

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

EKONOMSKI VIDIKI ENERGETSKO VARČNE GRADNJE

Ljubljana, junij 2009

JAN JEREB

IZJAVA

Študent Jan Jereb izjavljam, da sem avtor/ica te zaključne strokovne naloge, ki sem jo napisal pod mentorstvom Nevenke Hrovatin, in da dovolim njeno objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 08.06.2009

Podpis: _____

Kazalo

Uvod	1
1 Zakonodaja Evropske unije na področju učinkovite rabe energije.....	3
1.1 Direktiva 2006/32/ES o učinkoviti rabi končne energije in o energetskih storitvah...	4
1.2 Direktiva 2002/91/ES o energetske učinkovitosti stavb	6
1.1.1 Razširitev direktive o energetske učinkovitosti stavb	8
2 Slovenska zakonodaja na področju učinkovite rabe energije v stavbah.....	10
2.1 Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2002.....	10
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2008	11
2.3 Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016	12
3 Poraba končne energije v stavbah v Sloveniji	14
3.1 Slovenski stanovanjski fond	15
3.2 Analiza obnove stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990	17
3.2.1 Stroški obnove vzorčne enodružinske hiše.....	18
3.2.2 Obnova stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990	19
3.2.3 Posledice obnove stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990	22
4 Energetske varčne stavbe	22
4.1 Nizkoenergijske hiše	23
4.2 Trilitrska hiša.....	23
4.3 Pasivna hiša	23
4.4 Ničenergijska hiša	24
4.5 Energijsko samozadostna hiša	24
4.6 Plusenergijske hiše	24
5 Projekt CEPHEUS	25
5.1 Cilji	25
5.2 Povzetek raziskave CEPHEUS.....	26
5.3 Ekonomska upravičenost.....	27
5.4 Analiza dodatnih investicijskih stroškov podprojekta Hannover	28
5.5 Končne ugotovitve projekta CEPHEUS.....	31
6 Subvencije za energetske varčno gradnjo	31
6.1 Subvencioniranje v evropskih državah.....	31
6.1.1 Nemčija.....	32

6.1.2 Avstrija	32
6.2 Subvencije v Sloveniji	33
6.2.1 Kreditiranje okoljskih naložb	33
6.2.2 Nepovratne finančne spodbude	34
6.3 Primerjava subvencioniranja med Slovenijo, Avstrijo in Nemčijo	36
7 Stroškovna analiza energetske varčne gradnje v Sloveniji	37
7.1 Opis izbranih objektov	38
7.1.1 Standardna hiša	38
7.1.2 Nizkoenergijska hiša	39
7.1.3 Pasivna hiša	39
7.2 Dodatni stroški energetske varčne gradnje	39
7.3 Celotni stroški standardne, nizkoenergijske in pasivne hiše	43
7.4 Pridobivanje nepovratnih sredstev za gradnjo stanovanjskih stavb v nizkoenergetski in pasivni tehnologiji	44
7.5 Obratovalni stroški standardne, nizkoenergijske in pasivne hiše	44
7.6 Doba vračanja dodatnih investicij energetske varčne gradnje	45
8 Sklep	48
Literatura in viri	50
PRILOGE:	1

Kazalo tabel

<i>Tabela 1: Raba toplote za ogrevanje po različnih predpisih</i>	12
<i>Tabela 2: Starostna struktura stanovanjskega sklada in energijska učinkovitost stavb</i>	15
<i>Tabela 3: Primerjava cen energentov, končne in koristne energije, 30.12.2008.....</i>	17
<i>Tabela 4: Stroški obnove enodružinske hiše 150 m²</i>	19
<i>Tabela 5: Povračilo investicije v sanacijo stanovanjskega sklada zgrajenega pred letom 1990</i>	21
<i>Tabela 6: Cena soda nafte od marca 1997 do marca 2007</i>	21
<i>Tabela 7: Prikaz podrobnosti posameznih podprojektov raziskave CEPHEUS</i>	26
<i>Tabela 8: Ekonomska analiza podprojektov raziskave CEPHEUS.....</i>	28
<i>Tabela 9: Prikaz dodatnih stroškov v referenčni hiši v Hannovru.....</i>	30
<i>Tabela 10: Višina nepovratnih finančnih sredstev za NEH in PH.....</i>	36
<i>Tabela 11: Primerjava med subvencijami v Avstriji, Nemčiji in Sloveniji.....</i>	37
<i>Tabela 12: Prikaz dodatni stroškov za gradnjo energetske varčnih objektov</i>	42
<i>Tabela 13: Prikaz celotni stroškov gradnje.....</i>	43
<i>Tabela 14: Prikaz obratovalnih stroškov</i>	45
<i>Tabela 15: Doba vračanja dodatnih investicij v energetske varčno gradnjo</i>	46

Kazalo slik

<i>Slika 1: Poraba energije v EU leta 2005 po sektorjih.....</i>	3
<i>Slika 2: Zmanjševanje izpustov CO₂ glede na razširitev direktive za EU-15</i>	9
<i>Slika 3: Končna poraba energije in goriv v gospodinjstvih glede na vrsto končne porabe, Slovenija, 2002</i>	16
<i>Slika 4: Vrsta energetskih virov za ogrevanje v Sloveniji leta 2002</i>	16

Uvod

Svetovno gospodarstvo se je znašlo v globoki finančni in gospodarski krizi. Pregreto gospodarstvo se je začelo ohlajati in gospodarska aktivnost se je umirila, kar ima lahko kratkotrajne pozitivne posledice za okolje. Vendar pa so vsi politični naporii usmerjeni k reševanju gospodarske krize, kar je okoljsko krizo postavilo na stranski tir. Svetovni voditelji se morajo začeti zavedati, da brez odgovornega odnosa do okolja ne morejo pričakovati trajnostnega razvoja gospodarstva. Skrb za okolje mora postati temeljni cilj svetovne politike. Proizvodnja in predelava energije predstavlja največje onesnaževanje okolja, saj se pri tem v ozračje izpušijo velike količine toplogrednih plinov¹. Napore je potrebno usmeriti v povečevanje učinkovitosti izrabe energije in uporabo obnovljivih virov energije² v vseh segmentih družbe.

Poraba energije v stavbah predstavlja največji delež končne porabe energije in s tem z izpušci toplogrednih plinov prispeva zajeten delež k onesnaževanju okolja. Z energetske sanacije obstoječega stavbnega fonda je možno izkoristiti velik potencial zmanjšanja porabe fosilnih goriv. Pri novogradnjah je potrebno najmanj upoštevati zahteve aktualnih pravilnikov o učinkoviti rabi energije v stavbah ali jih celo presegati. Spodbujati je potrebno energetske varčne gradnje.

Energetske varčne gradnje, ki se je začela uveljavljati na začetku 90-ih let prejšnjega stoletja, spodbuja trajnostni vidik razvoja pri gradnji. V Sloveniji je takšna gradnja šele na začetku in je za uveljavitev in spodbujanje energetske varčne gradnje, potrebno narediti še veliko. Pri energetske varčnih gradnjah je trenutno najbolj aktualen koncept pasivne gradnje, ki za ogrevanje porabi kar 90 % manj energije kot obstoječi objekti.

Namen diplomskega dela je prikazati stroškovno in energetske učinkovitost energetske varčne gradnje. Prikazali bomo stroškovno razliko med »standardno« gradnjo in energetske varčno gradnjo. Pri stroškovni analizi se bomo spraševali, v kolikšnem času se dodatne investicije v energetske varčno gradnjo, povrnejo uporabniku. Dodatne investicije bomo razdelili na posamezne komponente (izolacija zunanje ovojje, okna, vrata, strojne inštalacije), tako da bomo lahko primerjali posamezne vidike varčevanja energije. Pri analizi bomo upoštevali tudi subvencije, ki jih za energetske varčno gradnjo dodeljuje *Eko sklad RS*. Stroške pasivne in nizkoenergijske gradnje bomo poskušali čim bolj realno oceniti, pri tem nam bodo pomagali strokovnjaki iz tega področja s katerimi smo opravili intervjuje in razgovore. Izsledke našega raziskovanja bomo primerjali z ugotovitvami raziskave, ki je potekala v petih evropskih državah. Na ta način bomo poskušali ugotoviti, kakšno je stanje na slovenskem trgu energetske varčnih objektov, v primerjavi z evropskim.

¹ Toplogredni plini so plini, ki povzročajo učinek tople grede v Zemeljskem ozračju.

² Obnovljivi viri energije vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov, kot so sončno sevanje, veter, vodni tok (hidroenergija) in zemeljski toplotni tokovi (geotermalna energija).

Cilj diplomskega dela je dokazati ekonomsko upravičenost energetske varčne gradnje in dobrobit, ki jih takšni objekti prinesejo uporabnikom, saj se bodo ljudje odločali za gradnjo takšnih objektov le v primeru, da bo gradnja ekonomsko spremenljiva in standard bivanja višji kot pri navadni gradnji. Pri doseganju cilja diplomskega dela bomo stroškovno ocenili več energetske varčnih objektov, katere bomo med seboj primerjali iz vidika stroškov gradnje in stroškov obratovanja.

Metoda, ki smo jo v diplomskem delu uporabili temelji na preučevanju literature iz področja energetske varčne gradnje, slovenske in evropske zakonodaje na področju energetske učinkovitosti v stavbah ter stroškovnem analiziranju energetske varčne gradnje. Podatke o stroških energetske varčne gradnje smo pridobili s pomočjo strokovnjakov iz tega področja s katerimi smo opravili vrsto razgovorov in intervjujev. Pridobljene podatke smo nato smiselno obdelali in vključili v diplomsko delo.

V prvi polovici diplomskega dela se bomo posvetili zakonodaji na področju učinkovite rabe energije v stavbah in analizi stanovanjskega fonda v Sloveniji. V prvem poglavju bomo bolj podrobno spoznali evropsko zakonodajo na področju učinkovite rabe energije v stavbah. Osredotočili se bomo na direktive Evropske unije iz tega področja. Drugo poglavje bo opisovalo slovensko zakonodajo na področju učinkovite rabe energije v stavbah. V tretjem poglavju bomo predstavili značilnosti slovenskega stanovanjskega fonda. Poglavje bomo zaključili s podrobno analizo obnove stanovanjskega fonda, ki je bil zgrajen pred letom 1990. Prva polovica diplomskega dela služi kot okvir za nadaljnje obravnavanje problematike energetske varčne gradnje. V drugi polovici diplomskega dela se bomo posvetili energetske varčnim zgradbam, ki jih bomo na tem mestu tudi na kratko predstavili. V petem poglavju bomo povzeli ugotovitve mednarodnega projekta CEPHEUS³ s katerim so poskušali dokazati stroškovno izvedljivost in energetske učinkovitost koncepta pasivnih hiš v državah Evropske unije. Šesto poglavje bo posvečeno subvencijam za energetske varčne gradnje. Posebej se bomo posvetili subvencijam v nekaterih evropskih državah in nato še v Sloveniji. Subvencije v evropskih državah in v Sloveniji bomo primerjali med seboj in ugotavljali prednosti ter pomanjkljivosti subvencioniranja pri nas. Sedmo poglavje bo namenjeno podrobni stroškovni analizi energetske varčnih stavb v Sloveniji. V tem poglavju bomo primerjali tri tipe hiš, ki jih bomo poskušali stroškovno ovrednotiti. V zadnjem poglavju bomo strnili ugotovitve in zaključne misli diplomskega dela.

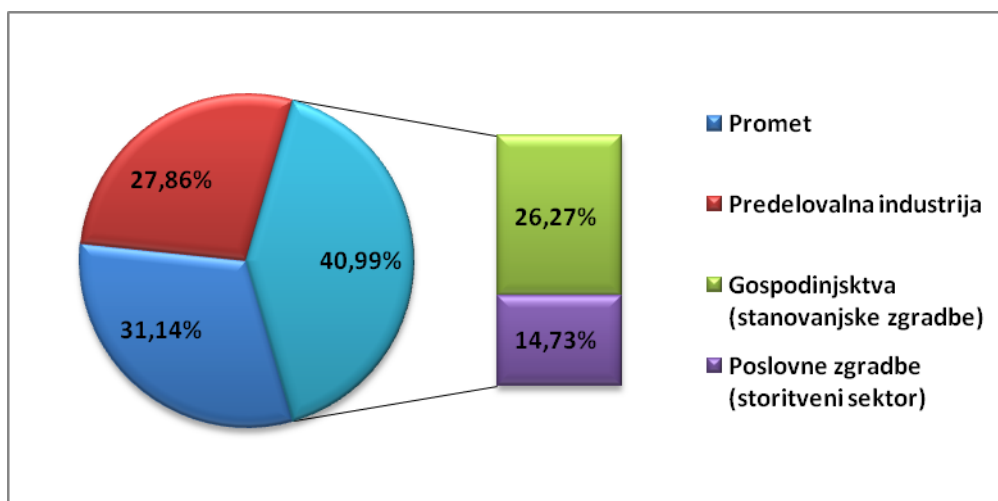
³ Cost efficient Passive houses as European standards

1 Zakonodaja Evropske unije na področju učinkovite rabe energije

V naslednjih dveh poglavjih bomo predstavili zakonodajo na področju učinkovite rabe energije, kjer se bomo osredotočili na učinkovito rabo energije v stavbah. V tem poglavju bomo pregledali zakonodajo EU⁴ na tem področju, saj mora Slovenija kot članica sprejemati direktive, ki prihajajo iz Bruslja. Ogledali si bomo, kakšen pogled ima EU na učinkovito rabo energije v stavah. V ta namen bomo bolj podrobno spoznali *Direktivo 2006/32/ES o učinkoviti rabi končne energije in o energijskih* in *Direktivo o energijski učinkovitosti stavb 2002/91/ES*.

Evropska unija si je do leta 2020 zastavila zelo ambiciozen cilj, in sicer namerava znižati porabo končne energije za 20% preko povečanja energijske učinkovitosti, povečati delež obnovljivih virov v celotni porabi iz sedanjih 8,5% na 20% in zmanjšati izpuste toplogrednih plinov za 20%. V primeru, da pride do mednarodnega sporazuma se lahko cilj zmanjšanja toplogrednih plinov poveča na 30% (Akcijski načrt za energetske učinkovitost: uresničevanje možnosti COM(2006)545, 2006, str. 3-4). Ukrepi takšne politike bi pripeljali do zmanjšanja izpustov ogljikovega dioksida za 800 milijonov ton CO₂ na leto. S takšno politiko je lahko EU vzgled ostalemu svetu pri reševanju okoljske problematike. EU bi z izpolnjevanjem zastavljenega cilja privarčevala 390 Mtoe⁵ končno porabljene energije, kar na letni ravni znaša približno 100 milijard €. Prihranjena sredstva bi lahko investirali v zelene tehnologije⁶, kar bi pomagalo razvoju tehnologije na tem področju in ustvarilo nova delovna mesta (20 20 by 2020 Europe's climate change opportunity COM(2008)30, 2008, str. 2-3).

Slika 1: Poraba energije v EU leta 2005 po sektorjih



Vir: Akcijski načrt za energetske učinkovitost: uresničitev možnosti, 2006, str. 6, slika 2.

Glede na podatke iz *Akcijskega načrta za energetske učinkovitost: uresničevanje možnosti*, ki ga je komisija evropskih skupnosti objavila leta 2006 je potrebno izpostaviti dva

⁴ EU je kratica za Evropsko unijo

⁵ Mtoe je kratica za milijonov ton ekvivalenta nafte

⁶ Zelene tehnologije je drugi izraz za nizko-ogljikne tehnologije

sektorja, ki sta največja porabnika končne energije in predstavljata tudi največji potencial za prihranke energije, to sta prometni sektor in sektor zgradb. V prometni sektor se porabi 31,14% vse končne energije. V tem sektorju je bilo ocenjeno, da se lahko do leta 2020 poraba energije potencialno zmanjša za 26 %. Sektor zgradb lahko razdelimo na sektor stanovanjskih zgradb ali gospodinjstva in na sektor poslovnih zgradb ali storitveni sektor. Stanovanjske zgradbe porabijo 26,27% celotne energije. V tem sektorju se lahko poraba zmanjša za 27 % do leta 2020. Sektor poslovnih zgradb predstavlja 14,73% celotne porabe energije, katerega porabo je možno do leta 2020 znižati za 30%. Kot je razvidno iz *Slike 1*, sektor zgradb zavzema več kot 40 % celotne porabe energije v EU in predstavlja največji potencial za izboljšanje učinkovitosti izrabe le te.

