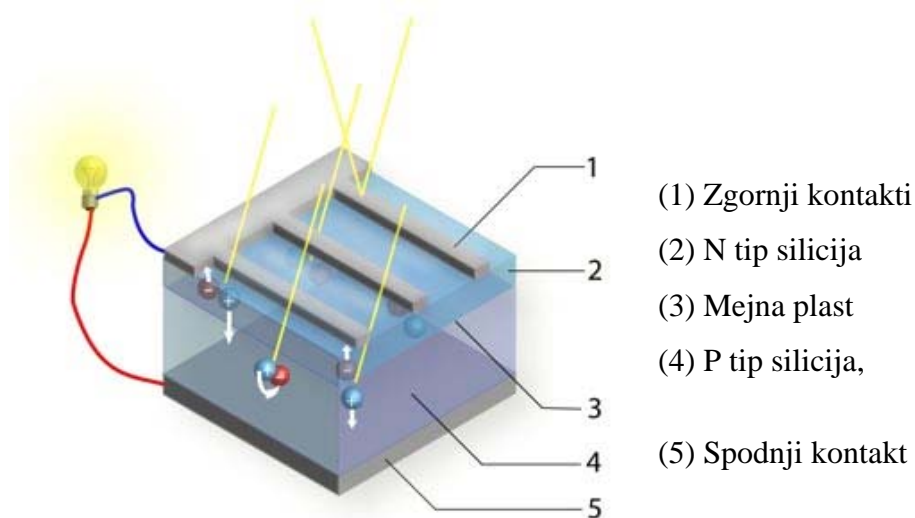


Slika 37: Sočni moduli za proizvodnjo elektrike

Skupna debelina ene sončne celice je približno 0,3 mm. So najrazličnejših velikosti, toda večina od njih je velikih 10x10 cm in generirajo približno 0,5V napetosti. Na primer 12 – voltan modul je lahko sestavljen iz 30 do 40 celic. Velikost 50W modula je približno 40X100 cm. Sončne celice nimajo velikega izkoristka, saj pretvarjajo le 12 – 15% sončne svetlobe v elektriko, toda v nekaterih laboratorijih dosegajo že 30% izkoristek. Torej kot lahko vidimo da imajo sončne celice zelo majhen izkoristek.

Sončna celica je osnovni gradnik fotovoltaičnega sistema. Te majhne celice nato povežemo skupaj in tako dobimo sončne module. Če pa združimo več sončnih modulov s pomočjo drugih elementov, kot so akumulatorji, regulatorji polnjenja in drugimi elementi pa dobimo močan sistem, ki doseže večje napetosti in moči

Sončne celice so lahko prosojne ali neprosojne, na voljo so v različnih barvah, najpogostejša pa je modra.



Slika 38: Shema delovanja silicijeve sončne celice

Sončne celice so različne, tako poznamo:

- polkristalne

Prepoznamo jih po kristalni zgradbi, izkoristek manjši od 20%,
 monokristalne

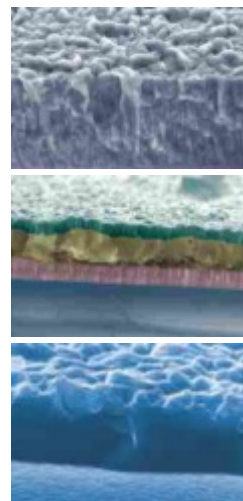
Ne morejo pretvoriti več kot 25% sončne energije v električno,
 zato ker sevanje infrardečega področja v elektromagnetnem
 spektru

nima dovolj energije, da bi ločil pozitivne in negativne naboje v
 materialu,

- amorfne

Imajo precej slabši izkoristek, ki se giblje med 6 in 8 %.

Amorfne celice se hitro starajo, njihova proizvodnja je poceni.



Sistemi sončnih modulov lahko obratujejo samostojno (otočno obratovanje) ali pa so priključeni na javno omrežje. Otočna naprava deluje neodvisno od javnega električnega omrežja. Primerna je predvsem za oddaljene kraje.

Če naprave, ki se oskrbujejo z električno energijo iz sončnih celic, potrebujemo izmenično napetost, mora imeti sistem še **razsmernik**, ki enosmerno napetost pretvori v izmenično napetost.

Omrežni sistemi sončnih modulov so prek razsmernika priklopljeni na javno električno omrežje. Električno energijo, ki jo proizvedejo sončni moduli, lahko porabimo za lastne potrebe, viški pa gredo prek števec električne energije v javno električno omrežje.

Večina modulov se vgradi na streho. Na njej so lahko prostostoječi ali pa nadomeščajo kritino, kar zniža stroške, možna pa je tudi vgradnja na fasado kot prostostoječi element.

