

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

NAČRTOVANJE, IZGRADNJA NIZKOENERGIJSKE IN
PASIVNE STANOVANJSKE HIŠE TER NJUNE POZITIVNE IN
NEGATIVNE LASTNOSTI

Kandidatka: Vanja Tanasič

Študentka študija ob delu

Številka indeksa: 11190122805

Program: Gradbeništvo

Mentor: g. Benedikt Boršič, u.d.i.g., predavatelj

Maribor, avgust 2011

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisana Vanja Tanasič, številka indeksa 11190122805, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »NAČRTOVANJE, IZGRADNJA NIZKOENERGIJSKE IN PASIVNE STANOVANJSKE HIŠE TER NJUNE POZITIVNE IN NEGATIVNE LASTNOSTI«.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah; UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSS Academia skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSS Academia-i objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, avgust 2011

Podpis:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju g. Benediktu Boršiču za izkazano zaupanje ob mentorstvu.

Zahvaljujem se ga. Nadici Granduč za lektoriranje.

Prav tako se zahvaljujem celotnemu osebju Višje strokovne šole Academia za njihov pozitiven odnos, trud in razumevanje.

POVZETEK

V današnjem času, ko smo ljudje vse bolj ekološko ozaveščeni, se pri novogradnjah čedalje bolj uveljavlja gradnja nizkoenergijskih in pasivnih hiš. Nizkoenergijska hiša potrebuje za ogrevanje še konvencionalni ogrevalni sistem. Pasivna hiša pa za vzpostavljanje toplotnega ugodja ne potrebuje konvencionalnega ogrevalnega sistema in klimatizacije. Kdor se odloči za izgradnjo pasivne hiše, mora že v začetni fazi vedeti, kaj to pomeni. Pri izgradnji pasivne hiše je treba vse od izbire lokacije pa do gospodinjskih aparatov skrbno načrtovati, saj v nasprotnem primeru ne zadostimo standardu »pasivne hiše«.

Ključne besede: nizkoenergijska hiša, pasivna hiša, toplotno ugodje, toplotni most, zrakotesnost, ogrevanje, prezračevanje, tehnologija gradnje.

ABSTRACT

In the present day when people are more and more environmentally conscious, building of passive and low-energy houses are increasing. The low-energy house still needs for heating a conventional heating system. Passive house is a house that does not require conventional heating system and air-conditioning for good thermal comfort. Anyone who decides to build a passive house, should already know what this concept means. In the construction of passive house everything from choosing the location to domestic appliances must be carefully planned otherwise »passive house« standard is not achieved.

Keywords: the low-energy house, passive house, thermal comfort, thermal bridge, air tightness, heating, air ventilation, construction technology.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA	2
ZAHVALA.....	3
POVZETEK	4
ABSTRACT	5
KAZALO SLIK.....	8
KAZALO TABEL.....	8
1. UVOD	9
2. DEFINICIJA NIZKOENERGIJSKE IN PASIVNE HIŠE	10
2.1. Kaj predstavlja pojem »nizkoenergijska«?.....	10
2.2. Kaj predstavlja pojem »pasivna«?.....	10
3. OSNOVNI KRITERIJI ZA NAČRTOVANJE NIZKOENERGIJSKE IN PASIVNE HIŠE	11
3.1. Osnovni kriteriji za načrtovanje nizkoenergijske hiše	11
3.2. Osnovni kriteriji za načrtovanje pasivne hiše	11
3.2.1. Orientacija	11
3.2.2. Shranjevanje sončne energije	12
3.2.3. Toplotna razporeditev prostorov	12
3.2.4. Oblika zgradbe	13
4. BIVALNO UGODJE V NIZKOENERGIJSKI IN PASIVNI HIŠI.....	16
4.1. Fizična aktivnost	17
4.2. Obleka	17
4.3. Temperatura zraka v prostoru.....	18
4.4. Temperatura obodnih površin	18
4.5. Toplotna prevodnost površin.....	18
4.6. Hitrost gibanja zraka	18
4.7. Vlažnost zraka	19
5. TEHNOLOGIJA GRADNJE	20
5.1. Masivne stene	20
5.2. Lahke stene.....	21
6. TOPLOTNI MOSTOVI	22
6.1. Vrste toplotnih mostov	23

6.1.1. Konstrukcijski toplotni mostovi	23
6.1.2. Geometrijski toplotni mostovi.....	23
6.1.3. Konvekcijski toplotni mostovi	24
6.2. Težave, ki nastanejo zaradi toplotnih mostov	24
6.3. Načrtovanje detajlov brez toplotnih mostov	25
6.3.1. Stik toplotnega ovoja zgradbe z neogrevano kletjo ali s terenom.....	25
6.3.2. Previsne konstrukcije	26
6.3.3. Obešena fasada	27
6.3.4. Priključek strehe na steno.....	28
7. ZRAKOTESNOST.....	29
7.1. Načrtovanje zrakotesnega ovoja.....	29
7. 2. Meritev zrakotesnosti	31
8. TOPLOTNA IN ZVOČNA ZAŠČITA	32
8.1. Toplotni ovoj zgradbe	32
8.1.1. Toplotna izolacija	32
8.1.2. Prosojna toplotna izolacija	34
8.2. Okna in steklene površine	36
9. OGREVANJE IN HLAJENJE	37
9.1. Ogrevanje	37
9.1.1. Priprava tople vode.....	38
9.2. Obnovljivi viri energije	38
9.2.1. Solarni sistemi	38
9.2.2. Toplotne črpalke.....	39
9.4. Klimatizacija	40
10. PREZRAČEVANJE.....	41
10.1. Delovanje prezračevalne naprave z rekuperacijo toplote.....	41
11. KOLIKO DRAŽJA JE PASIVNA HIŠA OD NIZKOENERGIJSKE HIŠE?	43
12. SKLEP	44
Literatura	45
Viri	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Orientacija pasivne hiše glede na položaj sonca	12
Slika 2: Razporeditev prostorov v pasivni hiši	13
Slika 3: Enostavna kvadratna pasivna hiša	14
Slika 4: Okrogla družinska pasivna hiša, Švedska	14
Slika 5: Razčlenjen ovoj pasivne hiše, Kanada	15
Slika 6: Večstanovajska večetažna pasivna zgradba	15
Slika 7: Zidaki iz polistirena so široki 100 cm, v odprtino se namesti armaturo in zaliže z betonom (na sliki v primerjavi z velikostjo prenosnega telefona)	21
Slika 8: Toplotni ovoj zgradbe mora biti neprekinjen	22
Slika 9: Tomografski posnetek hiše, ki ima slabo vgrajena okna –toplotni most	23
Slika 10: Geometrijski toplotni mostovi	24
Slika 11: Izolacijski podstavek (desno) in izolacijski zaključek (levo)	26
Slika 12: Priključek stene toplotnega ovoja zgradbe proti neogrevani kleti	26
Slika 13: Toplotno izoliran, nosiln povezovalni gradbeni element za preprečevanje toplotnih mostov pri balkonih oz. previsnih konstrukcijah	27
Slika 14: Sidra za pritrjevanje obešene fasade za pasivne hiše	27
Slika 15: Stik strešne konstrukcije in lahke stene	28
Slika 16: Zrakotesni ovoj zgradbe mora biti neprekinjen, na notranji strani toplotne izolacije	29
Slika 17: Prikaz uhajanja zraka skozi običajna mesta v konstrukciji	30
Slika 18: Blower door test	31
Slika 19: Tomografska slika fasade -primerjava ovoja stavbe brez dodatne toplotne zaščite (levo) in z dodatno toplotno zaščito (desno). Hladna mesta so vijolične barve, topla mesta pa rdeče, oranžne in rumene barve	32
Slika 20: Stena Marlesove hiše za lahke konstrukcije pri nizkoenergijski hiši po sistemu MEGA DOH (levo) in pasivni hiši po sistemu PASIV (desno)	33
Slika 21: Plastične cevke za prosojno toplotno izolacijo	34
Slika 22: Prenos toplote v stavbo pri prosojni toplotni izolaciji (levo) in klasični toplotni izolaciji (desno)	35
Slika 23: Pasivna hiša s prosojno toplotno izolacijo, pokrito z reflektivno zaveso, ki jo ščiti pred pregrevanjem	35
Slika 24: Temperature stekla pri zunanji temperaturi -10°C in temperaturi v prostoru 20°C .	37
Slika 25: A –vakuumski sončni kolektorji (levo), b-sončne celice na strehi (desno)	39
Slika 26: Delovanje toplotne črpalke	40
Slika 27: Prezračevalna naprava z rekuperatorjem toplote	42
Slika 28: Shema delovanja prezračevalne naprave	42

KAZALO TABEL

Tabela 1: Količina proizvedene toplote glede na fizično aktivnost	17
---	----

1. UVOD

Prvo pasivno zgradbo je zasnoval dr. Wolfgang Feist in je bila zgrajena leta 1991 v Darmstadtu v Nemčiji. Požela je veliko zanimanje pri potencialnih investitorjih. Leta 1996 je bil v Darmstadtu v Nemčiji ustanovljen Passivhaus Institut, katerega naloga je spodbujanje pasivne gradnje in nadzorovanje standardov. Od takrat se je gradnja pasivnih zgradb (enodružinske hiše, večstanovanjske zgradbe, šole, vrtci, telovadnice, poslovni in industrijski objekti) zelo povečala, največ jih je v Nemčiji in Avstriji. V Sloveniji se število zgrajenih pasivnih hiš povečuje. (http://sl.wikipedia.org/wiki/Pasivna_hi%C5%A1a, 15.8.2011)

Takoj, ko pomislimo na pasivno ali nizkoenergijsko hišo, imamo v mislih tudi že ekološki in prijazen odnos do okolja. V današnjem času se srečujemo z vse večjimi ekološkimi problemi, ki jih v večini povzročajo toplogredni plini. Največji delež toplogrednega učinka povzroča izgorevanje fosilnih goriv, pri čemer nastaja ogljikov dioksid (CO₂). Ker se večina stanovanjskih zgradb ogreva s fosilnimi gorivi, načrtovanje okolju prijaznih hiš teži k uporabi obnovljivih energijskih virov. Izkoriščanje solarne energije je v porastu. Samo sonce nam da v enem dnevu toliko energije, kot je porabi celotno svetovno prebivalstvo v enem letu.

V diplomski nalogi bi želela prikazati, na kaj moramo biti pozorni pri gradnji pasivne oz. dobre nizkoenergijske hiše. Kajti če želimo zadostiti standardu »pasivne hiše«, je zelo pomembno natančno načrtovanje. To pomeni, da pravilno izberemo lokacijo hiše, glede na položaj sonca, toplotno zasnovu prostorov, tehnologijo gradnje, toplotno izolacijo itd.. K pasivni gradnji spada tudi izbira ekoloških materialov, okolju prijaznih tehnologij ogrevanja in hlajenja, ogrevanja sanitarne vode ter pridobivanja električne energije.

2. DEFINICIJA NIZKOENERGIJSKE IN PASIVNE HIŠE

2.1. Kaj predstavlja pojem »nizkoenergijska«?

Za pojem »nizkoenergijska« se razume hiša, ki porabi od 20 do 55 kWh toplotne energije na kvadratni meter uporabne površine na leto oziroma od 2 do 5 litrov kurilnega olja na kvadratni meter na leto.

Pri nizkoenergijskih hišah letna raba energije za ogrevanje in pripravo tople vode ne sme presegati 80 kWh/m² na leto, kar pomeni, da za ogrevanje prostorov porabimo največ 55 in za pripravo tople vode največ 25 kWh/m² na leto. (<http://www.arhem.si/?p=1012>, 25.7.2011)

2.2. Kaj predstavlja pojem »pasivna«?

Pojem »pasivna hiša« izhaja iz dejstva, da zgradba ne potrebuje klasičnih ogrevalnih sistemov, temveč se pasivno ogreva s soncem in z izkoriščanjem notranjih virov ob minimalnih toplotnih izgubah. Potrebna toplota za ogrevanje zgradbe je lahko največ 15 kWh/m² bivalne površine na leto, kar ustreza približno 1,5 l kurilnega olja/m² ogrevane površine na leto. Pasivna hiša predstavlja trenutno najoptimalnejšo energijsko varčno hišo. (<http://www.fa.uni-lj.si/default.asp?id=2497>, 28.7.2011)

Značilne specifične vrednosti za pasivne hiše so:

- letna potrebna toplota za ogrevanje $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- skupna letna poraba primarne energije $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- letna poraba električne energije $\leq 18 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- toplotne izgube $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$,
- izmerjena nekontrolirana izmenjava zraka -zrakotesnost $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$.

(<http://www.pasivnahisa.eu/kriteriji-in-nacrtovanje-pasivne-hise>, 28.7.2011)

3. OSNOVNI KRITERIJI ZA NAČRTOVANJE NIZKOENERGIJSKE IN PASIVNE HIŠE

3.1. Osnovni kriteriji za načrtovanje nizkoenergijske hiše

Pri načrtovanju nizkoenergijske hiše moramo biti pozorni na osnovne kriterije:

- kompaktna gradnja ter zagotovljena zrakotesnost ovoja (zmanjšanje toplotne prehodnosti obodnih konstrukcij),
- vgradnja energetske varčne zasteklitve,
- zadostna toplotna izolacija,
- izkoriščanje toplote odtočnega -izrabljenega zraka,
- kontrolirano prezračevanje,
- uporaba izboljšanih sistemov ogrevanja,
- priprava tople sanitarne vode.