V Evropski uniji bi se lahko do leta 2020 s povečanjem energetske učinkovitosti v stavbnem sektorju celotna poraba končne energije zmanjšala za 11% kar predstavlja več kot polovico celotnega zastavljenega cilja za znižanje porabe energije v EU (Akcijski načrt za energetske učinkovitost: uresničevanje možnosti, COM(2006)545, 2006, str. 6). Evropska unija bo zastavljene cilje poskušala doseči preko direktiv in predlogov, s katerimi bo usmerjala posamezne članice pri sprejemanju potrebnih zakonov in predpisov, ki bodo pripomogli k večji energijski učinkovitosti in uporabi obnovljivih virov energije. V nadaljevanju bomo bolj podrobno spoznali te direktive in druge dokumente. Pri tem se bomo osredotočili na stavbni sektor in učinkovito rabo energije v stavbah, ker nam bo to pomagalo pri preučevanju energetske varčne gradnje. V naslednjem koraku bomo bolj podrobno spoznali *Direktivo 2006/32/ES o učinkoviti rabi končne energije in o energijskih storitvah*, ki podpira energijsko bolj učinkovito gradnjo in podaja nekaj predlogov kako države članice dosežejo večjo učinkovitost stavb. Potem se bomo poglobili še v *Direktivo o energijski učinkovitosti stavb 2002/91/ES*, kateri bomo dodali nekaj predlogov o razširitvi in dopolnitvi.

1.1 Direktiva 2006/32/ES o učinkoviti rabi končne energije in o energetskih storitvah

Direktiva 2006/32/ES je bila izdelana, ker so se v EU pojavile težnje po zmanjšanju negativnih vplivov energetskega sektorja na okolje, manjši energetske odvisnosti Unije od uvoza energije in izboljšanju učinkovitosti energetskih storitev. Pozitivni učinek izboljšanja energetske učinkovitosti so prihranki, ki pri tem nastanejo in se jih lahko investira v tehnologijo za nadaljnjo izboljšanje učinkovitosti (Uradni list EU, št. L 114, str. 69).

Države članice morajo po tej Direktivi določiti splošen nacionalni okvirni cilj varčevanja z energijo. Vsaka članica mora do leta 2016 zmanjšati porabo končne energije za 9 % glede na osnovno obdobje od leta 2001 do leta 2005. Članice ta okvir določijo preko ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. Prihranki se začnejo meriti po predložitvi prvega od treh akcijskih načrtov energetske učinkovitosti 1. januarja 2008, v katerem vsaka članica

določi nacionalni okvirni cilj. Direktiva od držav članic Evropske unije zahteva, da javni sektor služi kot vzgled vsem ostalim subjektom. Izvajati mora ukrepe za energetske učinkovitost na vseh področjih delovanja. Vsaka članica mora ustanoviti vsaj en sklad za podporo nacionalnemu cilju energetske učinkovitosti. Skladi izvajajo programe in posamezne ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti, med drugim s finančnimi instrumenti, kot so zagotavljanje nepovratnih sredstev, posojil in finančnih jamstev, spodbujajo energetske varčno obnašanje občanov in pravnih oseb. Direktiva obravnava več področji ukrepanja, kot so energetske storitve, industrijski sektor, prometni sektor in stanovanjski ter terciarni sektor. Pri obravnavanju te direktive se bomo osredotočili na slednje področje, kjer predstavljajo stavbe največje porabnike energije (Uradni list EU, št. L 114, str. 69-72).

Direktiva določa, da morajo države članice zagotoviti redne energetske preglede tudi v gospodinjstvih in storitvenem sektorju, saj se na ta način ugotovijo potrebe po energetski sanaciji objektov, kar lahko vpliva na izboljšanje energetske učinkovitosti. Direktiva omenja nekatere ukrepe, kot so energetske certificiranje stavb in deljeni števcji električne energije, zemeljskega plina itd. za končne uporabnike v večstanovanjskih hišah, ki jih tudi navaja Direktiva 2002/91/ES (Uradni list EU št. L 114, str. 72). V prilogi III Direktive so predstavljeni primeri ustreznih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti, ki so razdeljeni po sektorjih. V diplomskem delu se bomo osredotočili le na stanovanjski in terciarni sektor, omenili pa bomo tudi ukrepe na medsektorski ravni in horizontalni ravni, ki imajo vpliv na vse sektorje. Primeri ustreznih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti v stanovanjskem in terciarnem sektorju so izboljšave pri (Uradni list EU, št. L 114, str. 77):

- a) ogrevanju in hlajenju (npr. toplotne črpalke, novi učinkoviti kotli, namestitvev/posodobitev sistemov za daljinsko ogrevanje/hlajenje);
- b) izolaciji in prezračevanju (npr. izolacija votlih sten in stropa, dvojna/trojna zasteklitev oken, pasivno ogrevanje in hlajenje);
- c) pridobivanju tople vode (npr. namestitvev novih naprav, neposredna in učinkovita raba pri ogrevanju prostorov, pralni stroj);
- d) razsvetljavi (nove učinkovite sijalke in predstikalne naprave, digitalni nadzorni sistemi, uporaba detektorjev gibanja za sisteme razsvetljave v poslovnih zgradbah);
- e) kuhanju in hlajenju (npr. nove učinkovite naprave, sistemi varčevanja toplote);
- f) drugi opremi in napravah (npr. naprava za soproizvodnjo toplote in električne energije, nove učinkovite naprave, časovni nadzor za optimizacijo rabe energije, zmanjšanje izgub v stanju pripravljenosti, montaža kondenzatorjev za zmanjšanje jalove moči, transformatorji z nizkimi izgubami);
- g) izraba obnovljivih virov energije v gospodinjstvih, pri čemer se zmanjša nakup energije (npr. sistem s sončnimi kolektorji za pripravo tople sanitarne vode, ogrevanje in hlajenje prostorov s pomočjo sončne energije).

Ukrepi na medsektorski ravni (Uradni list EU, št. L 114, str. 78):

- a) standardi in norme, katerih cilj je predvsem povečati energetska učinkovitost izdelkov storitev, vključno s stavbami;
- b) sistemi za energetska označevanje;
- c) meritve, pametni merilni sistemi kot so individualni merilni instrumenti z odčitavanjem in uravnavanjem na daljavo ter informativni obračun;
- d) usposabljanje in izobraževanje, ki vodita v uporabo energetska učinkovite tehnologije in/ali postopkov.

Horizontalni ukrepi (Uradni list EU, št. L 114, str. 78):

- a) predpisi, davki itd., katerih učinek je zmanjšanje končne energije;
- b) usmerjene obveščevalne akcije, ki spodbujajo izboljšanje energetske učinkovitosti in ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti.

Preko opisanih in naštetih ukrepov se bo izboljšala energetska učinkovitost stavbnega sklada EU, zmanjšala se bo poraba končne energije in znižala energetska odvisnost od uvoza. Države bodo izpolnjevale nacionalne cilje o izboljšanju učinkovitosti in varčevanju z energijo. Podjetja v terciarnem sektorju bodo sledila svojim ciljem po čim višji rentabilnosti kapitala, z zniževanjem upravljalnih stroškov poslovnih zgradb. Gospodinjstva bodo povečala svoje realne dohodke, saj se jim bodo stroški vzdrževanja in obratovanja zgradb dolgoročno znižali.

1.2 Direktiva 2002/91/ES o energetska učinkovitost stavb

V Evropski uniji predstavljajo stavbe 40% porabe vse energije in so povzročitelj ravno tolikšnega deleža izpustov toplogrednih plinov. Zaskrbljujoč pa je podatek, da se poraba energije, ki jo porablja stavbe povečuje, predvsem zaradi rasti porabe v storitvenem sektorju. Hkrati pa predstavljajo stavbe tudi največji potencial za zmanjšanje porabe energije z večjo učinkovitostjo izrabe energije. Evropska unija si že dlje časa prizadeva izkoristiti ta potencial, saj je že v *Direktivi št. 89/106/EGS* iz leta 1988 o približevanju zakonov in drugih predpisov držav članic, ki se nanašajo na gradbene proizvode, zahtevala da je potrebno ogrevalne in hladilne naprave projektirati na ta način da bodo energetska najbolj učinkoviti, upoštevajoč udobje bivanja (Uradni list EU, št. 12/zv. 2, 2003, str 168).

Direktiva iz leta 2002 kot cilj navaja izboljšanje energijske učinkovitost stavb z upoštevanjem zunanjih klimatskih in lokalnih pogojev ter stroškovne učinkovitosti. Direktiva določa zahteve v zvezi z (Uradni list EU, št. 12/zv. 2, 2003, str. 170):

- a) splošnim okvirom metodologije izračunavanja integrirane učinkovitosti stavb
- b) uporaba minimalnih zahtev glede energijske učinkovitosti novih stavb

- c) uporaba zahtev glede energijske učinkovitosti velikih obstoječih stavb, na katerih potekajo velika prenovitvena dela
- d) energijskim certificiranjem stavb in
- e) rednim pregledi kotlov in klimatskih sistemov v stavbah ter oceno ogrevalnih sistemov, v katerih so kotli starejši kot 15 let.

Države članice določijo svoje norme o energijski učinkovitosti glede na tehnični napredek pri tem morajo upoštevati toplotne značilnosti stavb, ogrevalne sisteme, sisteme za pripravo tople vode, izolacijo, klimatske sisteme, prezračevanje, obnovljive vire energije itd. V Evropski uniji so za pomoč članicam razvili 31 evropskih (CEN) standardov za izračun energijske učinkovitosti stavb. Članice so se prostovoljno zavezale, da bodo te standarde upoštevale (Zelena Knjiga o energetski učinkovitosti ali Naredi več z manj KOM(2005) 265, 2005, str. 21). Na ta način so metodologije članic usklajene in bo primerjava učinkovitosti med državami olajšana. Države članice na podlagi metodologije določijo minimalne zahteve glede energijske učinkovitosti novih stavb. Direktiva tudi določa, da se pri novih zgradbah, katerih površina presega 1000 m² preuči uporabo alternativnih sistemov ogrevanja (toplotne črpalke, sončni kolektorji ipd.). Poleg tega predvideva, da se za take zgradbe izdelata tehnična, okoljska in ekonomska študija izvedljivosti za uporabo alternativnih sistemov, kar bi lahko prispevalo k hitrejšemu razvoju alternativnih načinov ogrevanja in oskrbe z elektriko (Uradni list EU, št. 12/zv. 2, 2003, str. 170-171).

Pri večjih prenovah obstoječih stavb, katerih tloris uporabe površine je nad 1000 m² se morajo države članice zavezati da bodo postavile minimalne standarde glede energetske učinkovitosti. Standardi se nanašajo na celotno stavbo ali pa na posamezno komponento. Cilj te smernice je izboljšati energetske lastnosti starejših zgradb, kar bi občutno znižalo porabo energije (Uradni list EU, št. 12/zv. 2, 2003, str. 171).

Direktiva uvaja energetska izkaznica, katera o energetski učinkovitosti objekta informira uporabnike, lastnike in najemnike. Tako bodo morale države članice zagotoviti posebne organe, ki bodo pristojni za ocenjevanje energetske učinkovitosti stavb. Energetska izkaznica bo obvezna v stavbah javnih organov in institucij, katerih površina je večja kot 1000 m² in jih uporablja veliko število ljudi. Izkaznica ne sme biti starejša od 10 let, saj mora uporabnike stavb oskrbovati s aktualnimi informacijami. Javni sektor bi moral biti vzgled pri učinkoviti rabi energije v stavbah, zaradi česar bi morale biti energetska izkaznica v javnih zgradbah na vidnem mestu. Izkaznica je predvsem orodje za informiranje ljudi o energetski učinkovitosti (Uradni list EU, št. 12/zv. 2, 2003, str. 171). Kot bomo videli v nadaljevanju bo postala energetska izkaznica obvezna za vse objektne ne glede na velikost.

Z rednimi pregledi kotlov z nazivno toplotno močjo od 20 kW do 100 kW bodo države članice poskušale zmanjšati porabo energije in omejiti izpuste toplogrednih plinov. Za

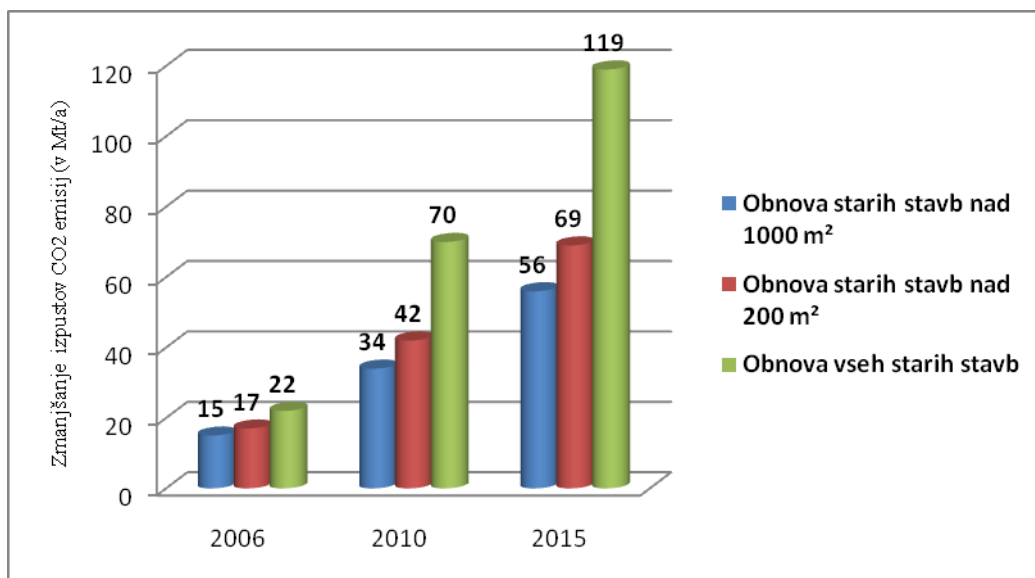
ogrevalne sisteme z močjo nad 20 kW, kateri so starejši od 15 let pa je v Direktivi predviden pregled celotnega ogrevalnega sistema in svetovanje strokovnjaka o morebitni zamenjavi sistema. Ravno tako pa se po Direktivi uvaja pregled klimatskih sistemov z nazivno izhodno močjo nad 12 kW. Pri teh sistemih se pregleduje učinkovitost in njihova velikost ter moč glede na velikost prostora. Prav tako kot pri ogrevalnih sistemih je potrebno tudi pri klimatskih sistemih nuditi ustrezno strokovno svetovanje (Uradni list EU št. 12/zv. 2, 2003, str. 171-172).

Rok za sprejetje potrebnih zakonov in predpisov iz direktive 2002/91/ES se je iztekel 4. januarja 2006, vendar pa je bilo zaradi morebitnih zapletov pri usposabljanju in izobraževanju strokovnjakov, možno rok za izpolnjevanje členov 7, 8 in 9 Direktive, podaljšati do 4. januarja 2009. Večina držav članic je, zaradi težav pri usposabljanju strokovnjakov in pripravi potrebnih zakonov ter predpisov, prestavila sprejetje teh členov v obdobje od 2006 do 2009 (Uradni list EU št. 12/zv. 2, 2003, str. 172-173). *Evropska direktiva o energetske učinkovitosti stavb* bo v prihodnje igrala zelo pomembno vlogo pri izboljšanju energijske učinkovitosti v regiji. Seveda pa bo do učinka prišlo samo, če bodo članice dosledno izpolnjevale in sledile smernicam, ki jih uvaja ta direktiva. Zaradi povečane energijske učinkovitosti in zmanjšanja povpraševanja po energiji bomo deležni pozitivnih učinkov zmanjšanja odvisnosti držav EU od uvožene energije. Posledično s povečanjem učinkovitosti se bodo zmanjšali izpusti toplogrednih plinov. Zaradi uvajanja novih tehnologij in povečanja števila obnov starih zgradb se bo potencialno povečala zaposlenost in ustvarjala se bodo nova delovna mesta (Zirngibl, 2007, str. 6). Problem zgoraj predstavljene Direktive je osredotočenost na zelo velike zgradbe, kar izključuje skoraj vse stanovanjske zgradbe, ki imajo občutno manjšo površino od 1000 m². Iz tega razloga EU že razmišlja o razširitvi direktive.

1.1.1 Razširitev direktive o energetske učinkovitosti stavb

Evropska komisija bo leta 2009 ponovno preučila Direktivo in ocenila dosedanje izvajanje in možnosti za razširitev ter poostreitev meril za energetske učinkovitost stavb. Predlagali bodo, da se vloga javnega sektorja kot zgled dobre prakse, razširi na demonstriranje novih tehnologij in metod za učinkovito rabo energije in uporabo obnovljivih virov energije v stavbah. Zelo pomemben je predlog za zmanjšanje omejitve pri prenovi stavb, ki sedaj določa, da so minimalne zahteve o učinkovitosti potrebne samo za zgradbe, katerih tloris presega 1000 m². Taka sprememba bi zagotovila, da se tudi prenove manjših objektov izvajajo po minimalnih zahtevah glede energijske učinkovitosti, kar bi občutno zmanjšalo porabo energije v stanovanjskih in poslovnih stavbah (Analysis of the Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential SEC(2006)1173, 2006, str. 14-15).