ZAKLJUČEK

Ob delanju raziskovalne naloge, smo ugotovili kakšne zahteve mora izpolnjevati pasivna hiša ter na kakšen način moramo graditi, da te standarde dosežemo.

Opisali smo nekatere detajle in podrobnosti, na katere moramo biti pri gradnji. Ne glede na to, da je pasivna gradnja 10 - 25% dražja od klasične gradnje, se ta naložba v nekaj letih povrne.

Rečemo lahko, da je pasivna gradnja dokaj nov trend v gradbeništvu, ki se vztrajno razvija.

Upamo, da bomo kmalu živeli v hišah, ki bodo okolju prijaznejše ter da bo tudi potreba po energiji čim manjša.

GLOSAR

Difuzno sončno sevanje sončno sevanje, ki seva iz vseh smereh – razpršena (sipana) sončna svetloba, ki prehaja iz oblakov, neba, megle, se odbija od gora, zgradb, itd.

Dioda - polprevodniški element, ki električni tok prevaja le v eni smeri; gradnik usmernikov, posebne izvedbe služijo tudi kot zaščitni elementi.

Enosmerni tok (DC) - električni tok, ki ves čas teče le v eni smeri.

Faktor oblike razmerje med celotno zunanjo površino in ogrevano prostornino stavbe, ki jo površina odbija.

Fotovoltaični sistem - sistemi za pretvarjanje sončne energije v elektriko.

Fotovoltaika - veda, ki preučuje pretvorbo svetlobe v elektriko.

Izmenični tok (AC) - električni tok, ki periodično spreminja smer. Amplituda je običajno sinusne oblike, lahko tudi kvadratne, trapezne ali druge oblike.

Kontrolirano prezračevanje prezračevanje, pri katerem se zamenjava odvodnega zraka z zunanjim doseže z mehansko napravo.

Modul - element z več sončnimi celicami, ki so med seboj povezane in zavarovane pred meteorološkimi vplivi okolice. Je najmanjša še zamenljiva enota polja modulov.

Monokristal - element z urejeno kristalno strukturo; vsi atomi so med seboj lepo urejeni v celoto; pomemben v fotovoltaiiki; monokristalne sončne celice imajo največji izkoristek.

Nosilec toplote – tekočina ali zrak, ki ima nalogo, da prenese toploto od sprejemnika sončne energije do hranilnika toplote. V solarnih sistemih za ogrevanje sanitarne vode se kot nosilec toplote uporablja predvsem mešanica vode in sredstva proti zmrzovanju, ker lahko sicer sprejemnik sončne energije pozimi zmrzne in poškoduje sistem.

Prenosnik toplote – element v hranilniku toplote, ki prenaša toploto nosilca toplote na sanitarno vodo. Nosilec toplote je ločen od vode.

Polprevodniki - materiali, ki po lastnostih spadajo med izolatorje in prevodnike; so osnovni gradniki elementov električnih vezij; najpomembnejši materiali so silicij, galijev arzenid in drugi.

Prezračevanje – izmenjava odvodnega zraka z zunanjim zrakom v prostorih in doseganje primerne čistosti ter s tem povezanega bivalnega ugodja.

Prezračevalne toplotne izgube - toplotne izgube zaradi izmenjave toplega zraka iz notranjih prostorov s hladnim zunanjim zrakom.

Rekuperacija: ponovno pridobivanje surovin iz ostankov v tehnoloških procesih ali izkoriščanje stranskih proizvodov.

Rekuperator: priprava za racionalno izkoriščanje toplote (npr. izmenjevalnik toplote) ali stranskih produktov (plini).

R_w (dB) – zvočna prepustnost oken .

Sanitarna voda – topla voda, ki se uporablja v kopalnici in kuhinji.

Silicij - nekovinski element, ki sestavlja četrtno zemeljske skorje, večinoma pa se v naravi nahaja kot pesek (kremenčev pesek), najdemo ga tudi v kombinaciji z drugimi elementi in v večini trdnih kamnin; tehnično je najpomembnejši polprevodnik in med najpomembnejšimi elementi sploh.

Solarni sistemi - splošno ime za sisteme, ki omogočajo izkoriščanje sončne energije; glavni sestavni deli solarnih sistemov so sprejemniki sončne energije, hranilniki toplote in prenosniki toplote.

Solarni toplotni dobitki – dobitki energije, ki jih dobimo s sončnim obsevanjem.