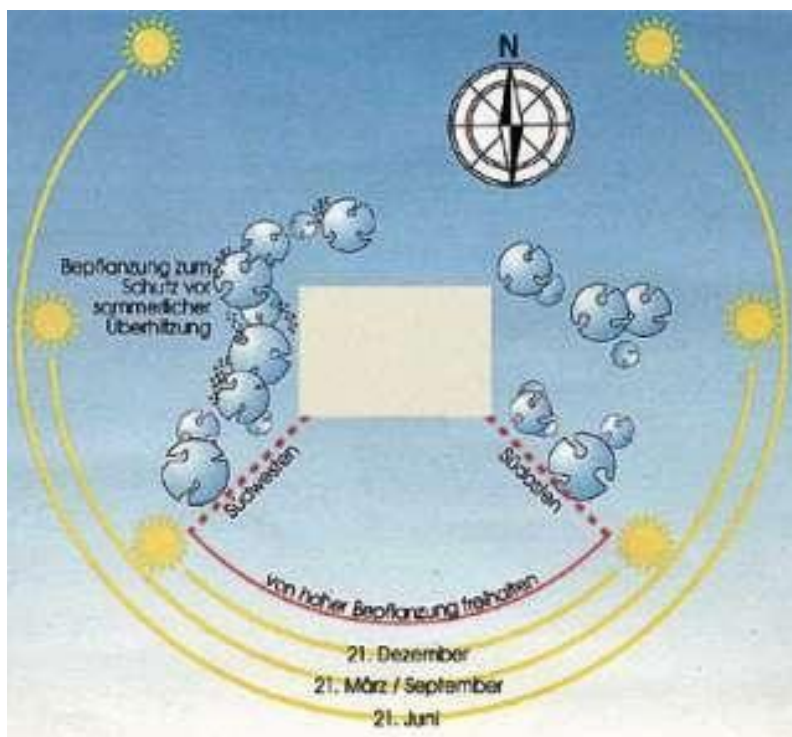
Z upoštevanjem vseh kriterijev zagotovimo izgradnjo nizkoenergijske hiše, ki jo odlikuje visoka stopnja bivalnega ugodja, enakomerna klima v prostoru, energijska učinkovitost, višje temperature notranjih obodnih površin pozimi, vgradnja nizko temperaturnih sistemov za ogrevanje, vgradnja prezračevalnega sistema z rekaptulacijo toplote. Pri gradnji uporabljamo okolju prijazne in obnovljive materiale, ki so proizvedeni z minimalno količino vgrajene energije in CO₂.

([http://www.prc.si/file/open/240_b4cfa6dc0875/Energijsko varčna gradnja in projektiranje.pdf](http://www.prc.si/file/open/240_b4cfa6dc0875/Energijsko%20varčna%20gradnja%20in%20projektiranje.pdf), http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/ESP/Koc_en_st.htm, 29.7.2011)

3.2. Osnovni kriteriji za načrtovanje pasivne hiše

3.2.1. Orientacija

Orientacija pasivne hiše je zelo pomembna, saj je od nje odvisen izkoristek sončne energije. Količina dobitkov sončnega sevanja je odvisna od letnega časa, dnevnega gibanja sonca in orientacije fasade. Pri orientaciji je treba upoštevati, da je bivalni del hiše, kjer so velike steklene površine, obrnjen proti jugu, da je izkoristek sončne energije čim večji. Pozimi je najbolj obsijana južna fasada, takrat tudi potrebujemo največ toplote. Vzhodna fasada je najbolj obsevana zjutraj, zahodna fasada pa popoldan. Poleti pa je najmanj obsevana južna fasada. Pozorni moramo biti tudi na to, da nam sosednji objekti in drevesa ne zasenčijo hiše, kar bi v zimskih mesecih zmanjševalo izrabo sončne energije. V poštrev pridejo listopadna drevesa, ki nam v poletnih mesecih nudijo senco, pozimi pa ne blokirajo sončnih žarkov. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf, 29.7.2011)



Slika 1: Orientacija pasivne hiše glede na položaj sonca

Vir: <http://www.pasivna-hisa.com>, 28.7.2011

3.2.2. Shranjevanje sončne energije

Namen shranjevanja sončne energije je ta, da lahko v času, ko sončnega sevanja ni na voljo, izrabimo shranjeno toploto. Masivna gradiva neposredno absorbirajo del sončnega sevanja, ki prodre skozi zasteklitev, se ogrejejo ter shranijo toploto (primarno shranjevanje). Del toplote pa se odbije od tega masivnega gradiva in se shrani v drugem gradivu (sekundarno shranjevanje). Količina shranjene toplote je odvisna od specifične toplote gradiva, toplotne prevodnosti gradiva ter barve njegove površine. Temnejša je barva, večji je delež shranjene energije. Vse to ugodno vpliva na klimo, saj se večji del energije absorbira in preprečuje pregrevanje prostora. Shranjevanje sončne energije sledi 24-urnemu ritmu. Shranjena toplota se v večernih urah ali v oblačnem vremenu, ko ni sončnega obsevanja, vrača v prostor in tako uravnava temperaturo v njem.

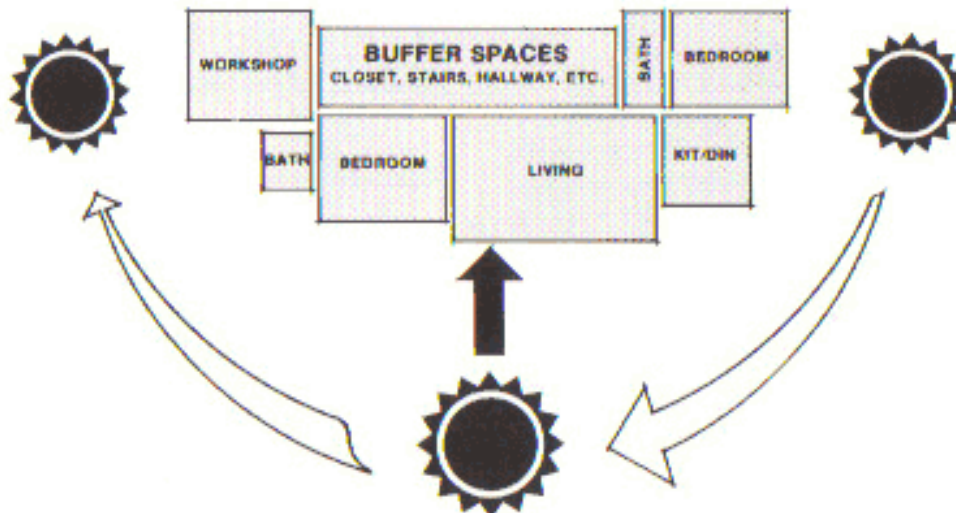
Tla absorbirajo največ toplote, saj so na južni strani neposredno obsijana, in zato ni velikega odboja. Vendar le, če so iz masivnega gradiva z veliko toplotno kapaciteto (npr. kamen). Drugi materiali, kot so preproge, parket, pa zmanjšujejo shranjevanje toplote.

Masivne stene iz betona, ilovice, opeke in silikatne opeke zelo dobro shranjujejo toploto. Stena naj bo debela od 10 do 12 cm, debelejša stena so manj učinkovite, ker delujejo na daljše časovno obdobje. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 38-39)

3.2.3. Toplotna razporeditev prostorov

Pri razporeditvi prostorov moramo upoštevati, v katerih prostorih se več zadržujemo, ker so tam potrebne višje temperature kot drugod v hiši, in v katerih manj. Na južni strani tako

načrtujemo npr. dnevno sobo, jedilnico, na severni strani pa shrambo, stopnišče, wc. Pozorni moramo biti tudi na klet. Če želimo ogrevane kletne prostore, moramo načrtovati klet znotraj toplotnega ovoja zgradbe. Če pa bo klet neogrevana, pa mora biti zunaj toplotnega ovoja zgradbe. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 41)



Slika 2: Razporeditev prostorov v pasivni hiši

Vir: <http://www.house-energy.com/Landscape/Orientation.htm>, 28.7.2011

3.2.4. Oblika zgradbe

Prava pasivna hiša je konstrukcijsko nezahtevna, kompaktna, enostavna. Pri načrtovanju oblike zgradbe ima velik pomen omejevanje transmisijskih toplotnih izgub na čim manjšo mero, zato je pomembno, da je zunanjih površin glede na volumen objekta čim manj. Razmerje med površino in volumnom se izraža s faktorjem oblike. Zelo ugoden faktor imajo zgradbe v obliki kvadrata, okrogle zgradbe, osem kotne in elipsaste. V primerjavi z enodružinskimi prostostoječimi hišami imajo najugodnejši faktor vrstne družinske hiše ter večstanovanjske zgradbe, ker imajo manj zunanjih površin glede na celoten volumen zgradbe. Tudi pri bolj razčlenjenem ovoju zgradbe je mogoče doseči standarde pasivne hiše, vendar je takšna izvedba precej zahtevnejša in dražja. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, str. 40; http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf, 28.7.2011)



Slika 3: Enostavna kvadratna pasivna hiša

Vir: <http://www.furnitureminimalist.com/ideas-for-home/passive-house>, 1.8.2011



Slika 4: Okrogla družinska pasivna hiša, Švedska

Vir: <http://world-most-beautiful-houses.blogspot.com/2011/08/round-passive-house-sweden.html>, 1.8.2011



Slika 5: Razčlenjen ovoj pasivne hiše, Kanada

Vir: <http://besthomedesign.org/passive-house-in-canada-by-frits-de-vries-architect.html>, 1.8.2011



Slika 6: Večstanovanjska večetažna pasivna zgradba

Vir: http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Beispiele_passivhaus.html, 1.8.2011

4. BIVALNO UGODJE V NIZKOENERGIJSKI IN PASIVNI HIŠI

Bivalno ugodje lahko definiramo kot dobro počutje človeka v prostoru. Zajema ugodno razmerje osvetlitve, psihološko in higiensko ugodje, predvsem pa s tem mislimo na toplotno oz. temperaturno ugodje. Na toplotno ugodje človeka vpliva temperatura okolice, kadar ni prehladno in ne pretoplo. Vendar je meje področja dobrega počutja težko določiti, saj je to odvisno od občutka vsakega posameznika. (<http://www.saving-energy.info/si/kvaliteta/?v=kvaliteta>, 1.8.2011)

Človeško telo venomer oddaja toploto v okolico ali sprejema toploto iz nje. Telo oddaja toploto v okolico s sevanjem, s konvekcijo (prestopom), z izhlapevanjem skozi dihalne poti (dihanjem) in s kožo (potenjem). Delež senzibilne oz. zaznavne oddane toplote je 44% sevanje, 31% konvekcija, 21% potenje in 4% dihanje, ostalih 25% pa je latentne oz. prikrite toplote. Sprejema pa toploto iz zraka, ki ga obdaja, sevalnih površin ter z dotikanjem predmetov. Za ugodno toplotno počutje mora biti oddani toplotni tok enak prejetemu oz. nastalemu toplotnemu toku v telesu. Če telo odda več toplote, kot je nastane, nas zebe, v primeru, da pa odda manj toplote, kot je nastane, pa nam je vroče. (<http://www.energijadoma.si/znanje/strokovnjak-svetuje/zagotavljanje-optimalnih-parametrov-za-ugodno-bivanje>, 1.8.2011)

Za doseganje toplotnega ugodja so pomembni naslednji parametri:

- fizična aktivnost,
- obleka,
- temperatura zraka v prostoru,
- temperatura obodnih površin,
- toplotna prevodnost površin,
- hitrost gibanja zraka,
- vlažnost zraka.

(http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_2-01.PDF, 1.8.2011)

Toplotno ugodje vpliva tudi na porabo energije za ogrevanje, s tem pa prav tako na stroške ogrevanja. Zato je zelo pomembno, da se pri gradnji upoštevajo parametri za zagotavljanje toplotnega ugodja v zgradbi, saj se za vsako stopinjo Celzija poraba energije zviša za 5 do 6 odstotkov.

Pri nizkoenergijskih hišah se toplotno ugodje zagotavlja z dobro izolacijo in s konvencionalnim ogrevalnim sistemom, z grelnimi telesi (npr. radiatorji). Pri ogrevanju prostorov z radiatorji nastanejo močni vzgonski tokovi, zrak je suh, polno je prašnih delcev, kar povzroča slabo počutje. Zaradi slabše izolacije zunanega ovoja zgradbe so razlike med temperaturo zraka v prostoru in temperaturo obodnih površin precej večje, kar povzroča

občutek prepiha -vlek. (<http://obcina.kranjska-gora.si/aktualno/rajko/vpliv%20ogreval%20in%20prezracevanje.pdf>, 1.8.2011)

Kakšno pa je ugodje v pasivni hiši, kjer ni konvencionalnega ogrevalnega sistema, kjer ni radiatorjev? Čeprav so temperature zraka v prostoru nižje kot pri običajni ali nizkoenergijski hiši, je toplotno ugodje višje. Zelo dobra toplotna izolacija zunanje ovoja je vzrok, da ima pasivna hiša zunanje stene vedno tople. Tako je razlika med temperaturo zraka v prostoru in temperaturo obodnih površin majhna. Zaradi tega se zrak v prostoru ne ohlaja in se skoraj ne giblje, temperatura zraka v prostoru je enakomerno razporejena. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ugodje.pdf, 1.8.2011)

4.1. Fizična aktivnost

Na toplotno ugodje človeka vpliva tudi njegova fizična aktivnost. V tabeli 1 je prikazano, kako proizvedena toplota (W/m^2), ki jo človeško telo oddaja v okolico s fizično aktivnostjo (met), narašča. Vrednosti so prikazane za odraslega človeka, ki ima površino kože $1,8 \text{ m}^2$.