Slika 2: Zmanjševanje izpustov CO₂ glede na razširitev direktive za EU-15



Vir: Peterstodoff, *Cost effective climate protection in the building stock of new EU member states, 2005, str 11, figure 2.*

Kot je razvidno iz zgornjega grafa, bi bilo smiselno razširiti ta del direktive na vse zgradbe, saj se potencial za zmanjšanje izpustov CO₂ plinov v letu 2015 podvoji v primerjavi s sedaj veljavno direktivo. Problem pa bi se pojavil, ker so to samo potencialni prihranki CO₂, saj je potrebno te zgradbe potem tudi dejansko obnoviti, kar pa predstavlja velike finančne vložke, ki bi jih morale države članice tudi delno financirati.

Komisija bo preučila predlog o minimalnih zahtevah energijske učinkovitosti na območju EU, ki bi se merila v kWh/m²⁷ za nove in prenovljene stavbe. Minimalne zahteve pa bi se postavile ne samo za celotne stavbe temveč tudi za posamezne komponente kot so izolacija, okna, vrata, sistemi za ogrevanje itd. Merila bi se določila glede na lokalno klimo in bi pripomogla k enotni metodologije merjenja energijske učinkovitosti. Komisija namerava za nove stavbe razviti strategijo za hiše z zelo nizko porabo energije ali pasivne hiše. Evropska unija bo v sodelovanju z državami članicami razvila strategijo za vsesplošno razširitev pasivnih hiš do leta 2015. Nekaj evropskih držav je že sprejelo nacionalno strategijo za razvoj standardov za hiše z zelo nizko porabo energije med njimi so to storili v Avstriji, na Danskem, v Nemčiji in Franciji (Analysis of the Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential SEC(2006)1173, 2006, str. 14-15). Več o pasivnih hišah bomo spoznali v nadaljevanju, kjer bomo ta koncept bolj podrobno obravnavali. Z razširitvijo direktive in z bolj strogimi zahtevami po energetske učinkovitosti stavb se bo poraba celotne energije v EU zmanjšala, kar bo prispevalo k izpolnjevanju cilja o 20% znižanju porabe energije do leta 2020 (Akcijski načrt za energetske učinkovitost: uresničevanje možnosti COM(2006)545, 2008, str. 13).

⁷ KiloWattna ura na kvadratni meter bivalne površine

2 Slovenska zakonodaja na področju učinkovite rabe energije v stavbah

Po pregledu Evropskih direktiv o energetske učinkovitosti stavb je sedaj smiselno preučiti še slovensko zakonodajo iz tega področja. Zakonodaja narekuje standarde in norme na podlagi katerih nato projektanti projektirajo zgradbe, ki morajo upoštevati določene zahteve za pridobitev gradbenega dovoljenja⁸ in nato uporabnega dovoljenja⁹. Zakonodaja ima velik pomen tudi iz ekonomskega stališča, zaradi česar je tovrstna gradnja manj dostopna, saj izboljšanje energetske učinkovitosti predstavlja dodatne stroške. Dodatne investicije se povrnejo z nižjimi obratovalnimi stroški. Ob strožjih zahtevah glede energetske učinkovitosti pa se kaže tudi pozitiven vpliv na okolje, saj se zaradi večje energetske učinkovitosti poraba fosilnih goriv v zgradbah zmanjšuje in s tem tudi izpusti toplogrednih plinov. V nadaljevanju si bomo najprej ogledali *Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah* iz leta 2002, ki je trenutno še aktualen. Vendar pa ne smemo spregledati tudi novega pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, ki je bil sprejet konec septembra 2008. Na koncu si bomo še ogledali za diplomsko delo ključne točke iz *Nacionalnega akcijskega načrta za energetske učinkovitost 2008-2016*, ki je bil izdelan na podlagi Evropske direktive 2006/32/ES o učinkoviti rabi energije in energetskih storitvah.

2.1 Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2002

Na ministrstvu za okolje in prostor so 15. maja 2002 izdali pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, ki je pričel veljati 15. avgusta 2002. Nadomestil je stari *Pravilnik o racionalni rabi energije pri ogrevanju in prezračevanju in tehnični standard JUS.UJ.5.600* iz leta 1984. Pravilnik je nastal na osnovi analize stanja in zastavljenih ciljev glede graditve trajnostnih stavb, učinkovite rabe energije ter zmanjšanja emisij toplogrednih plinov v tem sektorju. Izdelan je bil z upoštevanjem *Evropske direktive o gradbenih proizvodih 89/106/ECC* in *Direktive SAVE 93/76/ECC*. Pravilnik predvideva uporablja evropsko primerljive računske metodologije SIST EN 832 (Šijanec Zavrl, 2002, str. 9).

Po tem pravilniku se meri učinkovitost stavb na podlagi potrebne energije za ogrevanje enote uporabne površine, ki je izražena za stanovanjske stavbe v kWh/m²a¹⁰. Pri izračunu učinkovitosti stanovanjskih stavb se upošteva oblikovni faktor¹¹. Pri oblikovnem faktorju $f_0 = 0,65$ mora stavba zadostiti zahtevi 70 kWh/m²a ($45 + 40 \times f_0$), če bi enako metodologijo uporabili za starejši pravilnik bi zahteva znašala 100 kWh/m²a. Pravilnik

⁸ Gradbeno dovoljenje je odločba, s katero pristojni upravni organ dovoli gradnjo in s katero določi konkretne pogoje, ki jih je treba pri gradnji upoštevati.

⁹ Uporabno dovoljenje je odločba, ki dovoljuje začetek uporabe objekta.

¹⁰ KiloWattna ura na kvadratni meter bivalne površine na leto

¹¹ Oblikovni faktor je razmerje celotno zunanjo površino stavbe in ogrevano prostornino stavbe

predpisuje največjo dovoljeno povprečno toplotno prehodnost¹² ovoja stavbe v odvisnosti od oblikovnega faktorja in od lokacije na kateri je stavba postavljena. Stavba, ki je zgrajena v Ljubljani mora zadostovati zahtevi 0,55 W/m²K toplotne prehodnosti zunanjšega ovoja, medtem ko mora enaka hiša na Jesenicah izpolnjevati strožje zahteve, in sicer 0,52 W/m²K. Pravilnik postavlja omejitve tudi za posamezne gradbene komponente kot so stekla, okna in zunanja vrata. Toplotna prehodnost stekel ne sme biti večja od 1,4 W/m²K s faktorjem prehoda celotnega sončnega sevanja najmanj 0,55. Ob predpostavki, da upoštevamo celotna okna pa ta omejitev znaša 1,8 W/m²K. Zahteve za zunanja vrata so po tem pravilniku malo manj stroge, saj naj bi upoštevali zahtevo toplotne prevodnosti vsaj 3,5 W/m²K (Uradni list RS št. 42/2002, 2002, str. 4118).

S tem pravilnikom in njegovimi zahtevami o izboljšanju energetske učinkovitosti stavb se je zmanjšala potreba po energiji za ogrevanje glede na prejšnji predpis za 30%, kar posledično zmanjša potrebo po toplotni energiji za 60.000 MWh/a in izpuste toplogrednih plinov za 12.000 ton na leto. Zaradi strožjih zahtev toplotne prehodnosti zunanjšega ovoja glede na prejšnji pravilnik je bilo potrebno novogradnje od leta 2002 dodatno izolirati z 3 do 4 cm izolacije. Dodatna investicija znaša približno 500 € za enodružinsko hišo. Glede na zmanjšano porabo energije za ogrevanje stavb za 30 kWh/m²a se dodatna investicija povrne v največ 5-ih letih (Šijanec Zavrl, 2002, str. 9, 13).

2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2008

Pravilnik iz leta 2002 je konec septembra zamenjal novi *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah*, ki je začel veljati 15.10.2008. Novi pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, gretja, prezračevanja, hlajenja, klimatizacije, priprava tople pitne vode in razsvetljave v stavbah. Pravilnik je usklajen z *Direktivo 2002/91/ES o učinkoviti rabi energije v stavbah* (Uradni list RS št. 93/2008, 2008, str. 12698). Novi pravilnik opušča računanje energijske učinkovitosti po metodi SIST EN 832, tako se za merjenje učinkovitosti stavb ne uporablja več kriterij letne porabe energije za ogrevanje po kvadratnem metru uporabne površine stavb (kWh/m²a), temveč se po novem pravilniku energijska učinkovitost meri s podatki o specifičnih toplotnih izgubah (W/m³), kar pomeni, da ta pravilnik omejuje toplotno moč grelnih naprav. Novogradnje bodo po novem pravilniku morale zagotoviti do 25% moči za ogrevanje, prezračevanje in hlajenje iz obnovljivih virov energije (Grobovšek, 2008a, str. 1).

Pravilnik tudi poostruje energijsko učinkovitost posameznih komponent oziroma elementov stavb. Tako je po novem največja dovoljena toplotna prehodnost zunanjšega ovoja 0,28 W/m²K, kar je prepolovljena vrednost dovoljene toplotne prehodnosti iz

¹² Karakteristika, ki pove, kakšen energijski tok steče skozi 1 m² površine gradbenega elementa pri temperaturni razliki 1K. Čim nižja je toplotna prehodnost, tem boljša je toplotna izolativnost; enota W/m²K

prejšnjega pravilnika. V praksi pa to pomeni, da se debelina izolacije zunanjih sten, tal in strehe poveča za 5 do 10 cm. Zunanja stena mora biti sedaj izolirana z do 15 cm toplotne izolacije, medtem ko mora biti toplotna izolacija na strehi in na tleh, 30 cm oziroma 20 cm. Zahteve so se prav tako poostrele pri zasteklitvi in oknih. Po starem pravilniku je toplotna prehodnost za zasteklitev znašala $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ in za celotna okna $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, medtem ko se zahteve po novem pravilniku strožje in znaša $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ za steklene površine in $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ za celotna okna. Omejitve glede vrat pa so skoraj za polovico strožje, kot so bile po starem pravilniku, po novem pravilniku znaša toplotna prehodnost vrat $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Grobovšek, 2008a, str. 2).

Neglede na novo metodologijo računanja energijske učinkovitosti so strokovnjaki gradbene fizike na podlagi zahtev, ki jih predpisuje novi pravilnik izračunali, potrebno letno količino energije za ogrevanje enote uporabne površine stavb. Prišli so do izračuna, da bi stavba grajena po zahtevah novega pravilnika porabila od 30 do $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar zadostuje kriteriju nizkoenergijske gradnje (Nemanič, 2008, str. 29).

Tabela 1: Raba toplote za ogrevanje po različnih predpisih

Leto gradnje stavbe	1995	po letu 2002	po novem pravilniku (15.10.2008)
Enodružinska hiša	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	$\text{kWh/m}^2\text{a}$
Raba toplote za ogrevanje	100	60-80	30-40

Vir: povzeto po Grobovšek, Zahtevana toplotna izolacija ovoja stavbe po novem pravilniku, 2008b, tabela 1.

Novogradnje bodo morale 25% moči energije zagotoviti iz obnovljivih virov, kar za enodružinsko hišo pomeni vgradnjo 6 m^2 velikega kolektorja sončne energije ali priključitev na zunanji energijski vir, ki zagotavlja zahtevan delež obnovljivih virov energije (Novak, 2008, str. 1). V zgradbi pa se lahko uporablja tudi toplotna črpalka oziroma zemeljski kolektorji. Pravilnik je začel veljati 15.10.2008, vendar pa se s tem dnem uporaba *Pravilnika o energijski učinkovitosti stavb* iz leta 2002 ne preneha, saj se bo zahtevam za izdajo gradbenega dovoljenja vloženim do 1. julija 2009 lahko prilagala projektna dokumentacija po dosedanjih predpisih. S tem razlogom je obravnavanje obeh pravilnikov v diplomskem delu zelo pomembno, saj ima nov pravilnik prehodno dobo, ki bo trajala do polovice leta 2009.

2.3 Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016

Vlada je 31.1.2008 sprejela *Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost za obdobje 2008-2016 (AN-URE)*. AN-URE temelji na *Evropski direktivi 2006/32/ES o učinkoviti rabi energije in energetskih storitvah*, katero smo bolj podrobno spoznali v prejšnjem poglavju diplomske dela. Direktiva zahteva od držav članic, da dosežejo 9% prihranek končne energije v obravnavanem obdobju. V Sloveniji je bilo za osnovo, na kateri se meri prihranke, vzeto povprečje končne porabe energije v obdobju 2001-2005, in sicer 47.349 GWh na leto. Po AN-URE bi se morala poraba končne energije do konca leta

2016 znižati najmanj za 4.261 GWh na letni ravni glede na izbrano osnovno obdobje. Prihranki bodo doseženi s sektorskimi in horizontalnimi ukrepi (Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016, 2008, str. 7). V diplomskem delu je smiselno bolj podrobno obravnavati le ukrepe glede zmanjšanja porabe končne energije v gospodinjstvem in terciarnem sektorju, ki jih navaja AN-URE, saj je pri teh dveh sektorjih poraba energije večinoma vezana na stavbe. V nadaljevanju si bomo tako ogledali instrumente, ukrepe, celotne predvidene prihranke in predvideno vlaganje javnih sredstev v ta dva sektorja.

Za izvedbo AN-URE bo potrebno zagotoviti 380 mio € javnih sredstev, ki se bodo razdelila med gospodinjstvi, terciarni, industrijski in prometni sektor. Največji delež javnih sredstev bo namenjen ravno spodbujanju učinkovite rabe energije v gospodinjstvih in v terciarnem sektorju; skupaj zavzemata kar 60% vseh sredstev. Taka razdelitev javnega denarja je upravičena, saj ta dva sektorja predstavljata tudi največji potencial za prihranke pri porabi končne energije. Za zmanjšanje potrebe po končni energiji in povečanje energetske učinkovitosti, se bodo uporabljale finančne spodbude, energetske označevanje izdelkov in stavb, informiranje uporabnikov preko svetovalnih mrež itd. (Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016, 2008, str. 10-13).

Največji potencial za zmanjšanje porabe energije v gospodinjstvih predstavljata ogrevanje in poraba električne energije. Potrebno bo povečati učinkovitost ogrevalnih sistemov in izboljšati izoliranost stavbnega sklada. AN-URE predvideva gradnjo nizkoenergijskih in pasivnih hiš, katere imajo zelo nizko rabo energije. V obdobju od l. 2008-2016 je po AN-URE predvideno zmanjšanje porabe končne energije v gospodinjstvih za 1.165 GWh/leto, kar predstavlja 27,3% celotnega načrtovanega znižanja. Zastavljeni cilj nameravajo doseči s finančnimi in nefinančnimi instrumenti. Država bo preko *Ekološkega sklada RS* za finančne spodbude namenila 120 mio € javnih sredstev. Za energetske sanacije stavb in izboljšanje toplotnih lastnosti v stanovanjskih stavbah bo dodeljenih 33 mio € javnih sredstev, katera bodo namenjena obnovi 2,8 mio m² stanovanjskega sklada, kar bo zmanjšalo porabo energije za 210 GWh/leto. Finančne spodbude za energetske učinkovite ogrevalne sisteme v višini 37 mio € bodo sofinancirale zamenjavo 24.500 kotlov v enostanovanjskih hišah in 630 kotlov v večstanovanjskih hišah, kar bi zmanjšalo porabo končne energije za 53 GWh/leto. Ostala sredstva bodo uporabljena za spodbujanje učinkovite rabe električne energije (29 mio €) in za učinkovito rabo energije v gospodinjstvih z nizkimi dohodki (21 mio €), s čimer bi znižali porabo za 489 GWh/leto. Energijsko označevanje gospodinjstevskih aparatov in naprav ter energetske svetovalne mreže za občane pa predstavljata nefinančne spodbude in ukrepe, ki naj bi prispevale k 413 GWh nižji letni porabi (Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016, 2008, str. 44-56).

V Sloveniji predstavlja terciarni sektor 10% celotne porabe energije. Delimo ga na javni, storitveni in obrtno-kmetijski sektor. Največji delež porabe energije v terciarnem sektorju predstavljajo stavbe, zato je energijska učinkovitost teh zgradb zelo pomembna za končno

porabo. Potencial za zmanjšanje energije v tem sektorju znaša 19,7% celotnega ciljnega znižanja porabe končne energije. Največji delež tega potenciala predstavljajo toplotne karakteristike stavb in učinkovitost ogrevalnih sistemov. Za finančne spodbude v tem sektorju bo namenjenih 109 mio € javnega denarja, s ciljnim znižanjem končne porabe za 804 GWh na letni ravni (Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016, 2008, str. 57).