Sonce - osrednje telo našega sončnega sistema; spada med manjše zvezde, vir sončne energije; omogoča obstoj ivljenja na zemlji, posledično pa vpliva na obnavljanje tudi ostalih obnovljivih virov energije (biomasa, vodna energije, energija vetra...).

Sončna celica - osnovni polprevodniški element za pretvarjanje sončne energije v elektriko.

Sončna energija - energija, ki jo oddaja sonce v obliki elektromagnetnega valovanja (pretežno v področju valovnih dolžin od 0.3 do 3 mikrometrov).

Sončno obsevanje - vpadla energija na enoto površine v določenem časovnem intervalu (najpogosteje v eni uri ali v enem dnevu). Izražamo jo v kWh/m².

Števec električne energije - naprava, ki omogoča odčitavanje (lahko tudi shranjevanje) vrednosti porabljene energije.

Toplotna črpalka – naprava, ki zajema toploto okolice in jo dvigne na višji temperaturni nivo.

Toplotni most – mesto v ovoju zgradbe, kjer je prehod toplote povečan zaradi spremembe gradiva, debeline ali geometrijske konstrukcije.

Toplotna prehodnost (U) – karakteristika, ki pove, kakšen je energijski tok steče skozi 1m² površine gradbenega elementa pri temperaturni razliki 1K. Vključuje prevajanje, konvekcijo in sevanje. Čim nižja je toplotna prevodnost, tem boljša je izolativnost. Enota: W/m²K.

Toplotna prevodnost (λ) – snovna lastnost gradiva, določena pri srednji delovni temperaturi in vlažnosti gradiva, ki pove, kolikšen toplotni tok teče skozi 1m² homogene plasti gradiva,

debeline 1m, pri temperaturni razliki 1K(=1°C). Čim manjša je toplotna prevodnost, tem boljša je toplotna izolativnost gradiva, enota: W/(mK).

Transmisijske toplotne izgube – toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj zgradbe, ki ga sestavljajo stena, streha in okna... Toplotna izolacija na ovoju zgradbe zmanjša te toplotne izgube.

U_g – toplotna prehodnost zasteklitve.

Zrakotesnost – zrakotesnost n₅₀ označuje delež celotne prostornine zraka, ki preide skozi ovoj zgradbe v eni uri pri tlačni razliki 50 Pa glede na okolico.

VIRI IN LITERATURA:

1. ZBAŠNIK Senegačnik M. (2007). Pasivna hiša. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo
2. Korpnik N. in Muršič D. (2005). Nizkoenergetska inteligentna poslovna zgradba v Mariboru. V: Bioklimatske zgradbe. Let. 8, št. 8. str. 21 – 25.
3. Kovič S. (2005). Pasivna hiša. V: Bioklimatske zgradbe. Let. 8, št. 8. str. 33 – 35.
4. Lubej S. (2002). Analiza učinkovitosti toplotnih mostov. V: Bioklimatske zgradbe. Let. 6, št.6. str. 45 – 47.
5. Feschner D.J. (2007). Kako načrtovati pasivno hišo. V: Bioklimatske zgradbe. Let.10, št. 10. str. 58 – 62.
6. Mehle. B. (2007).Ogrevanje v pasivni hiši. V Bioklimatske zgradbe. Let 10, št 10. str. 68 –71.
7. Hribar. J (2007). Varčne hiše – zgrajene za prihodnost. V: Ljubodoma. Str. 4 -5.
8. Jerman B. (2006). Za kurjavo 10-krat manj. V: Novogradnje. št. Oktober – november. Str: 24- 27.
9. Gruden T. (2007). S tervolom do energijske učinkovitosti stavb. V: Varčujem z energijo. Let. 1, št. 3. str. 64 – 65.
10. Remec J. (2006). Stensko ogrevanje. V: Ogrevanje & klimatizacija. Let. 8, št. 2. str. 24.
11. REMEC J. (2006). Mesto priprave toplote za ogrevanje. V: Ogrevanje & klimatizacija. Let. 8, št. 2. str. 24.
12. REMEC J. (2006). Toplotne črpalke. V: Ogrevanje & klimatizacija. Let. 8, št. 2. str. 37.
13. NEMANIČ K. (2006) S sodobnimi tehnologijami po sledih naravnih zakonov. V: Delo in dom. Let. 14, št. 41. str. 22 – 26.
14. NEMANIČ K. (2007). Dosje: Varčne hiše. V: Delo in dom. Let. 15, št. 9. str. 26 – 40.
15. NEMANIČ K. (2007). Petnajst let izkušenj več. V: Delo in dom. Let. 15, št. 24. str. 28 – 31.
16. NEMANIČ K. (2007). Dosje: izolacije. V: Deli in dom. Let. 15, št. 33. str. 28 – 42.
17. KOVIČ S. in PRAZNIK M. (2004). Pasivna hiša. V: Gradbenik. Let. 8, št. 11. str. 35.
18. KOVIČ S. in PRAZNIK M. (2005). Pasivna hiša. V: Gradbenik. Let. 9, št. 1. str. 8 – 11.
19. ZBAŠNIK SENEGAČNIK M. (2005). Energija v zgradbah. V: Gradbenik. Let. 9, št. 1. str. 12 – 14.