1 met ustreza toplotnemu toku $58,2 \text{ W/m}^2$.

Opis aktivnosti	Merilo fizične aktivnosti (met)	Proizvedena toplota (W/m^2)
Ležanje	0.8	46.56
Sedenje	1.0	58.2
Sedeče delo v pisarni	1.2	69.84
Lahko delo, stoje (nakupovanje)	1.6	93.12
Srednje težko delo, stoje (hišna opravila, delo v delavnici)	2.0	116.4
Težko delo (šport, težka industrija)	3.0	174.6

Tabela 1: Količina proizvedene toplote glede na fizično aktivnost

Vir: http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_2-01.PDF in <http://www.energijadoma.si/znanje/strokovnjak-svetuje/zagotavljanje-optimalnih-parametrov-za-ugodno-bivanje>, 4.8.2011

4.2. Obleka

Tudi obleka, tako imenovana »druga koža«, uravnava oddajanje toplote v okolico. Ima izolativno funkcijo in zadrži toploto oz. prepreči, da bi prešla vsa toplota s telesa v okolico. Temperatura med kožo in obleko mora biti med 27°C in 29°C . Vrsto obleke označujemo s faktorjem »clo« in vpliva na določitev temperature v prostoru.

(<http://www.energijadoma.si/znanje/strokovnjak-svetuje/zagotavljanje-optimalnih-parametrov-za-ugodno-bivanje>, 4.8.2011)

4.3. Temperatura zraka v prostoru

Temperatura zraka v prostoru močno vpliva na počutje človeka in je odvisna od zunanje temperature, vrste ogrevanja in ogreval ter toplotne izolacije zunanjih sten. Temperaturo v prostoru določa standard ISO 7730 (v konvencionalnih hišah določa ugodne razmere za običajne oblačenja v notranjih prostorih): v zimskem med 20°C in 24°C, v letnem času pa med 23°C in 26°C. Temperature v prostoru so za pasivne hiše določene med 18°C in 20°C in so nižje kot pri običajnih hišah. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 29-30)

4.4. Temperatura obodnih površin

Za doseganje toplotnega ugodja so zelo pomembne temperature površin, ki obdajajo prostor. Človek velik del toplote odda s sevanjem in s pomočjo sevanja površin, ki ga obdajajo, toploto tudi sprejema. Na podlagi izkušenj so ugotovili, da je ugodje v hiši optimalno, kadar je razlika med sevalno temperaturo notranjih površin zunanje stene in oken ter zrakom v prostoru manjša kot 2,5 K. Pri običajni hiši z dvoslojno zasteklitvijo pa je ta vrednost 8 K. Ker pri pasivni hiši ni grelnih teles, moramo asimetrijo sevalne temperature zagotoviti z dobro toplotno izolacijo in zasteklitvijo. Pri običajni hiši pa z vgradnjo grelnih teles pod okni. (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT89.htm>, 2.8.2011; Zbašnik-Senegačnik, 2007, 30-31)

4.5. Toplotna prevodnost površin

Če stojimo z bosimi nogami na kamnitih ali keramičnih tleh, se nam zdijo bolj hladna, kot če stojimo na lesenih tleh, čeprav je temperatura materialov enaka. To je posledica različne toplotne prevodnosti materialov. Toplotna prevodnost je odvisna predvsem od gostote materiala in njegove vlažnosti. Običajne toplotne prevodnosti izolacijskih materialov se gibljejo od 0,030 do 0,050 W/mK. (<http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/mehanizmi-prehoda-toplote.html>, 3.8.2011)

4.6. Hitrost gibanja zraka

Zrak v prostoru se giblje zaradi temperaturnih razlik. Zrak, ki se ob hladnih stenah in oknih ohladi se začne zaradi večje gostote spuščati. Ob premikanju po tleh se nato spet segreje, postane lažji in zaradi tega se začne dvigovati. Večje so temperaturne razlike med notranjimi površinami, hitreje se zrak giblje, kar pa zmanjšuje toplotno ugodje.

V pasivni hiši z dobro izolacijo in zasteklitvijo preprečimo velike temperaturne razlike med obodnimi površinami, zato je gibanje zraka minimalno. V nizkoenergijski hiši pa za izboljšanje toplotnega ugodja vgradimo ogrevalna telesa pod okna, ki povzročijo, da se smer gibanja zraka obrne in temperatura pri tleh zviša. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 31)

4.7. Vlažnost zraka

Vlažnost zraka v prostoru je predvsem odvisna od temperature zraka ter predmetov v prostoru, ki vlago vežejo nase ali pa jo oddajajo. Relativna vlažnost zraka v prostoru naj bi bila med 40% in 55%. V pasivni hiši, ki nima konvencionalnih grelnih teles, ne pride do izsušitve zraka. Pri nizkoenergijski in običajni hiši pa radiatorji predvsem v zimskem času izsušijo zrak, vlažnost pade pod 35%. Pri preveliki vlažnosti pa se pojavijo problemi z uravnavanjem telesne temperature. Za optimalno ugodje moramo poskrbeti za pravilno vlaženje prostorov.

5. TEHNOLOGIJA GRADNJE

Za nizkoenergijske in pasivne hiše se uporablja masivna in lahka konstrukcija ali kombinacija obeh (masivna nosilna konstrukcija ter lahki stenski in strešni elementi). Z vsako izbrano konstrukcijo in z izbiro različnih gradiv lahko dosežemo enake rezultate. Izbira tehnologije gradnje je odvisna od investitorja in cene, velikokrat tudi od znanja projektantov in izvajalcev. Smotrno je pri graditvi uporabljati postopke in materiale, ki so že preizkušeni.

Pri izbiri tehnologije gradnje in materialov upoštevamo:

- tehnologija gradnje naj bo preizkušena,
- uporaba naravnih in ekoloških materialov,
- toplotni ovoj mora ustrezati standardom,
- konstrukcija mora biti zrakotesna, vetrnotesna in difuzijsko odprta,
- prefabrikacija zagotavlja kakovost in skrajšuje čas gradnje.

(<http://www.pasivnahisa.eu/tehnologija-gradnje>, 3.8.2011)

5.1. Masivne stene

Pri masivni gradnji je nosilna konstrukcija iz opečnih zidakov, opečnih zidakov polnjenih s perlitom, zidakov iz betona ali lahkega betona ter iz betona na gradbišču vlitega v prefabricirane opazne elemente (izgubljeni opaž). Lahko pa se tudi uporabijo posebni opazni elementi iz polistirena, ki imajo na zunanji strani debelejšo plast polistirena, na notranji pa tanjšo. Gradnja s takšnimi elementi je enostavna. Na mestu graditve se sestavijo, vstavi se armatura in nato se odprtine zalijejo z betonom. Najbolj razširjen način gradnje je z opečnimi zidaki. Stene morajo biti na zunanji strani primerno izolirane. Debelina masivne stene je odvisna od statičnih zahtev. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf, 3.8.2011)



Slika 7: Zidaki iz polistirena so široki 100 cm, v odprtino se namesti armaturo in zalije z betonom (na sliki v primerjavi z velikostjo prenosnega telefona)

Vir: http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2011_stenske-konstrukcije.pdf, 3.8.2011

5.2. Lahke stene

Pri lahki montažni gradnji je osnovni material les, ki se uporablja v obliki prefabriciranih elementov. To so: sistem stebrov in prečk, leseni okvirji, sistem baloon frame, konstrukcije iz masivnega in žebljanega lesa, votli elementi iz troslojnih plošč, nosilni elementi iz lesenega ogrodja itd.. Lahke konstrukcije so lahko izvedene v delavnici (stene) ali pa so v celoti sestavljene na gradbišču. Med nosilno leseno konstrukcijo je izolacija. Izolacijo pa moramo namestiti tudi na notranji strani stene, saj je les material z večjo toplotno prevodnostjo kot izolacija in zaradi tega pride do toplotnih mostov. Z dodatno izolacijo na notranji strani stene zmanjšujemo toplotne mostove, ta izolacija pa služi tudi kot instalacijska ravnina. Vendar taka stena še nima potrebne toplotne izolativnosti. Za zagotavljanje zahtev standarda pasivne hiše so najprimernejše montažne stene z I nosilci, ki imajo zaradi manjšega prereza manjši vpliv na toplotno prehodnost stene. Ti nosilci so sestavljeni iz zgornje in spodnje letve iz masivnega lesa, vmes pa je stojina iz lesenih gradiv (vezana, OSB plošča). (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf, 3.8.2011)

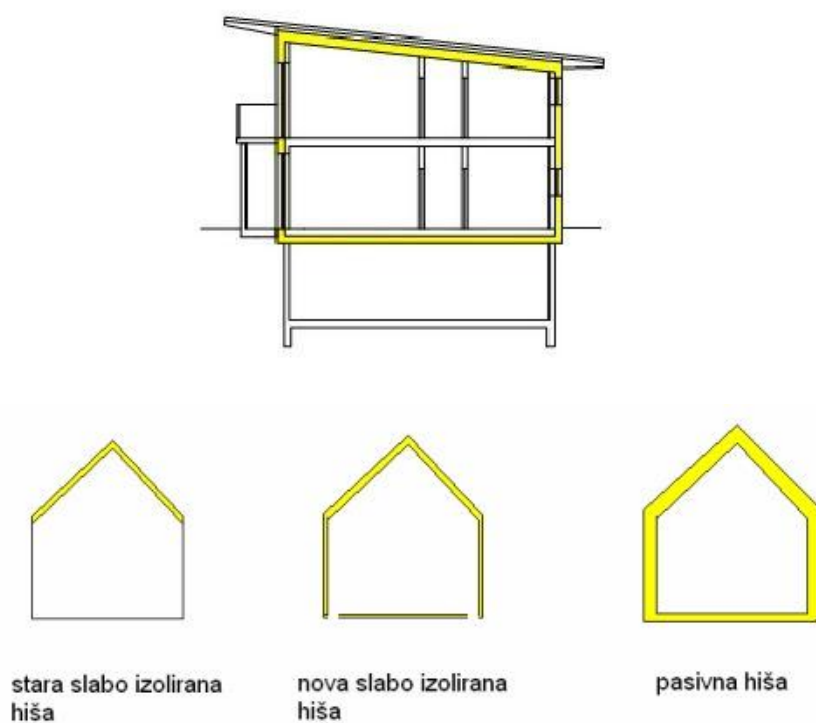
Če primerjamo masivne in lahke konstrukcije, potem lahko rečemo, da imajo lahke konstrukcije zaradi majhne lastne teže tudi slabšo sposobnost dolgotrajnega shranjevanja toplote. Težje kot pri masivni gradnji zagotovimo toplotni ovoj zgradbe brez toplotnih mostov, zrakotesnost ter vetrno tesnost fasadnega ovoja. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 44)

6. TOPLOTNI MOSTOVI

Toplotni most nastane na zunanjem mestu ovoja zgradbe, kjer je prekinjena toplotna izolacija oziroma spremenjena karakteristika ovoja zgradbe. Na tem mestu pride do povečanega prehoda toplote skozi ovoj zgradbe. Površina se na tem mestu v prostoru hitreje ohlaja, kar povzroči večje razlike med temperaturo površine in temperaturo zraka, posledično bosta na tem mestu nastajali vlaga in plesen. Zato je treba za gradnjo brez toplotnih mostov že v fazi načrtovanja skrbno preučiti vsa kritična mesta, za kar obstajajo učinkoviti računalniški programi. Vendar samo z načrtovanjem brez natančne izvedbe ne rešimo problema toplotnih mostov. (<http://veselonadelo.si/toplotni-most>, 4.8.2011)