Finančne spodbude za učinkovito obnovo in trajnostno gradnjo stavb so namenjene za sanacijo stavbnega sklada v terciarnem sektorju in energetske učinkovite gradnje novih objektov. V ta namen bo v obravnavanem obdobju na razpolago 44 mio € javnih sredstev, kar naj bi predvidoma zmanjšalo rabo energije za 98 GWh/leto. Finančne spodbude v višini 44 mio € bodo namenjene za energetske učinkovite ogrevalne sisteme, kar bo povečalo učinkovitost kotlov in drugih ogrevalnih naprav ter znižalo letno porabo končne energije za 183 GWh. Z 21 mio € javnega denarja bodo sofinancirali bolj učinkovito uporabo varčnih sijalk, prezračevalnih sistemov, klimatizacijskih sistemov in izvedbo energetskih pregledov, kar naj bi do konca leta 2016 privarčevalo 525 GWh/leto. V tem obdobju se bo v javnem sektorju uvedla uporaba zelenih javnih naročil¹³, kar bo spodbudilo uporabo naravi prijaznih naprav in tehnologij v celotnem gospodarstvu (Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016, 2008, str. 58-65).

K izpolnjevanju zahtev iz AN-URE bo prav gotovo pripomogel tudi pred kratkim sprejet novi *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah*, ki zastruje merila in predpise za gradnjo novih in obnovo obstoječih objektov. S pomočjo tega pravilnika se bo izpolnjevanje zahtev o varčevanju z energijo olajšalo in s tem bo zastavljen cilj lažje dosegljiv. Glede na akcijski načrt, ki predvideva državne spodbude in sofinanciranje energetske varčne gradnje, bo taka gradnja postala bolj privlačna tako za posameznike kot tudi za investitorje. Slovenija se tako s pomočjo novega pravilnika in AN-URE vedno bolj obrača k nizkoenergijski in celo pasivni gradnji.

3 Poraba končne energije v stavbah v Sloveniji

V tem poglavju bomo spoznali Slovenski stanovanjski fond in analizirali porabo energije za ogrevanje v stanovanjskih stavbah. Tvrstna analiza je zanimiva zaradi dejstva, ki smo ga spoznali v prejšnji točki, da stavbe predstavljajo največji potencial za zmanjšanje porabe končne energije. Najprej bomo predstavili značilnosti stanovanjskega fonda, nato fond razdelili po starostni strukturi in opredelili energetske značilnosti vsake skupine stavb. V nadaljevanju nas bodo zanimali različni vrste porabe končne energije in vrsto energetskih virov in goriv, ki se v stanovanjih porabljajo. Zaključili bomo z analizo o potencialnih prihrankih energije v stavbah, katere je moč zagotoviti z izboljšanjem

¹³ Javna naročila, ki upoštevajo okoljsko komponento kot kriteriji izbire

energetskih karakteristik stanovanjskega fonda in potrebnimi investicijami. Pri analizi se bomo osredotočili na stanovanjske stavbe.

3.1 Slovenski stanovanjski fond

Po podatkih SURS¹⁴ iz leta 2007 je v Sloveniji 820.400 stanovanj, od tega jih je dobro polovico lociranih v mestnih naseljih (Stanovanjski sklad, število stanovanj po letu zgraditve, 2007). Največ stanovanj se nahaja v Ljubljani nato pa sledijo ostala večja slovenska mesta. Od leta 2002 naprej se je v Sloveniji povprečno zgradilo okoli 6000 stanovanj letno, vendar je bilo v letu 2006 zgrajenih, kar 8030 stanovanj. V stanovanjskem fondu je bilo leta 2002 nekaj več kot 59,5 mio m² stanovanjskih površin. Večina stanovanj je bila zgrajena pred letom 1980, največ jih je bilo zgrajenih v 60-ih in 70-ih letih prejšnjega stoletja. V zadnjih 20-ih letih je gradnja novih stanovanj upadla in je znašala za obdobje 1991-2000 54.968, medtem ko je v obdobju od 1971 do 1981, ko je bilo zgrajenih največ stanovanj ta številka znašala 185.358 (Gradbeništvo, Statistične informacije 5. november 2005, 2005, str. 1).

Tabela 2: Starostna struktura stanovanjskega sklada in energijska učinkovitost stavb

Leto gradnje stavbe	do 1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2007
Število stavb	181.558	87.980	132.480	185.358	127.500	54.968	50.556
Letna potreba po energiji (v kWh/m ² a)	300	200	180	150	120	100	60-80

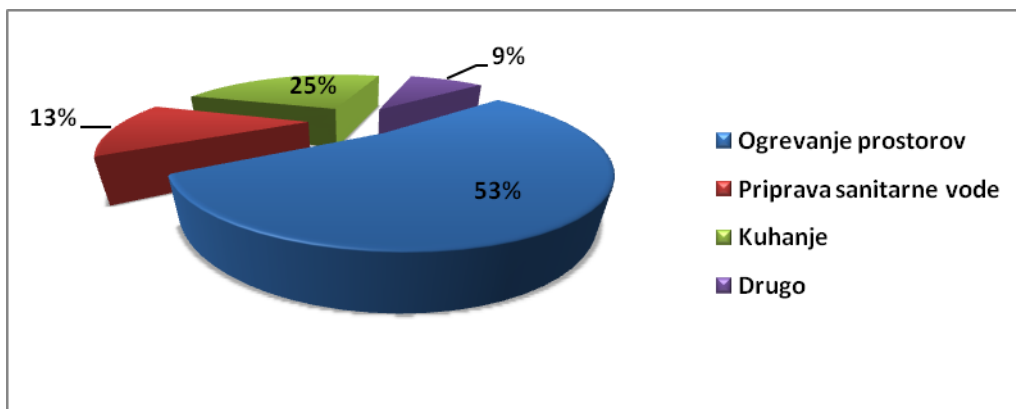
Vir: Povzeto po Stanovanjski sklad, število stanovanj po letu zgraditve, SURS, 2007 in Grobovšek, Prihranek energije pri posodobitvi ogrevanja in energetski obnovi ovoja stavbe, 2007.

Poskušali bomo oceniti letne potrebe po energiji za ogrevanje posameznega segmenta stavb. Velik pomen za energetsko učinkovitost stavb predstavlja izoliranost zunanje ovoja, izoliranost strehe in tal ter kvaliteta oken. Zgradbe zgrajene pred letom 1960 večinoma nimajo izolacije, medtem ko imajo zgradbe zgrajene do 80-ih let le minimalno izolacijo. Energijska učinkovitost starejših stavb je nižja zaradi slabe izoliranosti zunanje ovoja in predimenzioniranih ogrevalnih sistemih¹⁵, ki imajo nizke izkoristke. Zgoraj navedene letne porabe energije so ocenjene na podlagi starosti stavb. Tako stavba, ki je bila zgrajena pred letom 1945 porabi šestkrat več energije za ogrevanje kot stavbe, ki so bile zgrajene po letu 2002. Ob upoštevanju dejstva, da ima v Sloveniji več kot polovica stavb večjo porabo od 200 kWh/m²a, je potencial za zmanjšanje porabe energije v stavbah zares velik. Ob predpostavki, da zamenjamo več kot 15 let star predimenzioniran kotel, katerega letni izkoristek znaša okoli 65% z novim nizkotemperaturnim kotlom z letnim izkoristkom nad 90%, se lahko letna poraba energije za ogrevanje zniža najmanj za 25 do 30%. V primeru, da v izračun vključimo še izboljšavo zunanje ovoja stavbe, izolacijo strehe in tal ter zamenjavo oken in vhodnih vrat lahko pridemo do zmanjšanja potrebne energije za ogrevanje za 50 do 60% (Grobovšek, 2007, str. 7)

¹⁴ SURS je kratica za Statistični urad Republike Slovenije

¹⁵ Sistemi, ki imajo preveliko toplotno moč, glede na potrebe po ogrevanju in so zato neučinkoviti

Slika 3: Končna poraba energije in goriv v gospodinjstvih glede na vrsto končne porabe, Slovenija, 2002

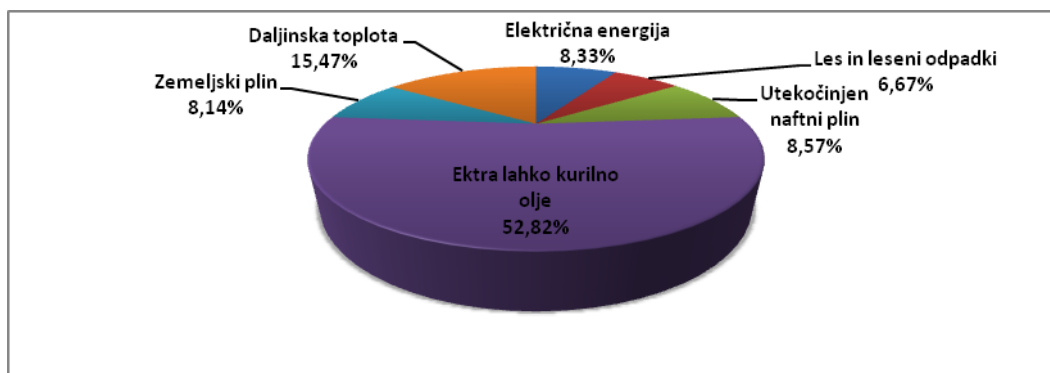


Vir: Energetika, Statistične informacije 6. september 2004, 2004, str. 4, slika 1.

Skupna poraba končne energije v gospodinjstvih je v letu 2002 znaša 51.894 TJ, izraženo v GWh znaša to 14,415 GWh. Največji del porabe končne energije zavzema ogrevanje prostorov, in sicer 53%. Takoj za ogrevanjem sledi kuhanje s 25% in ogrevanje sanitarne vode s 13%, drugi viri porabe pa so zavzeli 9% porabe (Energetika, Statistične informacije 6. september 2004, 2004, str 3-4). Ta dejstva nam kažejo, da je potrebno usmeriti napore za zmanjšanje porabe energije v ogrevanju prostorov, saj ta zavzema največji delež celotne porabe. Za izboljšanje energijske učinkovitosti stavb se je potrebno osredotočiti na izboljšanje ogrevalnih sistemov in izboljšanje toplotnih karakteristik ovojja stavb.

Največji delež porabe energije v stavbah se porabi za ogrevanje, vendar pa moramo upoštevati, da lahko ogrevamo z različnimi energetskimi viri. V Sloveniji je najbolj razširjeno ogrevanje z ekstra lahkim kurilnim oljem. Po statističnih podatkih iz leta 2002 se s tem energentom ogreva 52,82% gospodinjstev. Kurilnemu olju s 15,47% sledi ogrevanje z daljinsko toploto, za tem se dokaj enakomerno zvrstijo utekočinjen naftni plin 8,57%, električna energija 8,33%, zemeljski plin 8,14% in les ter lesni odpadki 6,67%. Za ogrevanje vode se največ uporablja električna energija in kurilno olje, pri kuhanju pa se porabi največ lesa in lesnih odpadkov ter plina. Za vse ostale vire porabe, ki smo jih v prejšnjem odstavku opredelili kot drugi viri porabe pa se uporablja izključno električna energija (Energetika, Statistične informacije 6. september 2004, 2004, str 3).

Slika 4: Vrsta energetskih virov za ogrevanje v Sloveniji leta 2002



Vir: povzeto po tab. Vrsta energetskih virov in vrsta končne porabe, Energetika, Statistične informacije 6. september 2004, 2004, str. 3.

V spodnji tabeli so prikazane cene različnih energentov, ki so v veljavi od 30.12.2008. Cene so preračunane na kWh za lažjo primerjavo med energenti. Pri posameznih energentih je upoštevan izkoristek ogrevalnega sistema. Ogrevanje na električno energijo je od naštetih energentov najmanj privlačno, saj znaša cena kWh koristne energije 12,44 centov. Električna energija bo v prihodnje še manj ekonomičen energent za ogrevanje zaradi uvedbe progresivnega obračunavanja elektrike nekaterih elektrodistribucijskih podjetji pri nas. Tako lahko predvidevamo, da se bo uporaba elektrike za ogrevanje v gospodinjstvih v prihodnosti zmanjšala. Električni energiji sledi utekočinjen plin z 10,06 centov/kWh koristne energije in daljinsko ogrevanje z 9,40 centov/kWh. Včasih zelo ugodno ogrevanje na daljavo iz toplarn je postalo dražje od kurilnega olja kot tudi od zemeljskega plina. Cena zemeljskega plina je postala nekonkurenčna v primerjavi z ekstra lahkim kurilnim oljem, kljub večjim izkoristkom ogrevanja na zemeljski plin. Kurilno olje je sredi leta 2008 dosegalo še vrednosti okoli 1,00 €/l, vendar se je cena do konca leta skoraj prepolovila, zato je postalo ogrevanje na ta energent veliko bolj ekonomično. Najcenejše je ogrevanje s toplotno črpalko in lesno biomaso. Potrebno je upoštevati, da je cena ogrevalnega sistema na lesno biomaso dvakrat višja od sistemov, ki uporabljajo kurilno olje ali zemeljski plin, iz tega razloga so takšni kotli za ogrevanje manjših stanovanjskih stavb neprimerni. Toplotna črpalka je nekoliko dražja od oljnih in plinskih kotlov, pa vendar cenejša od ogrevalnega sistema na lesno biomaso, če pri tem upoštevamo še državno subvencijo pridemo do še ugodnejšega razmerja.

Tabela 3: Primerjava cen energentov, končne in koristne energije, 30.12.2008

Energent	Cena končne energije €/kWh	Izkoristek	Cena koristne energije € centi/kWh
Električna energija	0,1182	95%	12,44
Utekočinjen naftni plin	0,0955	95%	10,06
Daljinska toplota	-	-	9,40
Zemeljski plin	0,0791	95%	8,32
Ekstra lahko kurilno olje	0,0535	90%	5,94
Les in lesni odpadki	0,0460	90%	5,11
Toplotna črpalka	-	-	3,55
Biomasa sekanci	0,0188	80%	2,34

Vir: Internetna stran, Ensvet Nova Gorica, tabela Primerjava cen energentov, končne in koristne energije, 30.12.2008

3.2 Analiza obnove stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990

V tej točki bomo poskušali analizirati potencialne prihranke energije in investicije potrebne za bolj učinkovito rabo energije v stavbah. Osredotočili se bomo na stanovanjski fond zgrajen pred letom 1990. Stroškovno bomo opredelili ukrepe za izboljšanje energetske značilnosti stavb. Med te ukrepe spada toplotna izolacija zunanjih sten, toplotno izolacijo strehe ali podstrešja, toplotna izolacija tal ali stropa kleti, zamenjava oken in vhodnih vrat ter posodobitev ogrevalnega sistema. Izračunali bomo celotne stroške teh investicij za enodružinsko hišo, jih preračunali na m² ter jih aplicirali na celotno površino stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990. Na ta način bomo dobili stroške celotne

investicije za izboljšanje energetske učinkovitosti v stavbah zgrajenih pred letom 1990. Na koncu bomo celotne stroške investicije primerjali s celotnimi prihranki pri porabi končne energije in tako bomo dobili dobo vračanja potrebnih investicij.

3.2.1 Stroški obnove vzorčne enodružinske hiše

Analizo bomo začeli z izračunom stroškov investicije obnove m² stanovanjske površine. Vzeli bomo vzorčno enodružinsko hišo, ki ima kletne prostore, dve nadstropji in hladno podstreho, ogrevalna površina pa znaša 150 m². Hiša je bila zgrajena okoli leta 1985 in je zidana iz mrežaste opeke 29 cm ter 4 cm zunanjega izolacijskega ometa. Kletni prostori služijo kot pomožni prostor in garaža. Prvo in drugo nadstropje so stanovanjski prostori, podstrežje je neizolirano in neizkoriščeno. Tloris hiše je projektira tako, da so bivalni prostori (spalnice in dnevni prostori) obrnjeni proti jugu, pomožni prostori (kopalnica, kuhinja in stopnišče) pa proti severu. Ogrevalna naprava je kotel na kurilno olje, ki je star več kot 15 let, ima slab izkoristek in je predimenzioniran, kar je značilno za ogrevalne sisteme iz tistega časa. Takšna stavba v povprečju porabi okoli 200 kWh/m²a za ogrevanje. Na tej hiši bomo izvedli ukrepe za izboljšanje toplotnih karakteristik ovoja in zamenjavo zastarelega kotla. Ukrepi za doseganje energijsko učinkovitega ovoja stavbe so (Grobovšek, 2008c, str. 2):

- a) izolacija strehe ali podstrešja s 20 cm toplotne izolacije
- b) izolacija zunanjega ovoja s 12 cm toplotne izolacije
- c) izolacija tal ali stropa kleti s 6 cm toplotne izolacije
- d) zamenjava oken z vgradnjo energijsko varčnih stekel
- e) zamenjava vhodnih vrat z vgradnjo toplotno izoliranih vrat

Zgoraj naštetim ukrepom je potrebno dodati še zamenjavo zastarelega ogrevalnega sistema s sodobnim. Priporočljiva je vgradnja nizkotemperaturnega kotla. Grobovšek (2008c, str. 1) pravi takole: »Pri starejših stanovanjskih stavbah, grajenih pred letom 1980, je tehnično možno zmanjšati rabo energije za ogrevanje za 50 do 60%, če razen posodobitve ogrevalnega sistema izvedemo še ukrepe za energijsko učinkovitost ovoja stavbe.« Ob vgradnji nizkotemperaturnega kotla, ki ima izkoristek toplotne energije nad 90% in ob izboljšanju toplotnih karakteristik ovoja lahko pričakujemo do 60% manjšo porabo energije za ogrevanje v celotnem stanovanjskem fondu, če bi se vsi lastniki odločili za sanacijo starejših stavb.