20. GROBOVŠEK B. (2005). Ogrevanje nizkoenergijskih in pasivnih hiš. V: Gradbenik. Let. 9, št. 1. str. 16 – 19.
21. GRUDEN T. (2005). Toplotna izolacija pasivne hiše. V: Gradbenik. Let. 9, št. 2.str.18 – 20.
22. GRUDEN T. (2005). Toplotna izolacija pasivne hiše. V: Gradbenik. Let. 9, št. 4.str.28 - 30.
23. GRUDEN T. (2005). Energijsko varčevalni potenciali v stavbah. V: Gradbenik. Let. 9, št. 9. str. 43 -35.
24. ZBAŠNIK SENEGAČNIK M. (2005). Naravne toplotne izolacije. V: Gradbenik. Let. 9, št. 10. str.10 -12.
25. GROBOVŠEK B. (2006). Pasivna gradnja: manjša raba energije, ugodnejše bivanje. V: Gradbenik; Nizkoenergijske in pasivne hiše. Let. 10, št. 3. str. 10 – 15.
26. KNEZ F. (2006). Toplotni mostovi skozi okna. V: Gradbenik; Nizkoenergijske in pasivne hiše. Let. 10, št. 3. str. 16 - 18.
27. GOLMAJER V. (2006). Ogrevanje s soncem. V: Gradbenik; Nizkoenergijske in pasivne hiše. Let. 10, št. 3. str. 44 - 45.
28. GROBOVŠEK B. (2006). Energijska bilanca pasivne hiše. V: Gradbenik. Let. 10, št. 9. str. 22 -24.
29. GROBOVŠEK B. (2006). Izračun toplotnih mostov. V: Gradbenik. Let. 10, št. 12. str. 46 -49.
30. GROBOVŠEK B. (2007). Toplotni mostovi zaradi nepravilne vgradnje oken. V: Gradbenik. Let. 11, št. 3. str. 72 - 73.
31. GROBOVŠEK B. (2007). Pasivne hiše. V: Gradbenik; Nizkoenergijske in pasivne hiše. Let. 11, št. 4. str. 6 – 8.
32. GROBOVŠEK B. (2007). Ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. V: Gradbenik; Nizkoenergijske in pasivne hiše. Let. 11, št. 4. str. 16 – 18.
33. GOLMAJER V. (2007). Solarni kolektorji. V: Gradbenik. Let. 11, št. 7-8. str. 42 -43.
34. PRAZNIK M. in KOVIČ S. (2007). Vpliv toplotnih mostov. V: Gradbenik. Let. 11, št. 7-8. str. 35 – 37.
35. GROBOVŠEK B. (2007). Ogrevanje nizkoenergijskih hiš s sončno energijo. V: Gradbenik. Let. 11, št. 11. str. 72 - 73.
36. ZBAŠNIK SENEGAČNIK M. (2008). Primerjava stroškov gradnje nizkoenergijske in pasivne hiše. V: Gradbenik. Let. 12, št. 1. str.42- 44.

- 37. Pasivna hiša.**[Online]. [Citirano 6. marec 2008; 23.56]. Dostopno na spletnem naslovu:

<http://www.energetika.net/portal/index.html?ctrl:id=page.default.counsel&ctrl:type=render&ec%3Adet=40523&en%3Aref=counselSource>

- 38. Načrtovanje pasivne hiše.** [Online]. [Citirano 25. februarja 2008; 15.40]. Dostopno na spletnem naslovu:

http://sl.wikipedia.org/wiki/Na%C4%8Drtovanje_pasivne_hi%C5%A1e

- 38. Svetovanje pri gradnji.** [Online]. [Citirano 28. februarja 2008]. Dostopno na spletnem naslovu:

<http://gcs.gi-zrmk.si/svetovanje/BOGFE/BOGFEpasivnahisa.pdf>

- 39. Oprema za prezračevanje pasivnih hiš.** [Online]. [Citirano 8. marca 17.38]. Dostopno na spletnem naslovu:

http://www.agregat.si/sl/ponudba/rekuperatorji_in_ostala_oprema_za_prezracevanje_pasivnih_in_varcnih_his/