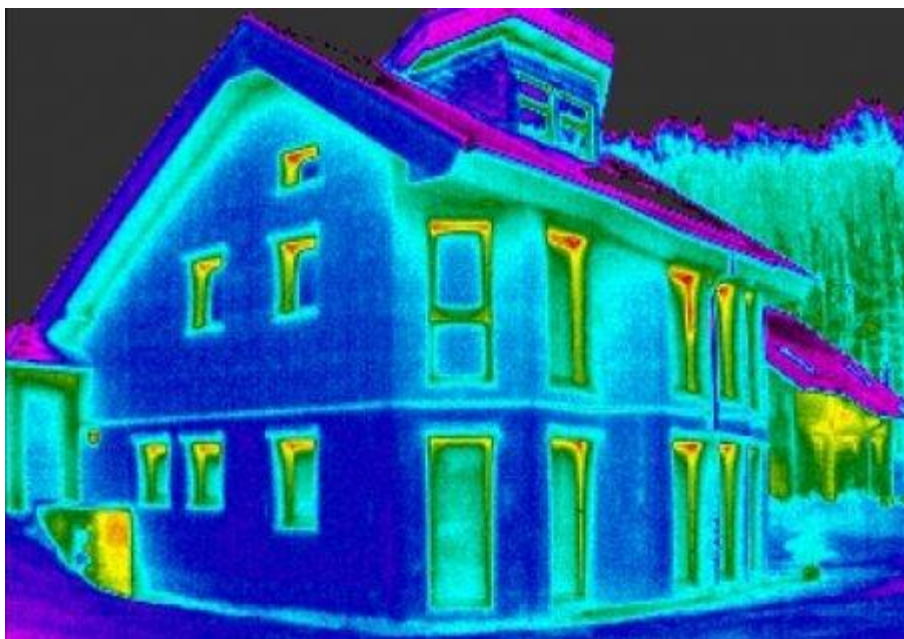
»Zgradbe so brez toplotnih mostov, kadar je linijska toplotna prehodnost $\psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$ in kadar so notranje površinske temperature (pri najnižji temperaturi zunanjega zraka -10°C in zemlje $+10^\circ\text{C}$) vedno nad 13°C .«

(http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf, 4.8.2011)



Slika 8: Toplotni ovoj zgradbe mora biti neprekinjen

Vir: Zbašnik-Senegačnik, 2007, 66



Slika 9: Termografski posnetek hiše, ki ima slabo vgrajena okna –toplotni most

Vir: <http://www.color-sf.si/Informacije.asp?IDn=20>, 10.8.2011

6.1. Vrste toplotnih mostov

Glede na vzrok nastanka delimo toplotne mostove na konstrukcijske, geometrijske in konvekcijske. V praksi pa zelo pogosto naletimo na kombinacijo konstrukcijskih in geometrijskih toplotnih mostov in jih imenujemo kombinirani toplotni mostovi. (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF>, 3.8.2011)

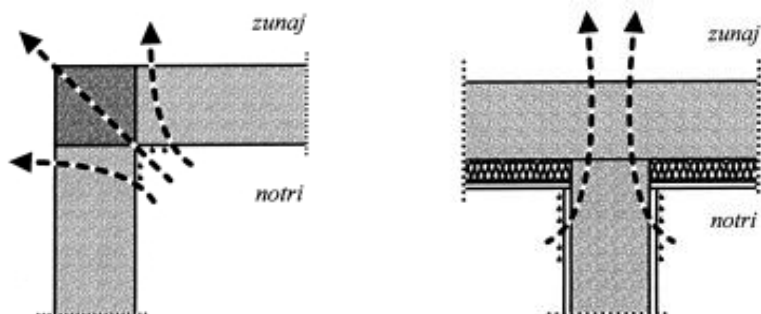
6.1.1. Konstrukcijski toplotni mostovi

Nastanejo tam, kjer je toplotni ovoj zgradbe prekinjen ali predrt z materialom z veliko toplotno prevodnostjo (npr. armiran beton ali jeklo). Nastajajo večinoma zaradi slabega načrtovanja in izvedbe detajlov na vseh križanjih konstrukcijskih sklopov, pri prebojih zaradi dimnikov in zračnikov, previsih, pri cevnih napeljavah v stenah, prekinitvah toplotne izolacije (pri okenskih špaletah in omaricah za roloje), v območju zidnih podstavkov (coklov) in temeljev. (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF>, 3.8.2011)

6.1.2. Geometrijski toplotni mostovi

Geometrijski toplotni most nastane tam, kjer je notranja površina, skozi katero uhaja toplota, precej manjša od zunanje površine. Zaradi povečanja preseka, skozi katerega toplota prehaja, se prevodnost povečuje. Geometrijski toplotni mostovi nastanejo na stikih sten pod določenim

kotom (vogali zgradbe, priključek stene na kap, čelni napušč, sleme itd.). Načeloma se jim v praksi ne moremo izogniti, lahko pa omilimo njihov pliv. Izogibati se je treba stikom sten pod kotom, manjšim od 90° , ukrivljene stene pa naj imajo čim večji radij. Pri dobro toplotno izolirani pasivni hiši je njihov vpliv zanemarljiv, saj se temperature na notranji površini stene zelo približajo temperaturam zraka. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, str. 64)



Slika 10: Geometrijski toplotni mostovi

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF>, 3.8.2011

6.1.3. Konvekcijski toplotni mostovi

Nastanejo tam, kjer skozi odprtine, špranje nekontrolirano odteka topli zrak. Pri pasivnih hišah jih praviloma ni, saj imajo zrakotesen ovoj, zato se lahko zanemarijo. Konvekcijske izgube nastanejo le pri odpiranju oken in vrat. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, str. 63)

6.2. Težave, ki nastanejo zaradi toplotnih mostov

Težave, ki nastanejo zaradi toplotnih mostov, imajo velik vpliv na toplotno bilanco zgradbe in kakovost bivalnega okolja:

- povečana poraba energije (večji stroški ogrevanja),
- slabše toplotno ugodje,
- pomanjkljiva stanovanjska higiena,
- ogrožanje delov konstrukcije.

V območju toplotnih mostov je toplotni tok povečan in temperatura površine notranje stene se precej zniža. Zaradi toplotnih izgub se poveča raba toplotne energije, kar povzroči višje stroške za ogrevanje. Na mestih, kjer so toplotni mostovi, je razlika med temperaturo površine stene in temperaturo zraka v prostoru večja. Velike temperaturne razlike dajejo občutek prepiha (vlek). Da bi povečali toplotno ugodje, v prostoru povišamo temperaturo ogrevanja, kar spet vodi do večjih stroškov.

Nižje temperature notranjih površin na mestih toplotnih mostov lahko povzročijo rosenje. Na rosenje vpliva tudi visoka relativna vlažnost prostorov ob nezadostnem prezračevanju. Posledica nižje temperature je odlaganje prahu na te površine. Zaradi tega pride do pojava plesni, ki so lahko škodljive za zdravje.

Posledica toplotnih mostov je lahko tudi propad lesenih in drugih delov konstrukcije, npr. z rastjo plesni, hišne gobe, korozije, odpadanja ometa, cvetenja, izgube nosilnosti pri lesenih delih.

(<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF>, 3.8.2011, Zbašnik-Senegačnik, 2007, 65-66)

6.3. Načrtovanje detajlov brez toplotnih mostov

Pri manjših objektih lažje dosežemo konstrukcijo brez toplotnih mostov kot pri večjih objektih. Problemi nastanejo tam, kjer je:

- pod ogrevanim toplotnim ovojem neogrevana klet,
- izvedba toplotne izolacije pod talno ploščo zahtevnejša,
- balkon na fasadi,
- obešena fasada (toplotni most so sidra za pritrjevanje fasade),
- stopnišča, ki vodijo do neogrevane kleti
- itd.

(http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf, 3.8.2011)

Ko načrtujemo gradnjo brez toplotnih mostov, tako kot to zahteva standard pasivne hiše, moramo upoštevati osnovno načelo: plast toplotne izolacije mora biti načrtovana tako, da brez prekinitev ovije hišo. Toplotna izolacija je pri masivnih stenah debeline najmanj 25 cm, pri lahkih montažnih konstrukcijah pa 35 do 40 cm. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 66)

6.3.1. Stik toplotnega ovoja zgradbe z neogrevano kletjo ali s terenom

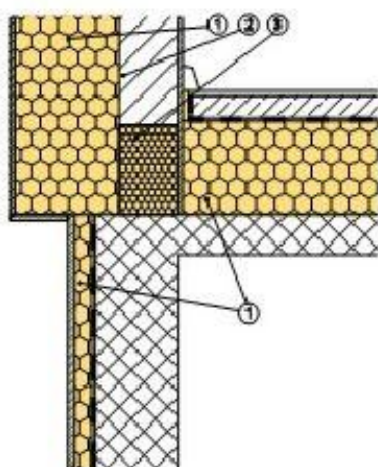
Toplotni mostovi nastanejo na mestu, kjer se stikajo notranje stene in plošča nad neogrevano kletjo, ter pri stiku temelja z zunanjo ali notranjo steno. Toplotni most rešujemo z vgradnjo izolacijskega podstavka ali zaključka, odvisno od tega, ali je toplotna izolacija nad medetažno ploščo ali pod medetažno ploščo. Izolacijski podstavek oz. zaključek sta iz materialov z nizko toplotno prevodnostjo, npr. porobeton 500 ($\lambda=0,12 \text{ W/(mK)}$), penjeno steklo ($\lambda=0,045\text{--}0,052 \text{ W/(mK)}$), ekstrudirani polistiren ($\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$). (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 67-68)



Slika 11: Izolacijski podstavek (desno) in izolacijski zaključek (levo)

Vir: http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf, 3.8.2011

Če toplotno izolacijo položimo na zunanjo stran konstrukcije, pod temeljno ploščo oz. pasovni temelj se učinkovito izognemo toplotnim mostovom na stiku konstrukcije s terenom. Če je toplotna izolacija nad temeljno ploščo, so njene toplotne izgube več kot dvakrat večje, kot če je izolacija položena pod temeljno ploščo.



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

Slika 12: Priključek stene toplotnega ovoja zgradbe proti neogrevani kleti

Vir: Zbašnik-Senegačnik, 2007, 67

6.3.2. Previsne konstrukcije

Previsne plošče veljajo za največji konstrukcijski toplotni most v zgradbi, ker so izdelane kot podaljšek armiranobetonske plošče, ki ima veliko toplotno prevodnost. V pasivnih hišah so se zato balkoni, nadstreški, stopnišča izdelovali kot obešane in prislonjene konstrukcije, pritrjene na zgradbo s tankimi, termično ločevalnimi sidri. Sedaj pa so se na trgu začeli pojavljati termični elementi za prekinitev toplotnega mostu, ki omogočajo konzolno konstrukcijo.



Slika 13: Toplotno izoliran, nosilni povezovalni gradbeni element za preprečevanje toplotnih mostov pri balkonih oz. previsnih konstrukcijah

Vir: http://www.schoeck.co.uk/en_gb/new-construction/schoeck-isokorb--106#, 19.8.2011

6.3.3. Obešena fasada

Sama obešena prezračevana fasada nudi gradbeno-fizikalne prednosti, saj prezračevalna plast, ki je za fasadno oblogo, skrbi, da je stena difuzijsko odprta. V pasivnih hišah so pri montaži obešene fasade problematična le sidra, s katerimi se fasadna obloga pritrdi na konstrukcijo. Sidra namreč prebadajo toplotno izolacijo in tako nastane toplotni most. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf, 1.8.2011)



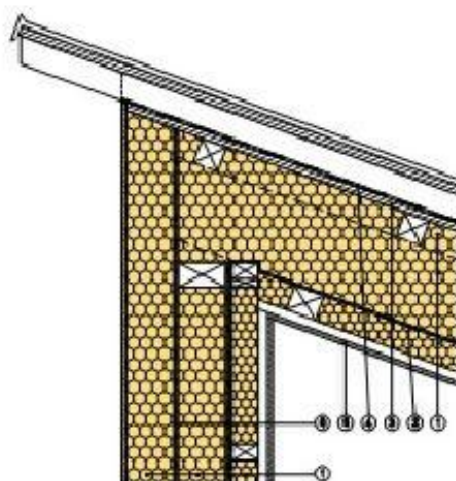
Slika 14: Sidra za pritrdjevanje obešene fasade za pasivne hiše

Vir: http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf, 3.8.2011

6.3.4. Priključek strehe na steno

Pri strešni konstrukciji predstavljajo toplotni most špirovci, ki pa jih nadomestimo z I nosilci. Konstrukcije z I nosilci imajo ugodnejšo toplotno prehodnost.

Pri priključku ravne strehe na masivni zunanji zid pa uporabimo sloj zidakov iz porobetona ali glinoporja, ki imajo slabšo toplotno prevodnost kot opeka. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf, 1.8.2011)



- 1 - toplotna izolacija
- 2 - parna ovira
- 3 - opaž
- 4 - sekundarna kritina
- 5 - mavčnokartonska plošča
- 6 - iverna plošča

Slika 15: Stik strešne konstrukcije in lahke stene

Vir: Zbašnik-Senegačnik, 2007, 69

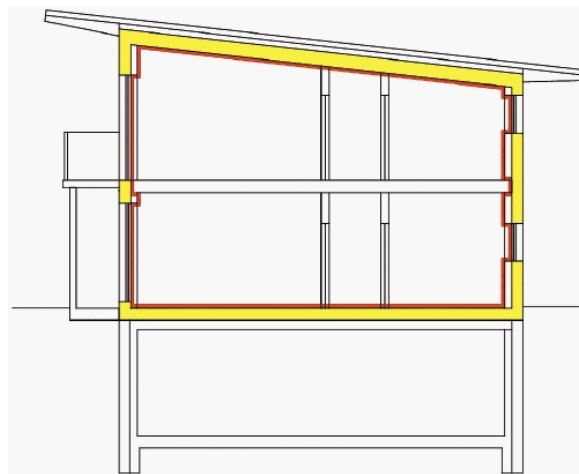
7. ZRAKOTESNOST

Bolj energijsko varčna je hiša, tem večji pomen ima zrakotesnost ovoja zgradbe. Zrakotesnost označuje delež celotne prostornine zraka, ki preide skozi ovoj zgradbe v eni uri pri tlačni razliki 50 Pa. Označuje nekontroliran pretok zraka skozi konstrukcijo v zgradbo ali iz nje. Problem zrakotesnosti predstavljajo razne špranje, fuge in netesna mesta v ovoju zgradbe, skozi katera uhaja topel ali prihaja hladen zrak v prostor.