S pomočjo strokovnjakov gradbene stroke iz svetovalnega podjetja JINS d.o.o. in LIZ inženiring smo ocenili obseg in vrednost potrebnih del za obnovo enodružinske stavbe. Zaradi neuporabnosti podstrešnega prostora smo se odločili, da je najbolj smiselno izolirati tla podstrešja, saj s tem zmanjšamo ogrevalno prostornino in povečamo energijsko učinkovitost. Podstrežje je potrebno izolirati s 20 cm toplotne izolacije, ki jo položimo na paroprepustno folijo ter vse skupaj zaključiti z OSB ploščo. Celotni stroški za izoliranje 75

m² podstrešja znašajo 2.250,00 €, kar je enako 30,00 €/m². Za izboljšanje toplotnih značilnosti stavbe je potrebno izolirati celoten zunanji ovoj. Zunanje sten bomo izolirali s 14 cm toplotne izolacije in jo zaključili s fasadnim slojem. Pri ocenjevanju stroškov tega ukrepa je potrebno poleg materiala in dela upoštevati še postavitev fasadnega odra, kar skupaj znes 50 €/m². Stroški izoliranja 135 m² zunanjih sten znašajo 6.750,00 €. V kletnih prostorih se nahaja shramba in garaža zato je z izolacijo stropa celotne kleti smiselno ločiti kletne prostore od bivalnih. Z 8 cm toplotne izolacije in dekorativnim silikonskim ometom je potrebno izolirati 75 m² stropnih površin. Vrednost teh del znaša skupaj z materialom 30 €/m², za celoten strop 2.250,00 €. Za celovito obnovo ovoja stavbe je potrebno zamenjati tudi okna in vhodna vrata. Stara okna lesenih konstrukcij moramo zamenjati z vgradnjo energijsko varčnih oken katerih toplotna prehodnost ne presega U=1,4 W/m²K. V vzorčni stavbi je skupaj s terasnimi vrati 25 m² okenskih površin. Ocenjena vrednost del, ki vključuje dobavo in montažo oken znaša 6.375,00 €. Zadnji ukrep za izboljšanje energijske učinkovitosti ovoja stavbe je zamenjava obstoječih vhodnih vrat s toplotno izoliranimi vrati. Stroški dobave in montaže so ocenjeni na 1.150,00 €. Na koncu je potrebno upoštevati še investicijo v posodobitev ogrevalnega sistema, in sicer je potrebno zamenjati star kotel na kurilno olje z novim nizkotemperaturnim kotlom, ki ima veliko višji toplotni izkoristek. Stroški zamenjave kotla, posodobitev ogrevalnega sistema in montažo smo ocenili na 2.500,00 €. Skupni stroški investicije tako znašajo 21.275,00 €, pri čemer delo predstavlja okoli polovico celotnih stroškov. S pomočjo preprostega računa lahko izračunamo stroške investicije na m², ki znašajo 141,83 €/m². Ta podatek nam bo pomagal pri izračunu celotnih potrebnih stroškov investicije v posodobitev stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990.

Tabela 4: Stroški obnove enodružinske hiše 150 m²

Ukrepi	Debelina/Kos	Površina (m ²)	Cena na m ²	Končna cena
Izolacija podstrešja	20 cm	75	30 €	2.250 €
Izolacija zunanjih sten	14 cm	135	50 €	6.750 €
Izolacija stropa kleti	8 cm	75	30 €	2.250 €
Zamenjava oken	cca. 15	25	255 €	6.375 €
Zamenjava vrat	1	2,42	475 €	1.150 €
Zamenjava kotla	1	-	-	2.500 €
SKUPAJ				21.275 €

Vir: Lasten prikaz glede na značilnosti 150 m² enodružinske hiše in ocene strokovnjaka gradbene stroke.

3.2.2 Obnova stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990

Iz Tabele 2 lahko izračunamo število stavb, ki je bilo zgrajenih do leta 1990. V tem obdobju je bilo zgrajenih 716.876 stavb, kar je 87 % stanovanjskega fonda. Iz publikacije SURS-a, Statistične informacije o energetiki (2004, str. 1) lahko razberemo, da je povprečna ogrevalna površina v Sloveniji velika 77,5 m². Na podlagi podatkov o količini zgrajenih stanovanj in povprečni ogrevalni površini lahko pridemo do celotne kvadrature stanovanjskega sklada zgrajenega pred letom 1990, ki znaša 55,56 mio m². Sedaj nam

preostane samo izračun celotnih stroškov investicije za posodobitev stanovanjskega fonda, ki ga dobimo z množenjem stroškov m^2 obnove bivalne površine in celotno površino stanovanjskega sklada v obravnavanem obdobju, ki znašajo 7.882,74 mio €.

Na podlaga podatkov iz *Tabele 2* smo izračunali povprečno porabo energije za ogrevanje v stavbah zgrajenih pred letom 1990, in sicer $194,46 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Ta podatek nam bo pomagal pri računanju porabe energije za ogrevanje in prihrankov po obnovi stavb. Da bomo lahko prišli do teh podatkov moramo najprej izračunati ceno mešanice goriva, ki se v Sloveniji uporablja za ogrevanje. Iz *Slike 4* in *Tabele 3* lahko razberemo podatke o vrsti goriva, ki se uporablja za ogrevanje in procentualno porabo posameznih goriv ter njihovo ceno. Na podlagi zgoraj omenjenih podatkov pridemo do cene mešanice goriva za ogrevanje, ki znaša $0,0751 \text{ €/kWh}$.

Sedaj je potrebno oceniti prihranke energije, ki jih dosežemo z ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti ovoja. Ukrepe bomo ocenili glede na procent prihranjene energije za ogrevanje in ob upoštevanju, da smo ogrevalni sistem že posodobili. Prihranek energije pri različnih gradbenih in sanacijskih posegih so sledeči (Grobovšek, 2008, str. 1):

- a) 20 cm toplotne izolacije strehe pomeni približno 11 % prihranka,
- b) 12 cm toplotne izolacije zunanje ovoja pomeni približno 20 do 25 % prihranka,
- c) 6 cm toplotne izolacije stropa kleti pomeni približno 6 % prihranka,
- d) Zamenjava vhodnih vrat in oken z vgrajenimi energijsko varčnimi stekli pomeni približno 20 % prihranka.

Iz zgoraj navedenih podatkov lahko predvidevamo, da bodo prihranki pri naši vzorčni hiši presegli prihranke pri zgoraj omenjenih ukrepih, saj sta izolacija zunanje ovoja in izolacija stropa kleti za 2 cm debelejši, kar lahko prinese dodatne prihranke. Zaradi teh razlogov lahko upoštevamo prihranke v višini 65 %. Poraba energije za ogrevanje obnovljene hiše tako znaša le še 35 % prvotne porabe. Ob upoštevanju, da naša vzorčna hiša pred sanacijo porabi $194,46 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, se po obnovi poraba zniža na $68,06 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Taka hiša prihrani $126,40 \text{ kWh/m}^2$ na leto. Če te prihranke apliciramo na celoten stanovanjski fond zgrajen pred letom 1990, dobimo prihranke celotnega fonda, ki znašajo 7.022,40 GWh na leto. S pomočjo povprečne cene kWh, glede na mešanico vseh energentov, dobimo denarno izražene letne prihranke, ki znašajo 527,25 mio €. Zmanjšali pa bi tudi izpuste CO_2 za okoli 1.400.000 ton na leto.

Če upoštevamo, da se cene energentov ne spreminjajo in bodo s tem letni prihranki vsako leto enaki je doba vračanja investicije 14,95 let. Vendar je taka predpostavka nerealna in malo verjetna, zato moramo upoštevati podražitev energentov.

Tabela 5: Povračilo investicije v sanacijo stanovanjskega sklada zgrajenega pred letom 1990

leto	Investicija (v mio €)	Prihranki (v mio €)	Preostanek	Prihranki pri 11% podražitvi	Preostanek
0	7.882,74		7.882,74		7.882,74
1		527,25	7.355,49	527,25	7.355,49
2		527,25	6.828,24	585,25	6.770,24
3		527,25	6.300,99	649,62	6.120,62
4		527,25	5.773,74	721,08	5.399,53
5		527,25	5.246,49	800,40	4.599,13
6		527,25	4.719,24	888,45	3.710,68
7		527,25	4.191,99	986,18	2.724,51
8		527,25	3.664,74	1.094,66	1.629,85
9		527,25	3.137,49	1.215,07	414,79
10		527,25	2.610,24	1.348,72	-933,94
11		527,25	2.082,99	1.497,08	-2.431,02
12		527,25	1.555,74	1.661,76	-4.092,79
13		527,25	1.028,49	1.844,56	-5.937,35
14		527,25	501,24	2.047,46	-7.984,81
15		527,25	-26,01	2.272,68	-10.257,49
16		527,25	-553,26	2.522,67	-12.780,16
Doba vračanja (v letih)			14,95	Doba vračanja (v letih)	9,31

Pri podražitvi energentov se bomo orientirali po naraščanju cene nafte, saj ta energent predstavlja dominantni delež v mešanici energentov. Cena soda nafte naj bi do leta 2015 poskočila na 100 \$, do leta 2030 pa naj bi se povzpela malo nad 200 \$. Prihajalo bo tudi do kratkoročnih nihanj, ki bodo povzročala skokovita naraščanja in strme padce cen. Takšni trendi so se pojavljali tudi v preteklosti (World energy outlook 2008, 2008, str. 40). Pojasniti moramo, da so bile te napovedi narejene pred velikim padcem cen nafte na svetovnih trgih, zaradi finančne in gospodarske krize, vendar pa bo kljub temu ostaja trend naraščanja cen energentov.

Tabela 6: Cena soda nafte od marca 1997 do marca 2007

Leto	Cena soda nafte (\$)
1997	18,64
1998	10,56
1999	11,17
2000	26,97
2001	24,65
2002	21,92
2003	31,33
2004	31,26
2005	47,23
2006	57,75
2007	64,20
2008*	137,18

*Podatki za leto 2008 so od 4. julija

Vir: Energy Information Administration, Weekly OPEC Countries Spot Price FOB Weighted by Estimated Export Volume (Dollars per Barrel)

V letu 2008 je cena nafte drastično narasla in nato drastično padla, zato bomo vzeli obdobje od leta 1997 do 2007, ko je cena nafte narasla iz 18,64 \$ na sod na 64,20 \$. S pomočjo preprostega izračuna ugotovimo, da se je nafta v tem obdobju dražila po okoli 11 % na leto. Ob upoštevanju omenjene dražitve energentov smo dobili dobo vračanja 9,31 let. Ukrepi, ki se povrnejo v manj kot 10-ih letih, so ekonomsko sprejemljivi.

3.2.3 Posledice obnove stanovanjskega fonda zgrajenega pred letom 1990

Investicije v obnovo stanovanjskega sklada bodo imele družbeno-ekonomske posledice, ki lahko vplivajo na celotno gospodarstvo. Najprej je potrebno pojasniti, da smo v analizi upoštevali, da vse investicije izvedemo naenkrat, kar je dokaj nerealna predpostavka, vendar je bila potrebna, da smo lahko prikazali dobo vračanja celotnih investicij. Bolj realno bi bilo predvidevati, da se vse investicije izvedejo v dobi 10-ih let, kar bi pomenilo, da se za obnovo nameni 788,27 mio € na leto. Ob predpostavki, da polovica investicije odpade na stroške dela lahko prav hitro izračunamo, da se za te namene porabi 394,13 mio € na leto. Na podlagi podatkov SURS-a je bila povprečna plača za dela, ki so upoštevana v analizi, okoli 1000,00 € bruto na mesec. Na letni ravni to skupaj s prispevki za pokojninsko in zdravstveno zavarovanje znaša okoli 14.000 €. Tako bi z vlaganjem v obnovo stanovanjskega fonda zagotovili zaposlitev več kot 25.000 gradbenim delavcem za obdobje 10-ih let. Pozitivne učinke bi čutili tudi lastniki in najemniki stanovanj, saj se jim bi stroški za ogrevanje znižali za približno 65 %, kar bi dolgoročno povečalo njihov realni dohodek. S tem bi se povečala kupna moč prebivalstva, kar bi spodbudilo potrošnjo in posledično tudi proizvodnjo. Vendar ne smemo pozabiti, da bodo morali lastnik stavb v obnovo vložiti svoja sredstva ali pa si bodo morali sposoditi denar pri banki. Na tej točki mora vstopiti država, ki bo morala s pomočjo finančnih spodbud motivirati lastnike, da se odločijo za takšne investicije. V *Nacionalnem akcijskem načrtu za energijsko učinkovitost* je napisano, da bo država v naslednjih 9-ih letih zagotovila približno 200 mio € za investicije v obnovo stavbnega sklada, vendar pa je to le kaplja v morje, če upoštevamo kakšne investicije so potrebne. Država ima pri tem tudi svoj interes, saj se z izboljšanjem energetske učinkovitosti stavb zmanjša poraba energije, in s tem tudi odvisnost od uvoza energentov.

4 Energetsko varčne stavbe

V drugi polovici diplomskega dela se bomo posvetili konceptu energetsko varčne gradnje. Trend trajnostnega razvoja in odgovornega obnašanja do okolje je že nekaj časa prisoten tudi pri načrtovanju in gradnji stanovanjskih in poslovnih stavb. Ljudje se vedno bolj zavedajo odgovornosti, ki jo imajo do narave. Zavedajo se, da je potrebno tak aspekt razmišljanja prenesti v vse sfere življenja, tudi v način bivanja, zato lahko trdimo, da se bo povpraševanje po energetsko varčnih stavbah v prihodnosti povečevalo. Ko govorimo o energetsko varčnih stavbah moramo najprej razlikovati med različnimi pojmi kot so nizkoenergijske hiše, trilitrske hiše, pasivne hiše, ničenergijske hiše, samozadostne hiše in plusenergijske hiše. Vse te pojme bomo bolj podrobno spoznali v naslednjih točkah.

4.1 Nizkoenergijske hiše

Nizkoenergijska hiša je zgradba, ki ima letno potrebo toplote za ogrevanje med 40-60 kWh/m²a (Zbašnik, 2007, str. 22). Nekateri avtorji navajajo, da nizkoenergijska hiša za ogrevanje prostorov porabi največ 55 kWh/m²a, za pripravo tople vode pa največ 25 kWh/m²a. Pri nizkoenergijskih hišah je pomembna dobra toplotna izoliranost ovoja stavbe, kar pomeni, da uporabimo od 10 do 20 cm toplotne izolacije, kvalitetno zasteklitev s toplotno izolacijskimi okni te zrakotesnost ovoja. Zrakotesnost¹⁶ nizkoenergijske hiše je $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$, kar pomeni, da se zrak v prostoru zamenja trikrat v dveh urah pri tlaku 50 Pa. Zaradi zrakotesnosti je potrebno zagotoviti dovod svežega zraka, kar dosežemo s prisilnim prezračevanje. Iz tega razloga imajo ponavadi takšne zgradbe vgrajen prezračevalni sistem, saj bi z prekomernim odpiranjem oken prihajalo do znatnih toplotnih izgub (Grobovšek, 2002). V nizkoenergijski zgradbi so ponavadi vgrajeni konvencionalni ogrevalni sistem in grelna telesa za nadomestitev izgubljene toplote.

4.2 Trilitrska hiša

Pri nizkoenergijskih hišah moramo še posebej predstaviti trilitrsko nizkoenergijsko hišo, ki je energetsko bolj učinkovita nizkoenergijska hiša. Trilitrska nizkoenergijska hiša je zgradba, ki porabi za ogrevanje 3 l ekstra lahkega kurilnega olja ali ekvivalent tega na m² na leto, kar preračunano na kWh pomeni okoli 30 kWh/m²a. Pri takšni zgradbi se toplotna izolacija nekoliko poveča, in sicer na 20 do 30 cm. Konstrukcija mora biti grajena brez toplotnih mostov¹⁷, tako da toplotna prehodnost $U_{\max}$ ne presega približno 0,2 W/m²K za zunanji ovoj in 1,4 W/m²K za zastekljene površine (Grobovšek, 2002). Potreben je konvencionalni ogrevalni sistem. Pri takšnih zgradbah so zaradi sončnih dobitkov toplote na južnem delu stavbe potrebne velike zastekljeni površine, na severni strani pa so ponavadi manjša okna. V trilitrsko hišo je vgrajena vsaj eno od naslednjih komponent: sončna naprava za ogrevanje sanitarne vode in/ali prezračevalna naprava z vračanjem toplote izrabljenega zraka (Zbašnik, 2007, str. 22).