Pomanjkljivosti, ki nastanejo zaradi prehajanja zraka skozi zunanji ovoj:

- nezanesljivost,
- gradbene poškodbe,
- prevajanje zraka,
- nekontrolirane toplotne izgube.

Najpogostejši vzrok gradbenih poškodb pri lahkih lesenih konstrukcijah je zadrževanje vode v luknjicah in porah stene. Voda na teh mestih zelo počasi izhlapeva. Do tega pride, ko veter potiska padavinsko vodo v špranje konstrukcije stene. Pri toku zraka od znotraj navzven pa v fugah zaradi ohlajanja zraka nastane kondenzat, kar povzroči, da se na navlaženi konstrukciji pojavi plesen. Pri prehodu zraka od zunaj v prostor, pa pride pri večjih špranjah in razpokah do vleka, kadar so zunanje temperature nizke in piha močan veter. Vse to vpliva na toplotno ugodje in večjo porabo toplotne energije. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 75-76)



Slika 16: Zrakotesni ovoj zgradbe mora biti neprekinjen, na notranji strani toplotne izolacije

Vir: http://www.dnevnik.si/tiskane_izdaje/dnevnik/1042294690, 4.8.2011

7.1. Načrtovanje zrakotesnega ovoja

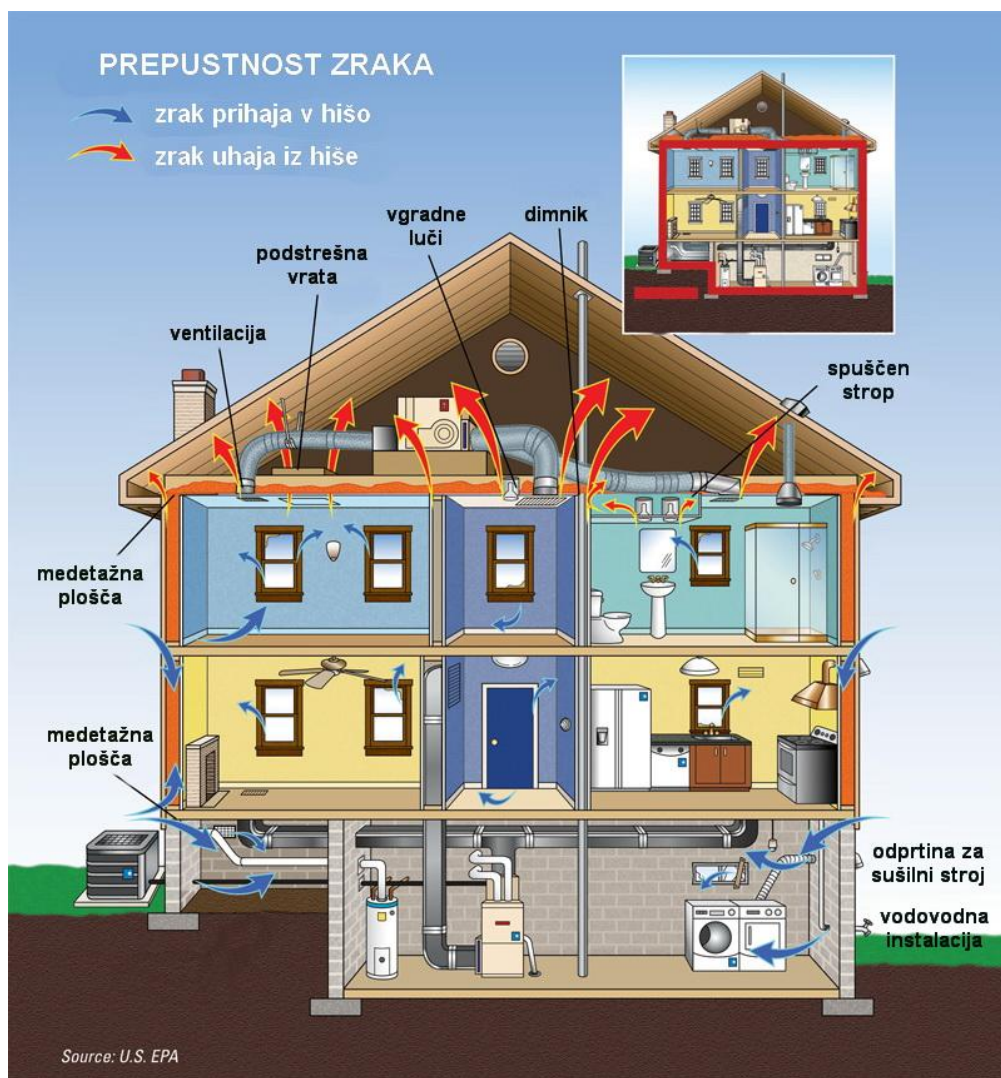
Da dosežemo zrakotesni ovoj, moramo natančno načrtovati in upoštevati vse stike gradbenih elementov v konstrukciji zgradbe. Pri izvedbi zrakotesne ravnine se uporabljajo že vpeljani in

preizkušeni principi polaganja in tesnjenja. Da je narejenih čim manj napak, morajo biti vsi konstrukcijski detajli enostavni in lahko izvedljivi. Vse površine, ki jih tesnimo, se izvedejo na enak način in tudi za načrtovanje stikov dveh površin, ki se ponavljajo, izberemo enak detajl. Prebojem zrakotesnega ovoja pa se, če je le možno, izogibamo.

Za popoln zrakotesni ovoj morajo biti upoštevani naslednji kriteriji:

- zrakotesni ovoj mora biti na vseh mestih neprekinjen,
- obstajati mora samo ena zrakotesna ravnina,
- zrakotesni ovoj je vedno pritrjen na notranjo stran toplotne izolacije,
- zrakotesna ravnina ne sme biti difuzijsko zaprta, ker deluje tudi kot parna ovira.

(Zbašnik-Senegačnik, 2007, 77-78)



Slika 17: Prikaz uhajanja zraka skozi običajna mesta v konstrukciji

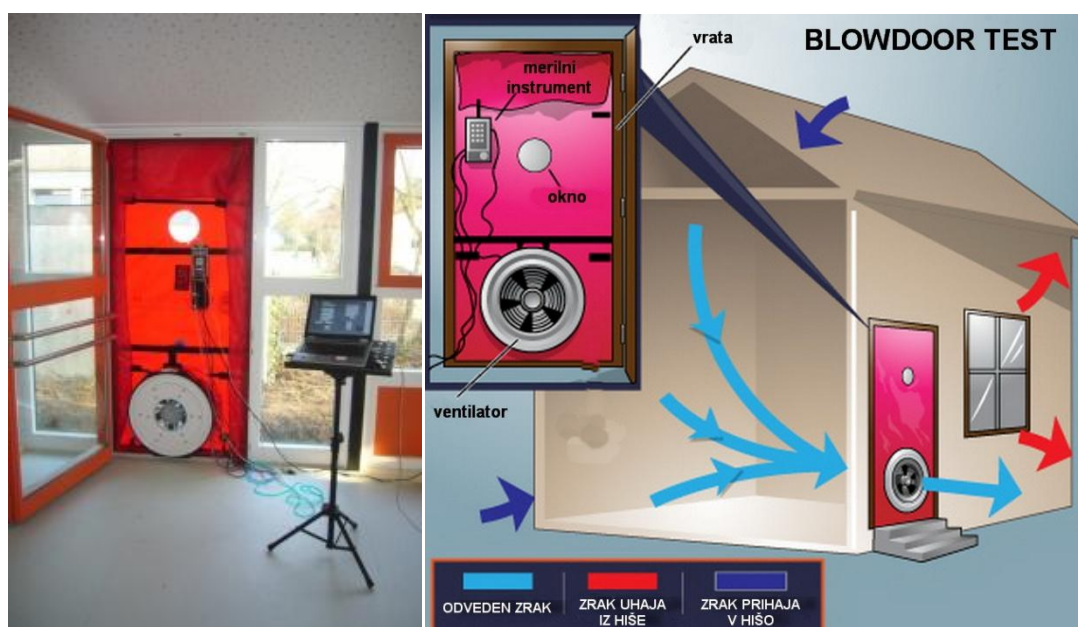
Vir: http://www.home-energy-advice.ca/air_sealing.html, 12.8.2011

7. 2. Meritev zrakotesnosti

Zrakotesnost merimo z »blowdoor« testom, s pomočjo katerega ugotovimo, kje so špranje in netesnosti v konstrukciji. Na odprtino vhodnih vrat se namesti naprava z ventilatorjem, s katerim v hiši ustvarimo nadtlak ali podtlak. Med delovanjem ventilatorja se izmeri nastali zračni tok, ki nastane zaradi razlike tlakov zunaj hiše in znotraj v prostoru. Meritev zrakotesnosti je treba narediti takoj, ko je narejen zrakotesni ovoj. V primeru napak so v tej fazi gradnje stroški popravila zrakotesnega ovoja nižji oz. zanemarljivi.

Maksimalna dovoljena zračna prepustnost za pasivne hiše je $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$, za nizkoenergijske hiše $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ in za običajne energijsko varčne hiše $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$.

(<http://www.lumar.si/si/zato-smo-boljsi/zrakotesnost>, 12.8.2011)



Slika 18: Blowdoor test

Vir: levo - http://www.energiecheck-wilkes.de/?nav=rp_ko&nav2=bsmsite&bereich=356,
desno - <http://tlc.howstuffworks.com/home/home-energy-audit2.htm>, 12.8.2011

8. TOPLOTNA IN ZVOČNA ZAŠČITA

8.1. Toplotni ovoj zgradbe

Vsi gradbeni elementi, ki tvorijo mejo med dvema temperaturnima območjema, predstavljajo toplotni ovoj zgradbe. Ti gradbeni elementi so: zunanje stene, notranje stene proti neogrevanim delom zgradbe, okna, zunanja vrata, streha, tla. Vsi ogrevani prostori morajo biti znotraj toplotnega ovoja. Neogrevani prostori, kot npr. garaža, neogrevana klet, shramba, pa morajo biti zunaj toplotnega ovoja.

Gradbeni elementi v celotnem ovoju zgradbe morajo imeti toplotno prehodnost manjšo od $U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$. Pri enodružinskih pasivnih hišah se priporočajo celo nižje vrednosti $U \leq 0,10 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$.

(Zbašnik-Senegačnik, 2007, str. 45-46)



Slika 19: Termografska slika fasade -primerjava ovoja stavbe brez dodatne toplotne zaščite (levo) in z dodatno toplotno zaščito (desno). Hladna mesta so vijolične barve, topla mesta pa rdeče, oranžne in rumene barve

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Praznik/PT194.htm>, 10.8.2011

8.1.1. Toplotna izolacija

Dobro toplotno izolirana zgradba pomeni manjšo porabo toplotne energije pozimi, poleti pa nas ščiti pred pregretjem. Tako kot pri običajnih zgradbah se tudi pri pasivnih hišah uporabljajo enaki načini vgrajevanja toplotne izolacije, le da so zaradi večje debeline nekoliko prirejeni. Izolacijo pritrjujemo z lepljenjem, s sidranjem, z žebljanjem, vijačenjem, vgrajevanjem s pomožnimi letvicami ali vpihovanjem. Toplotna izolacija mora potekati neprekinjeno po vsem ovoju zgradbe. Prekrivati mora vse okvirje oken in vrat, ki so tudi toplotnoizolacijska.

Pri načrtovanju toplotne izolacije moramo zgradbo obravnavati kot celoto. Debelina toplotne izolacije je odvisna od sestave stene. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf, 5.8.2011)

Pri nizkoenergijskih hišah se priporočajo naslednje debeline izolacije:

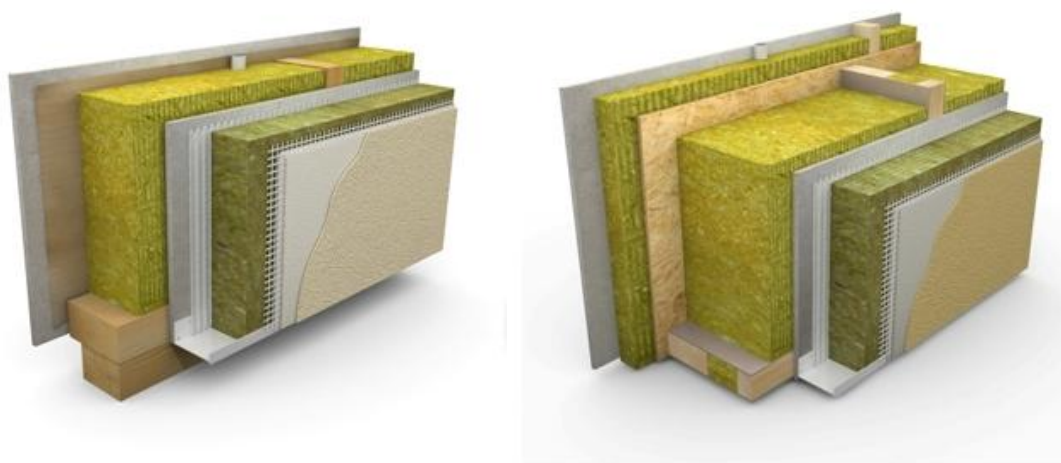
- zunanja stena: 16 – 20 cm toplotne izolacije
- poševna streha: 30 cm toplotne izolacije
- tla na terenu: 10 – 14 cm toplotne izolacije

Pri pasivnih hišah so debeline toplotne izolacije naslednje:

- zunanja stena: 20 – 30 cm toplotne izolacije
- poševna streha: 30 – 40 cm toplotne izolacije
- tla na terenu: 14 – 20 cm toplotne izolacije

(http://www.knaufinsulation.si/files/ki_si/upload/documents/10-pasivne_nizkoenergijske_hise-marec2010.pdf, 5.8.2011)

Skupina gradiv, ki se uporabljajo za toplotno izolacijo, so umetna anorganska, umetna organska in naravna gradiva. Umetna anorganska gradiva, ki so primerna za toplotno izolacijo, so mineralna volna in penjeno steklo. Umetna organska toplotnoizolativna gradiva, ki se uporabljajo, so ekspanzirani in ekstrudirani polistiren, penjeni polietilen in penjeni poliuretan. V zadnjih letih se je povečala uporaba naravnih toplotnoizolativnih gradiv, kot so celulozna vlakna, lesna vlakna, kokosova vlakna, lan, konoplja, ovčja volna, pluta in slama. (http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf, 5.8.2011)

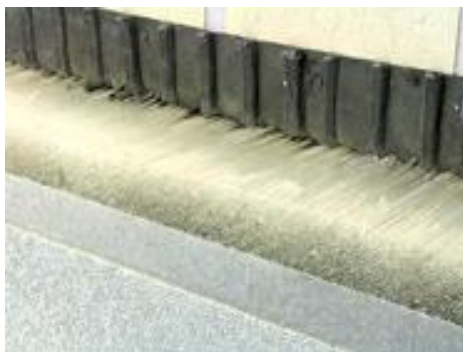


Slika 20: Stena Marlesove hiše za lahke konstrukcije pri nizkoenergijski hiši po sistemu MEGA DOH (levo) in pasivni hiši po sistemu PASIV (desno)

Vir: <http://www.marles-hise.si/nizkoenergijska-hisa-83.html>, <http://www.marles-hise.si/pasivna-hisa.html>, 18.8.2011

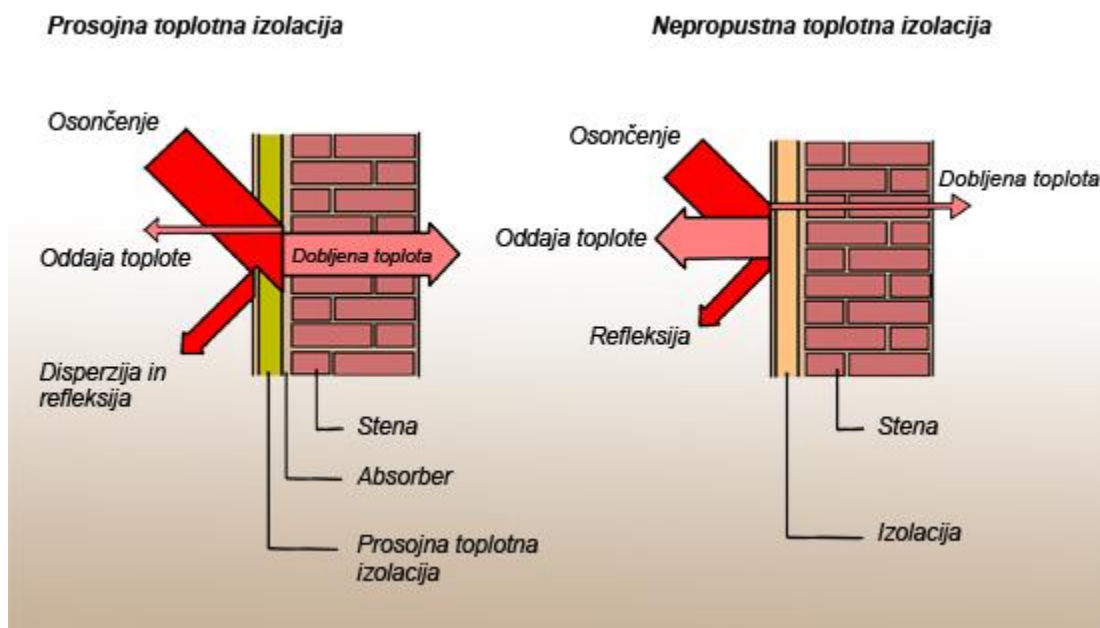
8.1.2. Prosojna toplotna izolacija

Prosojna toplotna izolacija omogoča dobro zajetje sončnega sevanja in prenos absorbirane energije v stavbo. Masivna stena za toplotno izolacijo mora biti pobarvana v temne barve, da bolje vpija toploto. Narejena je iz masivnih gradiv z visoko toplotno prevodnostjo, kot so silikatna opeka, polna opeka. Debelina masivnega zidu je približno 20 cm, kar zagotavlja dovolj velik toplotni tok in zakasnitev okrog 6 ur. Prosojna toplotna izolacija je narejena iz stekla, prosojnih umetnih snovi ali iz kartona. Sestavljajo jo vzporedno postavljene tanke cevke v obliki satovja ali kapilar, ali pa kroglice, v katerih je zrak, ki deluje kot toplotni izolator. Ker so prosojne toplotne izolacije zelo krhke, jih moramo na zunanji strani zastekeliti ali prekriti s prosojnim ometom, na notranji strani pa so prekrите s prozorno folijo. V poletnih časih pa moramo zid s prosojno toplotno izolacijo zaradi pregrevanja zasenčiti z roloji, žaluzijami, s polkni itd. Če uporabimo prosojno toplotno izolacijo iz kartonskega satovja, ne potrebujemo dodatne zaščite pred pregrevanjem. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 46-49)



Slika 21: Plastične cevke za prosojno toplotno izolacijo

Vir: http://www.erevija.com/clanek/1549/Delez_pasivne_solarne_energije, 5.8.2011



Slika 22: Prenos toplote v stavbo pri prosojni toplotni izolaciji (levo) in klasični toplotni izolaciji (desno)

Vir: http://www.erevija.com/clanek/1549/Delez_pasivne_solarne_energije, 5.8.2011



Slika 23: Pasivna hiša s prosojno toplotno izolacijo, pokrito z reflektivno zaveso, ki jo ščiti pred pregrevanjem

Vir: <http://www.sciencephoto.com/media/341357/enlarge>, 5.8.2011

8.2. Okna in steklene površine

Z razvojem pasivne hiše je tehnologija pri izdelavi oken naredila velik korak naprej. Zaradi potrebe po zmanjševanju energije za ogrevanje se okna razvijajo v smeri zmanjšanja toplotnih izgub ter čim večjim izkoriščanjem sončnega sevanja. (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT32.htm>, 7.8.2011)

Posebej za pasivno hišo so razvili okna s trislojno toplotnoizolacijsko zasteklitvijo. Okvir je na zunanji strani dodatno toplotno zaščiten. Medstekelni prostor je polnjen z žlahtnimi plini (npr. argonom, s kriptonom ali ksenonom). Na steklo je nanesa tanka plast srebrovih oksidov (nizkokemijski nanos), ki preprečuje, da bi skozi steklo prodrlo dolgovalovno toplotno sevanje. Za preprečevanje toplotnega mostu na mesto aludistančnika (aluminij ima toplotno prevodnost $\lambda = 230 \text{ W/(mK)}$), ki povezuje dve stekli, vstavi distančnik iz umetnih snovi ($\lambda = 2 \text{ W/(mK)}$). Pri takšnih zasteklitvah v pasivni hiši ne potrebujemo grelnih teles pod okni, v bližini stekel. Temperatura stekel na notranji strani je okoli 17°C in je precej višja kot pri običajnem dvoslojnim oknu.

Trislojne toplotnoizolacijske zasteklitve imajo dve prednosti:

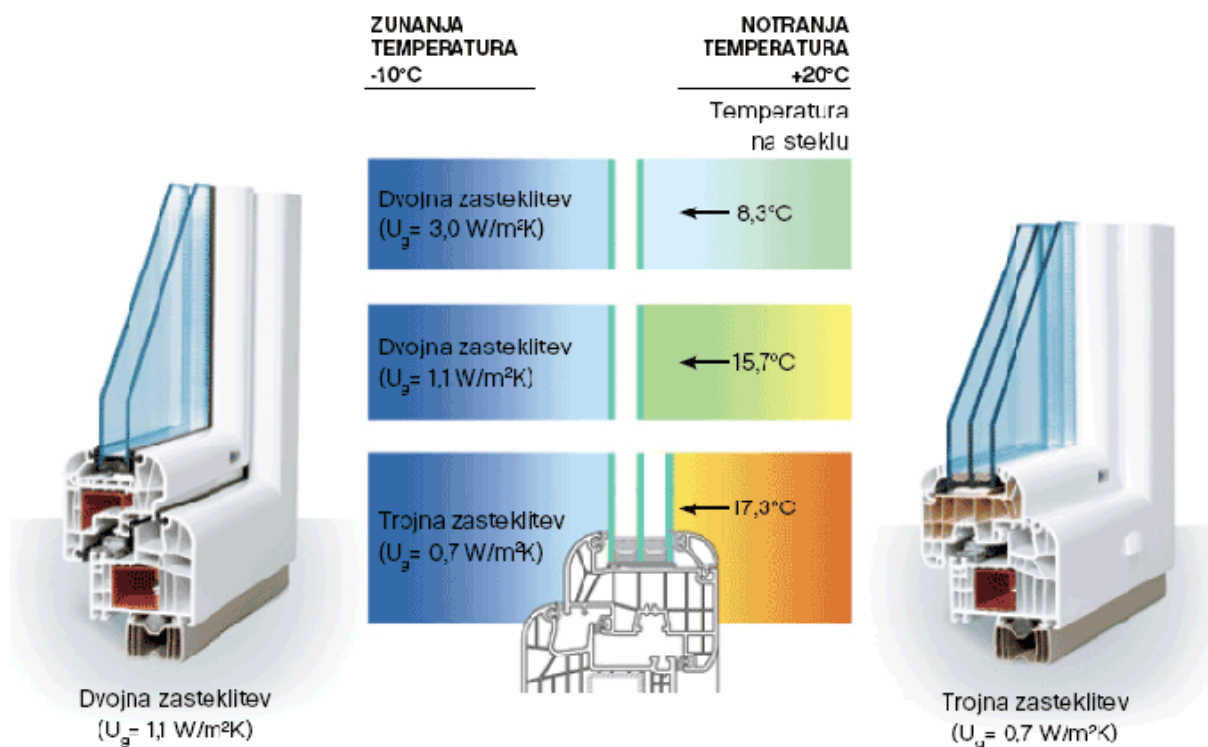
- okna v zimskem času prepustijo več sončne energije v prostor kot toplote iz njega,
- površinske temperature stekla in okvirjev so tudi pozimi tako visoke, da ne vplivajo na toplotno ugodje v prostoru.

Toplotna prehodnost različnih vrst zasteklitev:

- z enoslojno zasteklitvijo s toplotno prehodnostjo stekla $U_g = 5,6 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$,
- z dvoslojno zasteklitvijo $U_g = 1,4\text{--}2,8 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$,
- s trislojno zasteklitvijo $U_g = 0,6\text{--}0,7 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$.

(Zbašnik-Senegačnik, 2007, str. 49-56)

Zunanja vrata, vgrajena v pasivne hiše, se razlikujejo od vrat v običajnih nizkoenergijskih hišah in morajo izpolnjevati enake zahteve kot okna. Zraven tega pa še nekaj posebnih zahtev: stabilnost oblike pri različnih vremenskih vplivih, trajna togost, minimalna višina praga, enostavna uporaba, oblikovalske zahteve, zaščita pred vlomom, zvočna izolativnost ter požarna zaščita. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 55)



Slika 24: Temperature stekla pri zunanji temperaturi -10°C in temperaturi v prostoru 20°C

Vir: <http://www.lumar.si/si/zato-smo-boljsi/bivalno-ugodje>, 11.8.2011

9. OGREVANJE IN HLAJENJE

9.1. Ogrevanje

Pri načrtovanju nizkoenergijske in pasivne hiše imamo bistveno drugačen pristop k ogrevanju in prezračevanju kot pri običajnih hišah. Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na učinkovito rabo toplotne energije, so: izbira ogrevalne naprave, energenta in obratovalnega režima. Z izbiro in izboljšanjem toplotne izolacije se tudi bistveno zmanjšajo toplotne izgube.

Pri pasivnih hišah je ogrevanje še vedno potrebno, vendar so potrebe po dodatni toploti zelo nizke. Pasivna hiša potrebuje za ogrevanje 100 m² stanovanjske površine, vir toplotne moči le 1kW. Zato se namesto klasičnih ogrevalnih sistemov pri pasivnih hišah uporablja t.i. toplozračno ogrevanje. Večji del energije za ogrevanje se pridobi z izkoriščanjem sončne energije. V hladnih dneh se zrak, ki se dovaja v prostore, le nekoliko dogreje. To je potrebno le takrat, kadar so zunanje temperature med 0°C in -5°C. Pri še nižjih temperaturah je vreme običajno jasno in sončno in vsa toplota prihaja od sončnih dobitkov. Doveden zrak se ne sme

ogreti nad 49°C, ker v tem primeru začne prah zoglenevati, kar vpliva na kakovost zraka. Pri pasivnih hišah se za ogrevanje oz. dogrevanje priporoča uporaba toplotne črpalke.