4.3 Pasivna hiša

Pasivna hiša je energijsko varčna zgradba, pri kateri je potrebno bivalno udobje zagotovljeno brez običajnih ogrevalnih sistemov in klimatskih naprav. Letna potreba toplote za ogrevanje zgradbe je lahko največ 15 kWh/m²a. Potrebna toplota za ogrevanje se dovaja v prostor preko prezračevalne naprave (toplozračno ogrevanje), ki sočasno zagotavlja tudi vračanje toplote izrabljenega zraka. Takšno zgradbo je potrebno izolirati s

¹⁶ Zrakotesnost n_{50} označuje delež celotne prostornine zraka, ki preide skozi ovoj zgradbe v eni uri v tlačni razliki 50 Pa glede na okolico; enota h⁻¹

¹⁷ Most v ovoj zgradbe, kjer je prehod toplote povečan, zaradi spremembe gradiva, debeline ali geometrijske konstrukcije

25 do 40 cm toplotne izolacije, da zadostimo zahtevi o toplotni prehodnosti U vseh gradbenih elementov $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za zagotovitev dobre toplotne izoliranosti celotnega ovoja stavbe je potrebna vgradnja trislojnih toplotno izoliranih oken in toplotno izoliranih vhodnih vrat. Pasivna hiša mora imeti na južni strani velike steklene površine, zaradi toplotnih dobitkov sončnega obsevanja. Zrakotesnost mora biti $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$, kar je še strožje kot pri trilitrski hiši. Omejitev pa je tudi pri skupni porabi energije, ki ne sme presegati $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Zbašnik, 2007, str. 22). Bolj podrobno smo standard pasivne gradnje in značilnosti pasivnih hiš opisali v *Prilogi 1*.

4.4 Ničenergijska hiša

Ničenergijska hiša je zgradba zgrajena na pasiven način, vendar pa so pri njeni gradnji upoštevani še strožji standardi, kot pri pasivni hiši. Hiša nima konvencionalnega ogrevalnega sistema in ne uporablja grelnih teles. V ničenergijski hiši mora biti ovoj stavbe še dodatno toplotno izoliran, tako da debelina toplotne izolacije znaša med 40 in 60 cm. Toplotno in električno energijo pridobiva s pomočjo fotovoltaičnih in solarnih sistemov. Za ogrevanje lahko uporablja tudi druge obnovljive vire, kot je biomasa in toplotne črpalke. Zgradba je priklopljena na javno električno omrežje, kamor oddaja pridobljeno električno energijo in jo nato iz tega sistema tudi črpa. Priključitev na javno omrežje je pomembna zaradi nihanja v proizvodnji električne energije, pri čemer poleti prihaja do presežkom pozimi pa do primanjkljaja. Na ta način je letna energetska bilanca izravnana (Zbašnik, 2007, str. 22).

4.5 Energijsko samozadostna hiša

Energijsko samozadostna hiša je zgradba, ki vso potrebno energijo (ogrevanje, sanitarna voda, elektrika za gospodinjstvo in razsvetljavo) pridobi iz sončne energije. V primerjavi z nič energijsko hišo mora imeti samozadostna hiša večjo površino sončnih celic in akumulatorjev za shranjevanje elektrike. Zaradi dejstva, da zgradba ni priključena na javno električno omrežje mora izravnati energetska bilanco sama. Presežek električne energije, ki se ustvari poleti mora biti shranjen za zimsko obdobje. Z elektrolizo vode se pridobi vodik in kisik, ki se ločeno uskladiščita. Pozimi se porabita kot gorivo v gorivnih celicah (Zbašnik, 2007, str. 22-23).

4.6 Plusenergijske hiše

Plusenergijska hiša je zgradba, ki ustreza energijsko samozadostni hiši. Energijo za ogrevanje in električno energijo pridobiva s pomočjo sončnih celic, katerih obseg je še večji kot pri samozadostni hiši, s čimer se doseže presežek. Hiša mora biti prav tako grajena po zelo strogih standardih, ki so bolj zahtevni od pasivne gradnje. Potrebna energija za ogrevanje takšne zgradbe znaša okoli $12 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar se nadomesti s pomočjo

sončnih celic in toplotne črpalke. Višek pridobljene električne energije se odda v javno električno omrežje (Zbašnik, 2007, str. 23).

Sedaj ko smo spoznali vse koncepte energetske varčnih stavb, jih moramo še kritično oceniti. Nizkoenergijske hiše bodo v naslednjih nekaj letih postale standard pri novogradnjah z uvedbo novega *Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah*. Pasivna hiše je še korak naprej od nizkoenergijske hiše in naj bi predstavljala najbolj ekonomsko rentabilen koncept energetske varčne gradnje, saj je razlika med stroški za pasivno in nizkoenergijsko hišo relativno majhna. To bomo v nadaljevanju tudi preverjali. Problem pri pasivnih hišah se pojavi pri gradnji, saj morajo biti gradbeni delavci posebej usposobljeni za gradnjo takšnih zgradb. V Sloveniji je podjetij, ki bi se ukvarjala s takšno gradnjo relativno malo, vendar je potrebno poudariti, da se stanje na tem področju iz leta v leto izboljšuje, saj se število energetske varčnih objektov povečuje. Koncept pasivne hiše si bomo v nadaljevanju, zaradi ekonomske zanimivosti, bolj podrobno ogledali in ga stroškovno analizirali. Ničenergijske, samozadostne in plusenergijske so koncepti, ki se bodo uporabljali v prihodnosti. Razlog leži v tem, da se z dodatnimi ukrepi za izboljšanje energijske učinkovitosti stavb, stroški investicij povečujejo nesorazmerno s povečanjem prihrankov energije in zato so takšni objekti nerentabilni. Z razvojem tehnologije sončnih celic in gradbenih materialov ter tehnik, bo gradnja takšnih zgradb postala ekonomsko upravičena. Potrebno je izpostaviti, da so v angleškem Beddingtonu postavili naselje, ki s pomočjo zmanjšane porabe energije in obnovljivih virov energije izpolnjuje zahteve ničenergijskega naselja.

5 Projekt CEPHEUS

V projektu CEPHEUS (Cost efficient Passive houses as European standards), ki so ga v *Passivhaus Institut* s pomočjo EU izvajali med leti 1998 in 2001, so poskušali dokazati izvedljivost in stroškovno učinkovitost koncepta pasivnih hiš. V raziskavi, ki so jo izvajali v petih evropskih državah, Nemčiji, Avstriji, Švedski, Švici in Franciji, je bilo izvedenih 14 gradbenih projektov s 221 stanovanjskimi enotami. Na modelnih projektih so poskušali v največji meri izpolniti zahteve standarda pasivnih hiš in preveriti kvaliteto in učinkovitost izvedbe.

5.1 Cilji

Z izgradnjo in ocenitvijo obratovanja 221 stanovanjskih enot zgrajenih po standardu pasivne hiše v petih evropskih državah so poskušali doseči naslednje cilje (CEPHEUS – projectinformation No. 36, Final technical report July 2001, 2001, str. 8):

- a) Dokazati tehnično izvedljivost (izpolnjevanje zastavljenega energetskega števila 15 kWh/m²a) po nizkih dodatnih stroških (dodatna investicija se povrne s prihranki

obratovalnih stroškov) za sklop različnih zgradb, konstrukcij in zasnov izvedenih s strani arhitektov in izvajalcev iz različnih evropskih držav;

- b) Preizkusiti izvedljivost standarda pasivne hiše v več evropskih državah v zvezi s stroškovno učinkovitim načrtovanjem in izvedbo;
- c) Spodbujanje in promocija energetske učinkovite gradnje in razvoj tehnologije uporabljene pri pasivni gradnji
- d) Predstavitev standarda pasivne gradnje stroki in javnosti za nadaljnjo komercializacijo.

5.2 Povzetek raziskave CEPHEUS

Pri našem povzetku študije CEPHEUS bomo upoštevali samo podprojekte za katere so bile izvedene tudi meritve učinkovitosti in tiste, ki so pri izvedbi najbolj dosledno upoštevali standard pasivne hiše, zato smo nekaj podprojektov izvzeli. V povzetku študije bomo tako obravnavali 7 podprojektov iz štirih evropskih držav, in sicer 139 stanovanjskih enot, pri čemer so nekateri objekti grajeni kot enostanovanjske hiše drugi kot večstanovanjske.

Tabela 7: Prikaz podrobnosti posameznih podprojektov raziskave CEPHEUS

Št.	01	02	03	04	05	06	07	
Projekt	Nemčija, Hannover	Nemčija, Kassel	Avstrija, Wolffurt	Avstrija, Hallein	Avstrija, Horn	Švedska, Gothenburg	Švica, Lucerne	Vsi projekti
Tip konstrukcije	mešana	betonska	mešana	mešana	mešana	lesena	lesena	
Število stanovanjskih enot	32	40	10	31	1	20	5	139
Bivalna površina (m ²)	3.576	3.055	1.296	2.318	173	2.635	613	13.666
Toplotna prehodnost zunanjega ovoja U (W/m ² K)	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10
Toplotna prehodnost zasteklitve U (W/m ² K)	0,80	0,60	0,70	0,70	0,80	0,70	0,60	0,70
Zrakotesnost n ₅₀ /h ⁻¹	0,30	0,35	0,33	0,58	0,61	0,31	0,57	0,38
Prenosnik toplote ¹⁸ (rekuperator)	da	da	da	ne	da	da	da	
Dodatno ogrevanje zraka	da	da	da	ne	da	da	da	
Tip ogrevanja	daljinsko ogrevanje	daljinsko ogrevanje	lesne pelete	lesne pelete	lesne pelete	toplotna črpalka	toplotna črpalka	
Maks. potreba po toploti za ogrevanje prostorov (W/m ²)	7,1	7,5	10,9	9,0	12,3	5,3	10,0	7,72
Poraba toplote za ogrevanje po projektu (kWh/m ² a)	11,8	13,4	13,5	13,9	16,2	12,4	15	12,99
Poraba toplote za ogrevanje po meritvah (kWh/m ² a)	15,3	15,1	15,7	n.p.	29,0	n.p.	21,0	14,93

Vir: povzeto po različnih tabelah iz CEPHEUS – project information No. 36, Final technical report July 2001.

Predstavljene podprojekte smo, zaradi doslednega upoštevanja standardov gradnje pasivne hiše, izpostavili iz celotne raziskave. Drugi kriteriji, ki smo ga presojali je bila stroškovna učinkovitost izvedbe objektov, ki je za naše obravnavanje te tematike temeljnega pomena. Meritve energetske varčnosti objektov so se začele izvajati po končani gradnji objektov, vendar je zaradi zamud, ki se v gradbeništvu pogosto pojavljajo, prišlo do skrajšanja

¹⁸ Prenosnik toplote, izrabljenemu izstopajočemu zraku odvzame toploto in z njo ogreje hladi vstopajoči zrak

obdobjih meritev. Zaradi tega so pri nekaterih podprojekti upoštevani izračuni porabe toplote za ogrevanje.

Iz *Tabele 7* je razvidno, da vsi objekti izpolnjujejo zahteve o toplotni prehodnosti zunanega ovoja. Toplotna izolacija zunanjih sten, tal in strehe, znaša med 30 in 42,5 cm. Konstrukcije objektov so brez toplotnih mostov, kar dokazujejo izračuni na številnih objektih. Vsa okna imajo trislojno izolacijsko zasteklitev, ki izpolnjujejo standard pasivne hiše. Zrakotesnost objektov je v večini objektov višja od predpisanih zahtev za pasivno gradnjo. V vseh podprojekti razen v enem se uporablja prezračevalni sistem s prenosnikom toplote, za dodatno ogrevanje pa se uporabljajo toplotne črpalke, daljinsko ogrevanje in lesne pelete. Samo v enem podprojektu se za ogrevanje prostorov uporabljajo radiatorji. Izračunana poraba toplote potrebne za ogrevanje je nekoliko nižja od dejansko zmerjene. Do tega pojava je prišlo, ker je bila za večino podprojektov izmerjena energetska učinkovitost ogrevalnih sistemov samo za eno leto ali manj, kar je tudi eden od razlogov za odstopanja. V prvem letu obratovanja zgradbe se vlaga iz gradbenega materiala izsuši, kar poveča potrebo po toploti za ogrevanje za 3 do 8 kWh/m²a. Potrebno je izpostaviti, da ne glede na zgornje ugotovitve, objekti v povprečju še vedno izpolnjujejo kriterij 15 kWh/m²a, v naslednjih letih pa se bodo vrednosti porabljene toplote za ogrevanje ustalile okoli izračunanih vrednosti (CEPHEUS– projectinformation No. 36, Final technical report July 2001, 2001, str. 14-16).

5.3 Ekonomska upravičenost

Izboljšave narejene na ovoju zgradbe in vgradnja učinkovitega prezračevalnega sistema v pasivnih hišah povzročajo dodatne stroške. Ob dosledni izvedbi vseh ukrepov za izboljšanje toplotnih karakteristik zunanega ovoja in zrakotesnosti konvencionalni ogrevalni sistem in grelna telesa postanejo nepotrebni, kar zniža stroške celotne investicije. V izbranih podprojekti so dodatni stroški znašali od 1,67 % do 12,41 % celotne investicije. V Švedskem Gothenburgu so dodatne investicije, zaradi že tako strogih gradbenih predpisov za nove zgradbe, ki predpisujejo trislojna izolacijska okna, obvezne prezračevalne sisteme in dovolj debelo plast toplotne izolacije, minimalne. V raziskavi so napovedali znižanje dodatnih stroškov za pasivne hiše v naslednjih nekaj letih predvsem zaradi povečevanja proizvodnje posameznih komponent ter posledično znižanje cen le teh (CEPHEUS– projectinformation No. 36, Final technical report July 2001, 2001, str. 85). Ob zaostitvi standardov gradnje bodo pasivne hiše postale veliko bolj ekonomsko sprejemljive, kar se bo v letu 2009 zgodilo tudi v Sloveniji.

Dodatni stroški investicije se pojavljajo zaradi debelejšje plasti izolacije, odpravljanja toplotnih mostov, ukrepov in meritev zrakotesnosti, vgradnjo trislojnih izolacijskih oken ter vgradnjo učinkovitega prezračevalnega sistema s prenosnikom toplote. Pri konvencionalni gradnji po standardih, ki so veljali v preučevanih državah se ti stroški nebi pojavljali, zato jih označimo kot dodatne investicijske stroške. V predstavljenih

podprojekti so povprečni dodatni stroški znašali 85,83 €/m², bivalne površine, kar je 7,80 % več kot pri konvencionalni zgradbi. Zaradi vseh ukrepov energetske učinkovitosti so se obratovalni stroški objektov občutno znižali. Povprečni stroški obratovanja so se iz 682,67 € znižali na 191,78 € na stanovanjsko enoto na leto, kar je za 71,91 % manj. Pri obratovalnih stroških upoštevamo ogrevanje prostorov in sanitarne vode, če pa bi upoštevali samo ogrevanje bi se stroški znižali za okoli 90 %. Dodatni investicijski stroški se bodo povrnili s prihranki ustvarjenimi pri obratovanju. Statična doba vračanja znaša povprečno 19,09 let. Pri dobi vračanja ni upoštevana dražitev energentov, zaradi česar lahko predvidevamo, da je doba vračanja realno nižja (CEPHEUS– projectinformation No. 36, Final technical report July 2001, 2001, str. 87-93).

Tabela 8: Ekonomska analiza podprojektov raziskave CEPHEUS

Št.	01	02	03	04	05	06	07	
Projekt	Nemčija, Hannover	Nemčija, Kassel	Avstrija, Wolffurt	Avstrija, Hallein	Avstrija, Horn	Švedska, Gothenburg	Švica, Lucerne	Vsi projekti
Tip zgradbe (-stanovanjske)	vrstne	več	več	več	hiša	vrstne	več	
Število stanovanjskih enot (SE)	32	40	10	31	1	20	5	139
Bivalna površina (m ²)	3.576	3.055	1.296	2.318	173	2.635	613	13.666
Skupni investicijski stroški (v 1000 €)	3.333	3.041	1.296	3.067	225	2.635	1.277	14874,00
Stroški na kvadratni meter (€/m ²)	932	996	1.310	1.323	1.304	911	2.084	1100,81
Dodatni investicijski stroški za energijsko učinkovite komponente (v 1000 €)	397	255	102	229	28	40	122	1173,00
Dodatni investicijski stroški za energijsko učinkovite komponente (€/m ²)	111,02	83,47	78,70	98,79	161,85	15,18	199,02	85,83
Dodatne investicije v %	11,91%	8,38%	6,01%	7,47%	12,41%	1,67%	9,55%	7,80%
Statična doba vračanja (v letih)	16	26	23	19	27	12	23	19,09
Stroški porabe končne energije za ogrevanje prostorov in sanitarne vode (v €/SE/a)	217	162	111	77	163	286	401	191,78
Stroški porabe končne energije za ogrevanje prostorov in sanitarne vode v standardnem objektu (v €/SE/a)	953	485	622	498	1281	506	1508	682,67
Zmanjšanje obratovalnih stroškov	77%	67%	82%	85%	87%	43%	73%	71,91%

Vir: CEPHEUS – projectinformation No. 36, Final technical report July 2001, Table 17,19,20, str. 87-93.