Nizkoenergijska hiša s stanovanjsko površino 100 m² potrebuje za ogrevanje vir toplote moči 4 do 5 kW. Zaradi tako majhnih moči se uporabljajo kompaktni viri toplote (ne glede na vrsto goriva), kot so stenski plinski in oljni kotli, toplotne črpalke in solarni sistemi. Kotlovnice niso več potrebne.

(<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT222.htm>, 14.8.2011)

9.1.1. Priprava tople vode

Ko pri pasivnih hišah izbiramo sistem za dogrevanje zraka, moramo načrtovati tudi, kako ogrevati sanitarno vodo. Toplo sanitarno vodo je treba zagotavljati vse leto, zato potrebujemo za ogrevanje sanitarne vode dvakrat toliko energije kot za ogrevanje prostorov. Pri pasivnih hišah se za ogrevanje sanitarne vode priporoča kombinirana uporaba toplotne črpalke in sončne energije. Z uporabo sončne energije lahko pokrijemo 40% do 60% potrebne energije za ogrevanje vode. (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-16.PDF>, 14.8.2011)

9.2. Obnovljivi viri energije

9.2.1. Solarni sistemi

Sončna energija je neizčrpen, okolju prijazen in brezplačen vir obnovljive energije. Zato bi morali sončno energijo izkoriščati v čim večjem obsegu. Sončno energijo v zgradbah lahko izkoriščamo na tri načine:

- pasivno (s solarnimi sistemi),
- aktivno (s sončnimi kolektorji),
- s fotovoltaike (s sončnimi celicami).

Pasivna raba sončne energije pomeni, da za ogrevanje in osvetljevanje prostorov uporabljamo zidove, okna, steklene površine.

Aktivna raba sončne energije se uporablja predvsem za ogrevanje sanitarne vode in tudi za ogrevanje prostorov s pomočjo sončnih kolektorjev. Sončni kolektorji so sestavljeni iz prozornega pokrova in absorberja. Absorber prenese toploto na delovni medij (vodo ali zrak), ki teče skozi njega. Ogreti medij se nato s pomočjo črpalke prenese v hranilnik toplote. Poznamo dva tipa sončnih kolektorjev: ploščati in vakuumski. Sončni kolektorji se ponavadi namestijo na strehe, balkonske ograje, fasade ali pa so prostostoječi. Najučinkovitejši so postavljeni pod kotom 45° in usmerjeni proti jugu.

S fotovoltaike se sončna energija neposredno pretvori v električno energijo. Tak proces poteka preko sončnih celic, ki so sestavljene iz polprevodnega materiala (silicij). Velikost takšnih celic je 10×10 cm ali 15×15 cm in ustvarjajo napetost med 0,5 in 2 V. Za pridobivanje višje napetosti se sončne celice povezujejo v sončne module ($1,2 \times 1$ m) in nato v sisteme, ki so lahko priključeni na električno omrežje. Najučinkovitejša orientacija je proti jugu, z naklonom 30° .

(http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_5-02.PDF, 13.8.2011)



Slika 25: A – vakuumski sončni kolektorji (levo), b-sončne celice na strehi (desno)

Vir: levo -<http://www.biotherm.si/cms/node/62>, desno-
<http://mojdom.dnevnik.si/sl/Energija/1254/Kako+se+lotimo+vgradnje+son%C4%8Dnih+celic+na+obstoje%C4%8Di+hi%C5%A1i>, 13.8.2011

9.2.2. Toplotne črpalke

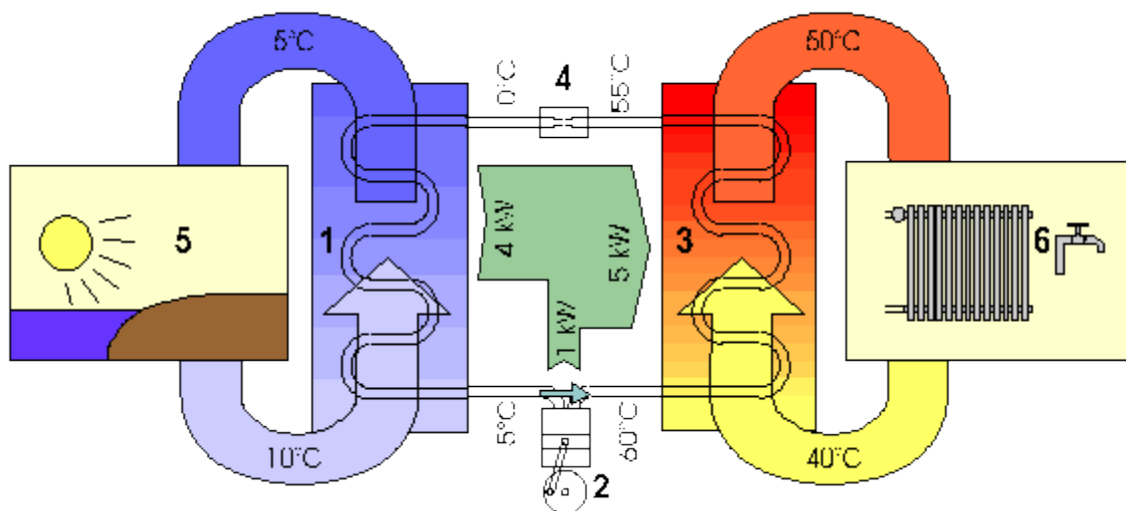
Toplotne črpalke uporabljamo za ogrevanje prostorov in sanitarne vode ter za prezračevanje prostorov. V poletnih mesecih pa tudi za hlajenje prostorov. Toplotna črpalka zajema nizkotemperaturno toploto iz okolice (vode, zraka in zemlje) in ogreva npr. vodo, ki jo nato uporabimo za ogrevanje prostorov in sanitarne vode, zato predstavlja obnovljiv vir energije. Toplota se pridobiva s termodinamičnim procesom.

Toplotne črpalke se razlikujejo glede na vir energije, ki ga izrabljajo:

- toplota zraka,
- toplota površinske zemlje,
- toplota kamnin,
- toplota podtalnice,
- toplota površinskih voda.

Slika prikazuje proces delovanja toplotne črpalke. V uparjalniku (1), ki odvzema toploto iz okolice (5), je hladivo, ki se pri nizki temperaturi upari. Hladivo nato potuje skozi kompresor (2), ki nastalo paro stisne in s tem segreje. V kondenzatorju (3) vroča segreta para kondenzira in pri tem odda toploto ogrevalnemu mediju (6). Utekočinjeno in ohlajeno hladivo potuje

skozi dušilni ventil (4), kjer se mu tlak zniža. Nato potuje nazaj v uparjalnik (1). Ta krožni proces se nato spet ponovi. (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije/URE/URE1-12.htm>, 12.8.2011)



Slika 26: Delovanje toplotne črpalke

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije/URE/URE1-12.htm>, 12.8.2011

9.4. Klimatizacija

Prostore v pasivni hiši lahko poleti hladimo s pomočjo prezračevalne naprave, ki ima dograjen zemeljski prenosnik toplote. Zunanji zrak se pod zemljo ohladi na prijetno temperaturo in se ohlajen dovede v prostore.

Prehajanje toplote skozi steklene površine uravnavamo z uporabo senčil (npr. rolete, žaluzije) in z zasaditvijo dreves na južni strani, kjer je največ steklenih površin. Drevesa morajo biti listopadna, da nam v zimskih mesecih ne primankuje sončnega sevanja. Poleti lahko prostore hladimo tudi z odpiranjem oken v hladnem delu dneva.

10. PREZRAČEVANJE

Pravilno zračenje in prezračevanje nam zagotavlja primerno kakovost zraka v prostoru. Kakovosten zrak vsebuje dovolj kisika, primerno zračno vlago, nemotečo količino vonjav in zdravju neškodljiv delež zdravju škodljivih snovi.

V stanovanjih nastajajo škodljive snovi zaradi:

- snovi, ki so v prostoru (npr. izhlapevanje zaščitnih premazov lesa, lakov in barv, naravnega plina radona, mikroorganizmov, prahu),
- bivanja človeka v prostoru (npr. kuhanje in priprava hrane, kopanje, kajenje, gojenje rož, ki oddajajo dodatno vlago).

V bivalnih prostorih je treba vsako uro zagotoviti 25 do 35 m³ svežega zraka na osebo, kar pomeni, da bi morali vsake tri ure okno odpreti za 15 minut.

V pasivnih hišah je zaradi zrakotesnega ovoja zgradbe prezračevanje nujno in obvezno se mora vgraditi prezračevalna naprava (prisilno prezračevanje). Odpiranje oken v pasivnih hišah ni več potrebno. Ker pa prezračevalna naprava deluje večinoma le pozimi, se v toplejših mesecih prostori prezračujejo skozi okna (naravno prezračevanje). Če pozimi odpiramo okna, se povečajo toplotne izgube, vendar se sistem pasivne hiše ne poruši.

V pasivnih hišah je obvezen sistem kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka v prezračevalni sistem. Topel odpadni zrak odda toploto hladnemu vstopajočemu zraku. To so prezračevalni sistemi z rekuperacijo toplote. Takšen sistem ima tudi filter, ki svež zrak očisti peloda in prahu.

(<http://www.arhem.si/pdfs/pravilno%20zracenje%20in%20prezracevanje%20-%20ARHEM%20doo.pdf>, 13.8.2011)

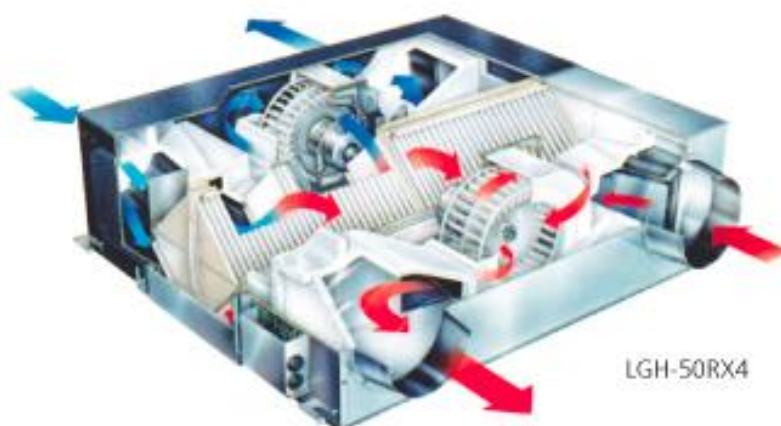
10.1. Delovanje prezračevalne naprave z rekuperacijo toplote

Svež zrak se zajema zunaj hiše skozi odprtino na fasadi ali strehi, ki je zaščitena z rešetko. Nato se dovaja po izoliranih ceveh skozi filter do prezračevalne naprave. V prezračevalno napravo je vgrajen rekuperator (prenosnik toplote), ki izrabljenemu izstopajočemu zraku odvzame toploto in z njo ogreje hladni vstopajoči zrak. Sodobni rekuperatorji imajo že zelo dober izkoristek, kar pomeni, da skoraj v celoti izrabijo toploto izstopajočega zraka, tudi do 90%. Svež ogret zrak se dovaja v dnevno sobo, spalnice, jedilnico, delovni prostor, izrabljen zrak pa se odvaja iz kuhinje, kopalnic, stranišč, shrambe. Sodobni prezračevalni sistemi omogočajo tudi dogrevanje in hlajenje vstopajočega zraka v času kurilne sezone ali zunaj nje. Vstopajoči in izstopajoči zrak se med seboj ne mešata. Prezračevalna naprava se postavi znotraj toplotnega ovoja zgradbe v suh prostor. Problem nastane pri nizkih zunanjih temperaturah, ker lahko vlaga v izstopajočem zraku kondenzira in zmrzne. Na ta način se

lahko poškoduje rekuperator. Zato se prezračevalni napravi doda predgrelni register (zemeljski prenosnik toplote).

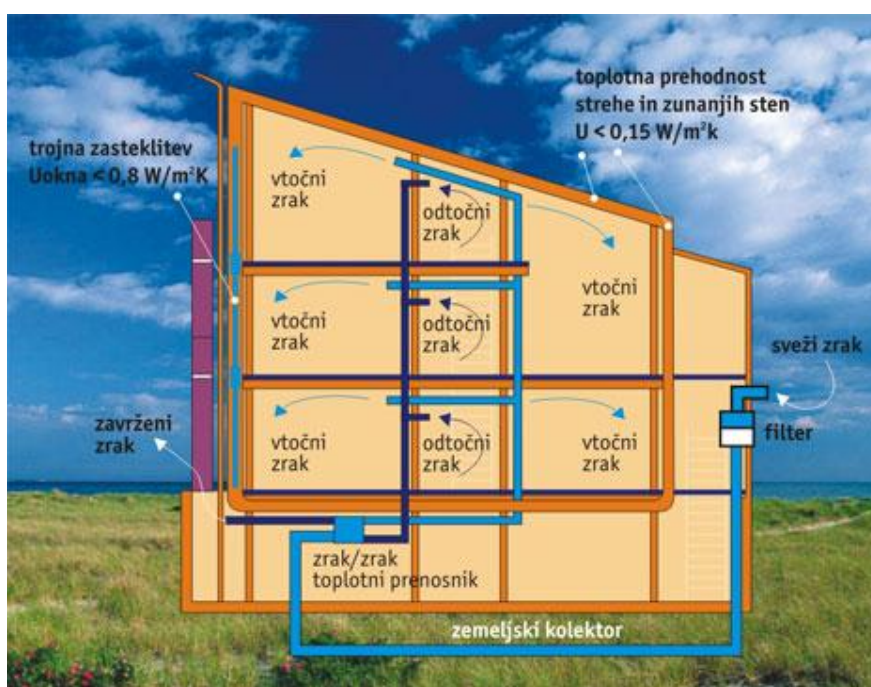
Zemeljski prenosnik toplote so cevi, položene v zemljo od 1 do 1,2 m globoko, pod mejo zmrzovanja. Hladni zrak se ogreje s toploto zemlje, preden pride do prezračevalne naprave. Ko je zunanja temperatura -14°C , se zrak v ceveh ogreje za 20°C .

(Zbašnik-Senegačnik, 2007, 92-96)



Slika 27: Prezračevalna naprava z rekuperatorjem toplote

Vir: <http://www.brumar-invest.si/rekuperatorji-toplote.html>, 13.8.2011



Slika 28: Shema delovanja prezračevalne naprave

Vir: <http://zeroemissionproject.com/blog/article/24/beyond-the-grid-zero-emission-workspace-alias-the-authentic-green-business>, 13.8.2011

11. KOLIKO DRAŽJA JE PASIVNA HIŠA OD NIZKOENERGIJSKE HIŠE?

V današnjem času, ko cene fosilnih energetske virov naraščajo, bi nas moralo predvsem zanimati, kako čim več prihraniti na račun energije, ki jo potrebujemo za obratovanje zgradbe. Gradimo poceni in imamo v prihodnosti velike stroške z ogrevanjem ali pa v gradnjo investiramo nekoliko več in kasneje prihranimo pri ogrevanju in vzdrževanju. Preden začnemo z gradnjo, nas seveda zanima cena. Cena pasivne hiše je v povprečju za 8% dražja od običajne gradnje. Stroški pri pasivni hiši se zelo povešajo, kadar polagamo toplotno izolacijo ter z vgradnjo kakovostnih oken. Ne potrebujemo pa konvencionalnega ogrevalnega sistema, zato ta strošek uporabimo za vgradnjo kvalitetne prezračevalne naprave z vračanjem toplote odpadnega zraka. Prezračevalna naprava nam v poletnih mesecih zrak tudi ohlaja.

Na koncu ugotovimo, da je cena pasivne hiše le nekoliko višja ali celo enaka v primerjavi z dobro nizkoenergijsko hišo, če upoštevamo prihranek pri stroških ogrevanja in vzdrževanja. Stroški dodatne investicije se povrnejo v nekaj letih. (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 113-114)

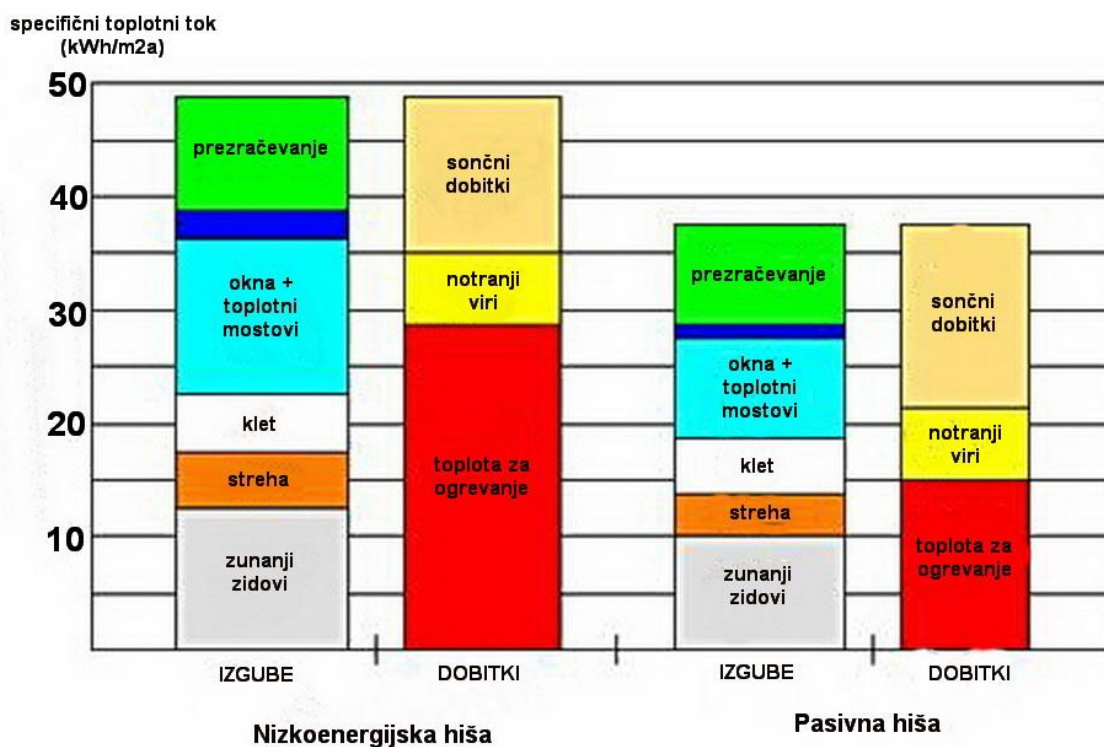


Tabela 2: Letna energijska bilanca nizkoenergijske in pasivne hiše

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT258.htm>, 18.8.2011

12. SKLEP

Če na koncu razmislim o slabih in dobrih lastnostih pasivnih in nizkoenergijskih hiš, potem je vsekakor več dobrih. Med brskanjem po internetu sem na forumih zasledila, da ljudje še vedno razmišljajo o pasivnih hišah kot o bunkerjih brez zraka. Vsaka dobro načrtovana pasivna hiša nam nudi veliko večje bivalno ugodje v primerjavi z običajno in nizkoenergijsko hišo. Tudi okna lahko odpremo, kar pa je, če gledamo z vidika porabe toplotne energije, smiselno le v poletnih mesecih. Če imamo vgrajeno dobro prezračevalno napravo, potem je kvaliteta zraka v prostorih zelo dobra in potrebe po odpiranju oken ni. Ena izmed dobrih lastnosti so tudi nizki stroški ogrevanja in vzdrževanja hiše.

Pogojno imenovana »slaba lastnost« pasivne in dobre nizkoenergijske hiše je njena izgradnja, ki mora biti brez napak. Odpravljanje napak, ki jih ne odkrijemo v fazi gradnje, je lahko zelo drago in zamudno. Zato je zelo pomembno, da npr. zrakotesni ovoj preverimo takoj po vgradnji s t.i. »blowdoor« testom. Vsekakor moramo gradnjo pasivne in dobre nizkoenergijske hiše prepustiti strokovnjakom. Slaba lastnost je tudi cena realizacije, ki je še dokaj visoka v primerjavi s konvencionalno gradnjo.

Literatura

Zbašnik Senegačnik, Martina; Pasivna hiša; 2007, Fakulteta za arhitekturo

Viri

<http://besthomedesign.org/passive-house-in-canada-by-frits-de-vries-architect.html>. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT222.htm>. (brez datuma). Prevezeto 14. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT258.htm>. (brez datuma). Prevezeto 18. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT32.htm>. (brez datuma). Prevezeto 7. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT89.htm>. (brez datuma). Prevezeto 2. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-16.PDF>. (brez datuma). Prevezeto 14. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF>. (brez datuma). Prevezeto 3. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Praznik/PT194.htm>. (brez datuma). Prevezeto 10. 8 2011

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije.URE/URE1-12.htm>. (brez datuma). Prevezeto 12. 8 2011

<http://mojdom.dnevnik.si/sl/Energija/1254/Kako+se+lotimo+vgradnje+son%C4%8Dnih+celic+na+obstoje%C4%8Di+hi%C5%A1i>. (brez datuma). Prevezeto 13. 8 2011

<http://obcina.kranjska-gora.si/aktualno/rajko/vpliv%20ogreval%20in%20prezracevanje.pdf>. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

http://sl.wikipedia.org/wiki/Pasivna_hi%C5%A1a. (brez datuma). Prevezeto 15. 8 2011

<http://tlc.howstuffworks.com/home/home-energy-audit2.htm>. (brez datuma). Prevezeto 12. 8 2011

<http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/mehanizmi-prehoda-toplote.html>. (brez datuma). Prevezeto 3. 8 2011

<http://veselonadelo.si/toplotni-most>. (brez datuma). Prevezeto 4. 8 2011

<http://world-most-beautiful-houses.blogspot.com/2011/08/round-passive-house-sweden.html>. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

<http://www.arhem.si/?p=1012>. (brez datuma). Prevezeto 25. 7 2011

<http://www.arhem.si/pdfs/pravilno%20zracenje%20in%20prezracevanje%20-%20ARHEM%20doo.pdf>. (brez datuma). Prevezeto 13. 8 2011

http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_2-01.PDF. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_5-02.PDF. (brez datuma). Prevezeto 13. 8 2011

<http://www.biotherm.si/cms/node/62>. (brez datuma). Prevezeto 13. 8 2011

<http://www.brumar-invest.si/rekuperatorji-toplote.html>. (brez datuma). Prevezeto 13. 8 2011

<http://www.color-sf.si/Informacije.asp?IDn=20>. (brez datuma). Prevezeto 10. 8 2011

http://www.dnevnik.si/tiskane_izdaje/dnevnik/1042294690. (brez datuma). Prevezeto 4. 8 2011

http://www.energiecheck-wilkes.de/?nav=rp_ko&nav2=bsmsite&bereich=356. (brez datuma). Prevezeto 12. 8 2011

<http://www.energijadoma.si/znanje/strokovnjak-svetuje/zagotavljanje-optimalnih-parametrov-za-ugodno-bivanje>. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

http://www.erevija.com/clanek/1549/Delez_pasivne_solarne_energije. (brez datuma). Prevezeto 5. 8 2011

<http://www.fa.uni-lj.si/default.asp?id=2497>. (brez datuma). Prevezeto 28. 7 2011

http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf. (brez datuma). Prevezeto 3. 8 2011

http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2011_stenske-konstrukcije.pdf. (brez datuma). Prevezeto 3. 8 2011

http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ph.pdf. (brez datuma). Prevezeto 28. 7 2011

http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/konzorcij-internet_ugodje.pdf. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

<http://www.furnitureminimalist.com/ideas-for-home/passive-house>. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

http://www.home-energy-advice.ca/air_sealing.html. (brez datuma). Prevezeto 12. 8 2011

<http://www.house-energy.com/Landscape/Orientation.htm>, 28.7.2011. (brez datuma).
Prevezeto 28. 7 2011

http://www.knaufinsulation.si/files/ki_si/upload/documents/10-pasivne_nizkoenergijske_hise-marec2010.pdf. (brez datuma). Prevezeto 5. 8 2011

<http://www.lumar.si/si/zato-smo-boljsi/bivalno-ugodje>. (brez datuma). Prevezeto 11. 8 2011

<http://www.lumar.si/si/zato-smo-boljsi/zrakotesnost>. (brez datuma). Prevezeto 12. 8 2011

<http://www.marles-hise.si/nizkoenergijska-hisa-83.html>. (brez datuma). Prevezeto 18. 8 2011

<http://www.marles-hise.si/pasivna-hisa.html>. (brez datuma). Prevezeto 18. 8 2011

<http://www.pasivna-hisa.com>. (brez datuma). Prevezeto 28. 7 2011

<http://www.pasivnahisa.eu/kriteriji-in-nacrtovanje-pasivne-hise>. (brez datuma). Prevezeto 28. 7 2011

<http://www.pasivnahisa.eu/tehnologija-gradnje>. (brez datuma). Prevezeto 3. 8 2011

http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Beispiele_passivhaus.html. (brez datuma).
Prevezeto 1. 8 2011

[http://www.prc.si/file/open/240_b4cfa6dc0875/Energijsko varcna gradnja in projektiranje.pdf](http://www.prc.si/file/open/240_b4cfa6dc0875/Energijsko%20varcna%20gradnja%20in%20projektiranje.pdf), http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/ESP/Koc_en_st.htm. (brez datuma).
Prevezeto 29. 7 2011

<http://www.saving-energy.info/si/kvaliteta/?v=kvaliteta>. (brez datuma). Prevezeto 1. 8 2011

http://www.schoeck.co.uk/en_gb/new-construction/schoeck-isokorb--106#. (brez datuma).
Prevezeto 19. 8 2011

<http://www.sciencephoto.com/media/341357/enlarge>. (brez datuma). Prevezeto 5. 8 2011

<http://zeroemissionproject.com/blog/article/24/beyond-the-grid-zero-emission-workspace-alias-the-authentic-green-business>. (brez datuma). Prevezeto 13. 8 2011