5.4 Analiza dodatnih investicijskih stroškov podprojekta Hannover

V podprojekt Hannover je vključenih 32 vrstnih hiš, ki so bile zgrajene med letom 1998 in 1999. Na podlagi tega primera bomo poskušali oceniti dodatne investicijske stroške posameznih komponent in ukrepov za zagotovitev pasivnega standarda ter ekonomsko upravičenost teh ukrepov. Za analizo smo vzeli referenčno hišo, ki ima 111,7 m² bivalne površine. Ključnega pomena so naslednje gradbene komponente (PEP Project Information No. 1, 2005, str. 39-42):

a) Izboljšave toplotne izolacije na zunanjih stenah

Glede na nemških predpise iz leta 1995, mora biti toplotna prehodnost 0,5 W/m²K, kar bi pomenilo 80 mm debelo plast toplotne izolacije. Za izpolnjevanje pasivnega standarda je bilo potrebno plast izolacije na zunanjih stenah povečati na 300 mm.

- celotni stroški toplotne izolacije zunanjih sten: 240,31 €/m²
- dodatni stroški toplotne izolacije zunanjih sten: 17,90 €/m²

b) Izboljšanje toplotne izolacije na hišnem čelu zunanje stene

Plast izolacije je bila iz 70 mm debeline povečana na 400 mm zaradi izboljšanja toplotne prehodnosti

- celotni stroški toplotne izolacije hišnega čela zunanje stene: 145,72 €/m²
- dodatni stroški toplotne izolacije hišnega čela zunanje stene: 25,56 €/m²

c) Izboljšanje toplotne izolacije na strehi

Toplotna prehodnost za streho po nemških predpisih iz leta 1998 znaša 0,29 W/m²K, kar je približno 150 mm toplotne izolacije. Takšna toplotna zaščita za pasivne hiše ne zadostuje zato je bilo potrebno plast toplotne izolacije povečati na 400 mm. Toplotna prehodnost se znižala na 0,097 W/m²K.

- celotni stroški toplotne izolacije strehe: 102,26 €/m²
- dodatni stroški toplotne izolacije strehe: 10,23 €/m²

d) Izboljšanje toplotne izolacije tal

Debelina toplotne izolacije 50 mm na tleh bi zadostila zahtevi nemških predpisov iz leta 1995. Za gradnjo pasivnih hiš je potrebno plast izolacije povečati na 326 mm s toplotno prehodnostjo 0,117 W/m²K.

- celotni stroški toplotne izolacije tal: 102,26 €/m²
- dodatni stroški toplotne izolacije tal: 15,34 €/m²

e) Okna s trislojno toplotno izolacijsko zasteklitvijo

Po predpisih iz leta 1995 so se v nove zgradbe vgrajevala okna z dvoslojno zasteklitvijo s toplotno prehodnostjo 1,9 W/m²K. Pasivni standard zahteva trislojno toplotno izolacijsko zasteklitev. Toplotna prehodnost vgrajenih oken znaša 0,83 W/m²K, kar je še sprejemljivo za pasivne hiše.

- celotni stroški trislojnih toplotno izoliranih oken: 341,54 €/m²
- dodatni stroški trislojnih toplotno izoliranih oken: 111,46 €/m²

f) Prezračevalni sistem

V pasivnih hišah je potrebna vgraditev prezračevalnega sistema, saj so takšne hiše zrakotesne in ne zagotavljajo zadostno količino svežega zraka. Investicijski stroški se zaradi vgradnje prezračevalnega sistema povečajo za 4.601,63 €.

g) Ogrevanje

Vrstne hiše v Hannovru zagotavljajo dodatne toplotne potrebe za ogrevanje preko daljinskega ogrevanja. Pri tem je potrebno upoštevati dodatne stroške zaradi dovodnih cevi, priključnina na omrežje, radiatorja v kopalnici in drugih stroškov, ki skupaj znašajo 903,58 €. Ne smemo pa pozabiti, da zaradi ogrevanja preko prezračevalnega sistema ni več potrebe po konvencionalnem ogrevalnem sistemu in grelnih teles, kar zmanjša celotne stroške za 2.828,27 €. Dodatni investicijski stroški se zmanjšajo za 1.924,69 €.

h) Test zrakotesnosti

Za izpolnjevanje standarda pasivne gradnje mora biti zgradba zrakotesna, zato je potrebno izvesti preizkus zrakotesnosti, kar predstavlja dodatni strošek. Dodatni investicijski stroški se zaradi tega povečajo za 153,39 €.

Tabela 9: Prikaz dodatnih stroškov v referenčni hiši v Hannovru

Komponente	Količina	Enota	Dodatni stroški na enoto	Dodatni stroški (v €)
Izolacija zunanjega ovoja	64,77 m ²	€/m ²	17,90	1.159,38
Izolacija hišnega čela zunanje stene	20,00 m ²	€/m ²	25,56	511,20
Izolacija strehe	73,54 m ²	€/m ²	10,23	752,31
Izolacija tal	67,45 m ²	€/m ²	15,34	1.034,68
Okna	19,56 m ²	€/m ²	111,46	2.180,16
Prezračevalni sistem	1	€	4.601,63	4.601,63
Ogrevanje	1	€	-1.924,69	-1.924,69
Test zrakotesnosti	1	€	153,39	153,39
Skupni dodatni stroški				8.468,07

Vir: PEP Project Information No. 1, 2005, str. 45, Table 6.

Gradnja referenčne hiše po pasivnem standardu je za 8.467,41 € dražja od zgradbe, ki je zgrajena po nemškem pravilniku iz leta 1995. Skupni gradbeni stroški referenčne hiše s 111,7 m² bivalne površine zgrajene v Hannovru znašajo 101.127,86 €. Dodatni investicijski stroški za pasivni standard znašajo 8,37 % celotnih investicijskih stroškov gradnje. Povečana plast izolacije na zunanjem ovoju zgradbe omogoča prihranke toplote za ogrevanje do 20 %. Dodatna izolacija strehe in tal zniža porabo energije še za nadaljnjih 30 %. Vgradnja oken s trislojno toplotno izolacijsko zasteklitvijo še dodatno izboljša energetske učinkovitost zgradbe in zmanjša končno porabo energije za 15 %. Prezračevalni sistem s prenosnikom toplote, ki ga v pasivno hišo vgradimo namesto konvencionalnega ogrevalnega sistema nam prinese prihranke toplote za ogrevanje za 22 %. Obratovalni stroški za ogrevanje bivalnih prostorov so se znižali iz 12.600 kWh na leto za 87 % na okoli 1600 kWh na leto. Ob upoštevanju, da referenčna hiša uporablja daljinsko ogrevanje za nadomestitev toplotnih izgub lahko s upoštevanjem cene tega energenta, ki je v Nemčiji v letu 2001 znašala 0,0605 €/kWh, izračunamo privarčevani letni znesek. Zaradi zmanjšanja potreb po toploti za ogrevanje za 87 % se proporcionalno znižajo tudi stroški za ogrevanje, ki so za 663,20 € nižji na letni ravni. Statična doba vračanja za dodatne

investicije tako znaša 12,76 let, pri tem smo zanemarili povišanje cen energentov in predvidevali, da si za dodatne investicije ni potrebno izposojati sredstev (PEP Project Information No. 1, 2005, str. 49-51).

5.5 Končne ugotovitve projekta CEPHEUS

Projekt CEPHEUS je bil izveden na 14-ih lokacijah v 5-ih evropskih državah. Dokazano je bilo, da se lahko standard pasivne zgradbe doseže na različnih konstrukcijah in z uporabo različnih materialov. V večini stanovanjskih enot so že v prvem letu dosegli zahtevano porabo energije za ogrevanje 15 kWh/m²a. V primerjavi z veljavnimi predpisi gradnje je bil dosežen standard pasivnih zgradb s povprečno manj kot 10 % dodatnih stroškov. V prihodnosti se pričakuje, da se bodo dodatni stroški za pasivne zgradbe zniževali in bo takšen način gradnje postal bolj ekonomičen. Po podatkih, ki so jih dobili od stanovalcev teh objektov je ugodje bivanja tako pozimi kot tudi poleti na zelo visoki ravni. CEPHEUS je spodbudil gradnjo pasivnih objektov v vseh državah, ki so prisostvovala pri tem projektu (CEPHEUS – projectinformation No. 36, Final technical report July 2001, 2001, str. 82-83).

6 Subvencije za energetska varčno gradnjo

Subvencije so državna sredstva, ki jih država nameni za spodbujanje ali podporo določenega vedenja ali aktivnosti. Subvencije se ponavadi podeljujejo preko javnih skladov ali zavodov, katere financira država. Oblika subvencij je lahko različna, bodisi kot nepovratna sredstva, kreditiranje po subvencionirani obrestni meri, ki je nižja od tržne obrestne mere ali kot oprostitev plačila določenih dajatev državi. Podrobneje si bomo ogledali subvencije, ki so namenjene spodbujanju okoljskih naložb v zgradbah. Najprej se bomo posvetili subvencijam, ki jih podeljujejo v izbranih evropskih državah. Izbrali bomo dve državi, kjer je koncept pasivnih hiš v praksi najbolj razširjen, in sicer v Nemčiji in Avstriji. Nato bomo spoznali kako je s podeljevanjem subvencij v Sloveniji. Sledila bo krajša primerjava med subvencijami v omenjenih evropskih državah in v Sloveniji, kar nam bo pripomoglo pri ocenjevanju učinkovitosti subvencioniranja pri nas.

6.1 Subvencioniranje v evropskih državah

S *Kjotskim protokolom* si je vsaka država podpisnica zastavila svoj cilj za znižanje izpustov TGP¹⁹. Vsaka država na svoj način spodbuja zniževanje TGP, rabo obnovljivih virov energije in energijsko učinkovitost. Pozornost bomo namenili spodbudam, ki so namenjene zmanjševanju porabe energije in posledično zmanjšanje izpustov TGP v

¹⁹ TGP je kratica za toplogredne pline

zgradbah. V vsaki državi izvajajo različne ukrepe za spodbujanje gradnje energetske učinkovitih zgradb in energetske obnovo starega stavbnega fonda.

6.1.1 Nemčija

Nemška država na področju energetske učinkovite gradnje in sanacije zgradb ponuja več programov finančne podpore. Največjo vlogo pri podeljevanju ugodnih posojil igra bančna ustanova *Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)*, ki jo financira država. KfW je začela leta 2007 podeljevati tudi nepovratna finančna sredstva za energetske varčne gradnje in sanacijo starih zgradb. Posojila so namenjena za naložbe v povečanje energetske učinkovitosti starih zgradb in gradnjo pasivnih ter nizkoenergijskih stavb. Pri pasivnih in nizkoenergijskih hišah je možno dobiti posojilo do 50.000 € po obrestni meri, ki je nižja od tržne. Obrestna mera se je med letom 1996 in 2004 gibala med 2,02 in 4,96 %, kar je za približno dve odstotni točki pod tržno obrestno mero. Med letom 2001 in 2005 so preko KfW podelili za 5 mrd € posojil, kar znaša 1,00 mrd € posojil na leto. Nepovratna finančna sredstva za obnovo starih zgradb in gradnjo novih energetske učinkovitih zgradb, katerih energijska učinkovitost presega veljavne standarde gradnje za 30 %, znašajo do 17,5 % upravičenih investicijskih stroškov, vendar ne več kot 8.750 €. Preko Zveznega urada za gospodarstvo in nadzor izvoza je možno pridobiti subvencije v višini 160 €/m² za vgradnjo solarnega kolektorskega sistema. Nemčija pa spodbuja tudi predelavo električne energije s pomočjo sončnih sprejemnikov energije za katero izplačujejo subvencionirano ceno 0,57 €/kWh (Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na območju Alp, 200, str. 66-67).

6.1.2 Avstrija

V Avstriji država ne podeljuje podpore za energetske varčne projekte, vendar to nalogo izpolnjujejo zvezne oblasti. Podrobneje si bomo ogledali zvezno deželo Vorarlberg, kjer so subvencije za energetske varčne gradnje največje. Za podeljevanje subvencij je v tej zvezni deželi zadolžen Energieinstitut Vorarlberg, ki preko razpisov za gradnjo novih in obnovo starih zgradb podeljujejo ugodna posojila in nepovratna sredstva (Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na območju Alp, 200, str. 71). Pri gradnji novih zgradb v nizkoenergijskem ali pasivnem standardu se lahko preko inštituta pridobi ugodna posojila v vrednosti od 550 do 1150 €/m² bivalne površine. Ob izpolnjevanju vseh zahtev se lahko pri gradnji enodružinske hiše s 150 m² v pasivnem standardu zagotovi do 172.500 € posojila z obrestno mero od 1,5 do 3,0 % odvisno od dobe vračanja. Poleg posojila pa je možno za naložbe v prezračevalni sistem s rekuperacijo toplote²⁰ pridobiti 4.000 € nepovratnih finančnih sredstev. Inštitut spodbuja tudi pridobivanje energije iz obnovljivih virov, saj podeljuje nepovratna sredstva za vgradnjo solarnih kolektorjev v višini

²⁰ Rekuperator toplote je enako kot prenosnik toplote

enkratnega zneska 1.100 € plus 75 €/m² površine kolektorjev, vendar ne več kot 1.900 € (Internetna stran Energieinstitut Vorarlberg).

6.2 Subvencije v Sloveniji

V Sloveniji za podeljevanje subvencij za okoljske naložbe za pravne osebe in občane skrbi *Eko sklad j.s. RS*, ki s financiranjem države posreduje kredite za okoljske naložbe v skladu z nacionalnim programom varstva okolja in z okoljsko politiko Evropske unije. Od leta 1996 *Eko sklad* objavlja razpise za kreditiranje okoljskih naložb občanov, skupaj je bilo do leta 2007 podeljenih že 11.141 kreditov. V letu 2008 je bil prvič razpisan javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb. V nadaljevanju bomo podrobneje pregledati oba načina spodbujanja okoljskih naložb.

6.2.1 Kreditiranje okoljskih naložb

Tako kot vsako leto od leta 1996 naprej je bil tudi v letu 2008 objavljen razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov. Višina razpisanih sredstev je po tem razpisu znašala 12 mio €. Letna fiksna nominalna obrestna mera je bila postavljena na 3,90 %. Doba odplačevanja posojila po ugodni obrestni meri pa je bila največ 10 let. Posojila za okoljske naložbe so bila omejena na 20.000 € za posamezno vlaganje le pri določenih primerih se je ta znesek lahko povečal na 40.000 €. Razpis je bil zaključen predčasno zaradi izčrpanja celotnih razpisanih sredstev. V nadaljevanju bomo izpostavili okoljske naložbe, ki so pomembne za diplomsko delo (Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov, 2008, str. 3-4).

Okoljske naložbe v tem razpisu so razporejene po različnih sklopih. Na kratko bomo predstavili vsak sklop, ki je zanimiv za našo razpravo. V sklopu A – vgradnja sodobnih naprav in sistemov za ogrevanje prostorov oziroma pripravo sanitarne tople vode, je ključnega pomena, kreditiranje naložb v kondenzacijske kotle in vgradnjo sistemov za prezračevanje in toplozračno ogrevanje z rekuperacijo toplote. Pri slednjem ukrepu se upošteva tudi vgradnja toplotne črpalke za dodatno dovajanje toplote v prezračevalni sistem. Za zgoraj omenjene ukrepe so lahko občani pridobili pravico do črpanja največ 20.000 € ugodnega kredita za dobo do 10 let (Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov, 2008, str. 1).

Sklop B zajema naložbe za spodbujanje rabe obnovljivih virov energije, kamor sodijo vgradnja solarnih sistemov za ogrevanje prostorov oziroma pripravo sanitarne tople vode, vgradnja toplotnih črpalk (voda-voda, zemlja-voda), vgradnja sistemov za ogrevanje na leseno biomaso in namestitve naprav za pridobivanje električne energije s pomočjo sonca, vode ali vetra z nazivno močjo do 50 kW. Za slednjo naložbo je po javnem razpisu mogoče

pridobiti posojilo v višini do 40.000 €, za ostale naložbe v tem sklopu pa do 20.000 € (Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov, 2008, str. 1).

V sklopu C so predstavljeni ukrepi za zmanjšanje toplotnih izgub pri obnovi obstoječih stanovanjskih stavbah. Pri tem sta pomembna ukrepa zamenjava stavbnega pohištva (oken in vrat) in izboljšanje toplotne izolacije na zunanjem ovoju. V objekte je potrebno vgraditi okna in vrata s toplotno prehodnostjo $U \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ za zasteklitev oziroma $U \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ za celotne elemente. Pri sanaciji zunanjega ovoja je potrebno zagotoviti debelino toplotne izolacije najmanj 10 cm za celotno fasado, 20 cm na strehi ali podstrešju in 5 cm v kleti. Ugodno posojilo za našete ukrepe je omejeno na 20.000 € (Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov, 2008, str. 2).

Sklop D – gradnja novih nizkoenergijskih stanovanjskih objektov je za diplomsko delo ključnega pomena. V razpisu so postavljene minimalne zahteve za pridobite ugodnega posojila za ta namen. V nove objekte je potrebno vgraditi okna in vrata s toplotno prehodnostjo $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ za zasteklitev in $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ za cele elemente. Izvedba toplotne izolacije zunanjega ovoja mora imeti toplotno prehodnost največ $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Priznani stroški obsegajo 30 % predračunske vrednosti objekta vendar največ 40.000 €. Od ostalih ukrepov lahko izpostavimo samo še sklop E – nakup energijsko učinkovitih naprav, ki so po porabi razvrščene v razred A ali višje (Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov, 2008, str. 2-3).

Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb podpira koncept pasivne hiše, saj se preko tega razpisa lahko zagotovi sredstva po ugodni obrestni meri za financiranje dodatnih naložb potrebnih za izpolnitev pasivnega standarda. Kot je razvidno iz razpisa lahko občani pridobijo ugodna posojila za naložbe kot so prezračevalni sistemi s rekuperacijo toplote, toplotne črpalke, kondenzacijski kotli, kotli na biomaso, katere se ponavadi, zaradi nizkih potreb po dodatnem ogrevanju najbolj obnesejo v pasivnih hišah.

6.2.2 Nepovratne finančne spodbude

V skladu z AN-URE so leta 2008 v *Eko skladu j.s.* prvič razpisali javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanov za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb. Država je s tem razpisom začela izpolnjevati cilje, ki so zapisani v AN-URE o povečanju porabe obnovljivih virov in zmanjšanjem porabe energije v stavbah. Razpis je začel veljati dne 19.5.2008 in bo potekal do porabe vseh razpisanih sredstev. V ta namen je na voljo 7,5 mio € nepovratnih finančnih spodbud. Sredstva iz javnega razpisa so namenjena za vgradnjo solarnih sistemov, celovito obnovo stanovanjskih stavb in gradnjo stanovanjskih stavb v nizkoenergijski in pasivni tehnologiji. Prejemniki ugodnih posojil ne morejo uveljavljati pravice do nepovratnih finančnih sredstev (Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, 2008, str. 1).

Višina spodbude za vgradnjo solarnega ogrevalnega sistema znaša 25 % priznanih stroškov naložbe, ki vključuje nabavo in vgradnjo sprejemnikov sončne energije, hranilnik toplote, ustrezne inštalacije, črpalke in krmilne elemente sistema, vendar ne več kot 150 €/m² pri sistemih s ploščatimi sprejemniki in ne več kot 200 €/m² pri sistemih s vakuumskimi sprejemniki. Za sisteme s ploščatimi sprejemniki sončne energije, izdelane v samogradnji, je spodbuda fiksna in znaša 75 €/m² vgrajenih sprejemnikov (Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, 2008, str. 5).

Pogoj za dodelitev pravice do spodbude za celovito obnovo stanovanjske stavbe je hkratna izvedba več ukrepov med katere sodijo toplotna zaščita zunanega ovoja stavbe, zamenjava zunanjega stavbnega pohištva in prenova ogrevalnega sistema. Toplotna izolacija zunanjega ovoja vključuje izvedbo toplotne izolacije fasade najmanj 12 cm, strehe ali podstrešja najmanj 25 cm in tal oz. kleti debeline najmanj 8 cm. Pri zamenjavi zunanjega pohištva stavbe je potrebno vgraditi okna z zasteklitvijo, ki ima toplotno prehodnost $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Prenova ogrevalnega sistema vključuje vgradnjo sodobnih naprav in sistemov za ogrevanje prostorov in pripravo sanitarne tople vode z visokim izkoristkom, pri katerih so vir toplote kondenzacijski kotli, višjih spodbud pa so deležni ogrevalni sistemi, ki izkoriščajo obnovljive vire, in sicer kotli na lesno biomaso ter toplotne črpalke. Višina spodbud znaša največ 25 % predračunskih vrednosti naložbe, ki vključujejo stroške nakupa, zamenjave in vgradnje opreme oz. material, vendar ne več kot 9000 € (Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, 2008, str. 2, 5).

Pravico do spodbude za gradnjo nizkoenergijskih (NEH) in pasivnih hiš (PH) lahko uveljavljajo vsi občani, katerih hiša bo izpolnjevala energijski kriterij, 35 kWh/m²a in manj za ogrevanje prostorov. Za visoko učinkovito NEH (pod 25 kWh/m²a za ogrevanje) je dovoljena le vgradnja stavbnega pohištva s trojnimi zasteklitvami in toplotno prehodnostjo $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Povprečna toplotna prehodnost ovoja stavbe mora biti manjša od 0,30 W/m²K. Obvezna je vgradnja centralnega prezračevalnega sistema z rekuperacijo toplote in visokim izkoristkom najmanj 80 %. Višina spodbude je odvisna od naslednjih ukrepov:

- a) nakup in vgradnja zunanjega stavbnega pohištva,
- b) izvedba toplotne izolacije zunanje lupine objekta,
- c) nakup in vgradnja centralnega sistema prezračevanja s rekuperacijo toplote,
- d) nakup in vgradnja ogrevalne naprave.

Višina spodbude je vezana na ogrevalno površino, ki je za enodružinske hiše omejena na 200 m² in odvisna od učinkovitost stavbe. Zgradba, ki izpolnjuje pasivni standard in ima porabo energije za ogrevanje pod 15 kWh/m²a dobi lahko največ 125 € na m² površine spodbude, vendar ne več kot 25.000 € (Javni razpis za nepovratne finančne spodbude

občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, 2008, str. 3, 6).

Tabela 10: Višina nepovratnih finančnih sredstev za NEH in PH

Razred učinkovitosti stavb Q_h (kWh/m ² a)	Najvišji znesek spodbude na enoto €/m ²		
	Materiali naravnega izvora	Materiali mineralnega izvora	Sintetični in ostali materiali
≤ 15	125	100	75
≤ 20	105	80	62
≤ 25	85	60	48
≤ 30	60	46	36
≤ 35	40	34	30

Vir: Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, 2008, str. 6.

6.3 Primerjava subvencioniranja med Slovenijo, Avstrijo in Nemčijo

Subvencije se glede na države razlikujejo po višini odobrenega zneska posojila po ugodni obrestni meri za obnovo starih in gradnjo novih zgradb v nizkoenergijski ali pasivni tehnologiji. Avstrija podeljuje najvišje zneske posojil, in sicer za gradnjo pasivnih stavb lahko občani zaprosijo za ugodno posojilo do 172.500 € s dobo vračanja do 30 let. Izpostaviti moramo, da se v Avstriji obrestne mere dvigajo glede na podaljševanje dobe vračanja ugodnih kreditov, tako za kredite do 10 let znaša obrestna mera 1,50 %, za kredite do 20 let pa 3,00 %. Ugodno posojilo za sanacijo in obnovo starih stavb je možno črpati v višini do 50.000 € in obrestno mero 5,00 %. V Nemčiji je pri gradnji novih nizkoenergijskih in pasivnih hiš ter obnovo starih zgradb možno potegovati za ugodno posojilo v višini do 50.000 €. Obrestna mera se je v preteklosti gibala od 2,00 do 5,00 %. V Sloveniji je možno za obnovo starih zgradb pridobiti nekoliko nižje posojilo od omenjenih državah, v znesku 20.000 € po obrestni meri 3,90 %. Za gradnjo nizkoenergijskih in pasivnih stavb znašajo posojilo do 40.000 €. Ob primerjavi ugodnih posojil za gradnjo energijsko varčnih zgradb so najboljši pogoji definitivno v Avstriji, vendar pa spodbude, ki smo jo deležni v Sloveniji ne zaostajajo za evropskimi. Ugodna posojila v Nemčiji pa so popolnoma skladna s slovenskimi. Potrebno je poudariti, da spodbude v Sloveniji in Nemčiji veljajo za celotno regijo, medtem ko so v Avstriji omejene na deželo Vorarlberg.

Nepovratna sredstva so v Sloveniji najbolj razširjena in se bodo v letu 2009 še zvišala, saj bodo razpisali dodatnih štiri mio € nepovratnih sredstev. Nemčija ima enako vrednost nepovratnih finančnih sredstev za obnovo starih zgradb in za gradnjo energijsko varčnih zgradb. V primerjavi s Slovenijo je za obnovo obstoječega stavbnega sklada v Nemčiji namenjena enaka spodbuda v višini okoli 9.000 €. V Avstriji je možno črpati nepovratna finančna sredstva samo za vgradnjo prezračevalnih sistemov s rekuperacijo toplote v višini 4.000 €, za gradnjo novih zgradb v pasivni tehnologiji pa se ne da pridobiti nepovratnih sredstev. V Sloveniji so občani, ki bodo gradili pasivne ali nizkoenergijske objekte deležni, do 25.000 € nepovratnih sredstev.

Pri nepovratnih sredstvih za vgradnjo solarnih sistemov za ogrevanje prostorov in sanitarne vode, so subvencije v vseh omenjenih državah na približno enaki ravni. V Avstriji so nepovratna sredstva za vgradnjo kolektorjev omejena na 1.900 €. V Nemčiji nepovratna sredstva razdeljujejo glede na kvadrato vgrajenih kolektorjev. V Sloveniji pa je omejitev postavljena na 25 % upravičenih stroškov naložbe vgradnje solarnega sistema vendar največ do 200 €/m² kolektorjev. Ob predpostavki vgradnje 10 m² solarnih kolektorjev s ploščatimi sprejemniki, bi v Avstriji lahko pridobili 1.850 € nepovratnih sredstev, v Nemčiji 1.600 € in v Sloveniji 1.500 €.

Tabela 11: Primerjava med subvencijami v Avstriji, Nemčiji in Sloveniji

Države	Avstrija	Nemčija	Slovenija
Znesek posojil za naložbe (v €)	82.500 - 172.500	do 50.000	20.000 - 40.000
Obrestna mera (v %)	1,50 - 3,00	2,02 - 4,96	3,9
Nepovratna sredstva za obnovo starih in gradnjo novi zgradb (v €)	4.000	8.750	9.000 - 25.000
Nepovratna sredstva za vgradnjo solarnih kolektorjev	1.100 € + 75 €/m ² do največ 1.900 €	160 €/m ²	25 % investicije do največ 75 - 200 €/m ²

Največja razlika med slovenskimi subvencijami za energetske varčne gradnje in med nemškimi oziroma avstrijskimi je v tem, da v Sloveniji ni možno pridobiti posojila po ugodni obrestni meri in nato dodatno še zaprositi za nepovratne finančne spodbude za enako naložbo, kar je v Nemčiji in Avstriji možno. S odpravo te omejitve bi Eko sklad dodatno spodbudil gradnjo objektov v nizkoenergijskem in pasivnem standardu.

7 Stroškovna analiza energetske varčne gradnje v Sloveniji

V tem poglavju bomo poskušali stroškovno analizirati energetske varčne gradnje v Sloveniji. Analizo si bomo zastavili na način, da bomo izbrali tri različne vrste objektov. Prvi objekt bo grajen po *Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah* iz leta 2002, ki ga bomo poimenovali standardna hiša. Drugi objekt bo grajen kot nizkoenergijska hiša po pravilniku, ki bo stopil v veljavo 1. julija 2009. Tretji objekt pa bo grajen po pasivnem standardu. Vsak tip gradnje bomo stroškovno ovrednotili in med seboj primerjali. Na čim bolj realen način bomo poskušali prikazati dodatne stroške potrebne za gradnjo nizkoenergijske in pasivne hiše, glede na standardno hišo. Med seboj bomo primerjali obratovalne stroške posameznega tipa hiš, kjer se bomo osredotočili predvsem na stroške ogrevanja. Iz pridobljenih podatkov bomo izračunali dobo vračanja dodatnih investicij za energetske varčne objekta, pri tem bomo upoštevali naraščanje cen energentov. Na koncu bomo v analizo vključili tudi nepovratna sredstva, ki jih podeljuje *Eko sklad j.s.*

Naš namen je bil, da zberemo realne podatke o stroških za gradnjo posameznega tipa hiš. Pri tem se je pojavil problem pri zbiranju podatkov o stroških za pasivne hiše. V Sloveniji obstaja malo podjetji, ki se ukvarjajo s pasivno gradnjo, zato je bilo zbiranje in iskanje podatkov zelo oteženo. Drugi problem je, da podjetja ponavadi nočejo izdati podatkov o stroških gradnje, saj so to podatki zaupne narave. Kljub težavam smo iz različnih virov zbrali potrebne podatke o stroških za pasivno gradnjo. Pri zbiranju podatkov so nam pomagali g. Miro Škvorc iz podjetja Ekoprodukt, dr. Peter Gašperšič iz podjetja Ekoaktiv in samostojni podjetnik g. Tadej Zimic, ki se ukvarja z energetske varčno gradnjo. Nizkoenergijske hiše so v Sloveniji bolj razširjene, zato zbiranje podatkov o stroških za takšen tip gradnje ni predstavljal večjih problemov. Za standardno in nizkoenergijsko hišo smo s pomočjo strokovnjakov gradbene stroke iz podjetja LIZ inženiring in JINS d.o.o. izdelali popis vseh gradbenih del. Popis smo nato poslali izvajalcem gradbenih del, ki so nam izdelali ponudbo za gradnjo standardne in nizkoenergijske hiše. Pri ocenjevanju stroškov strojnih instalacij nam je pomagal g. Matjaž Kek iz podjetja Kek d.o.o..

7.1 Opis izbranih objektov

Analizo smo si poskušali zastaviti čim bolj realno, zato smo za vse tri tipe objektov izbrali enoten tloris. Naša vzorčna hiša²¹ je zgrajena nekje v okolici Ljubljane, s 85 m² bivalne površine v pritličju in 85 m² v mansardnem nadstropju ter brez kletnega prostora. V pritličju je dnevni prostor, kuhinja s shrambo, kopalnica in kabinet. V nadstropju se nahajajo štiri spalnice in dve kopalnici. Večina bivalnih prostorov (dnevni prostor in spalnice) je obrnjenih proti jugu, pomožni prostori (kopalnice, kuhinja in shramba) so obrnjeni proti severu. Na južni strani hiše so velike steklene površine na severni strani pa manjše. Hiša je glede na razporeditev prostorov in steklenih površin zastavljena kot pasivna ali nizkoenergijska hiša.

7.1.1 Standardna hiša

Standardna hiša je grajena po *Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah* iz leta 2002 in ima zidano opečno konstrukcijo. Zunanji ovoj zgradbe je izoliran z 10 cm mineralne toplotne izolacije, tlak z 8 cm sintetične toplotne izolacije in streha z 16 cm mineralne toplotne izolacije. V zgradbo so vgrajena okna z zasteklitvijo, ki imajo toplotno prehodnost $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ in vhodna vrata s toplotno prehodnostjo $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hiša se ogreva s klasičnim ogrevalnim sistemom, ki ima nekondenzacijski plinski kotel in radiatorsko ogrevanje. Letna poraba energije za ogrevanje je med 60 in 80 kWh/m² bivalne površine.

²¹ Tloris hiše se nahaja v prilogi 2.

7.1.2 Nizkoenergijska hiša

Nizkoenergijska hiša je grajena po novem *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah*, ki bo stopili v veljavo v drugi polovici leta 2009 in ima zidano opečno konstrukcijo. Zunanji ovoj zgradbe je izoliran s 16 cm mineralne toplotne izolacije, tlak je izoliran s 15 cm sintetične toplotne izolacije in streha je izolirana s 30 cm mineralne toplotne izolacije. V zgradbo so vgrajena okna z zasteklitvijo, ki ima toplotno prehodnost $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ in vhodna vrata s toplotno prehodnostjo $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hiša se ogreva s talnim ogrevalnim sistemom, ki ima toplotno črpalko z zemeljskimi kolektorji in prezračevalni sistem z rekuperacijo toplote. Hiša izpolnjuje zahtevo iz novega pravilnika o uporabi 25 % obnovljivih virov energije, saj uporablja za ogrevanje toplotno črpalko z zemeljskim kolektorjem. Letna poraba energije za ogrevanje je med 30 in 40 kWh/m² bivalne površine.

7.1.3 Pasivna hiša

Pasivna hiša je grajena po pasivnem standardu, ki je bolj podrobno opisan v *Prilogi 1* in ima leseno skeletno konstrukcijo. Zunanji ovoj zgradbe je toplotno izoliran s 25 cm naravne toplotne izolacije, tlak s 25 cm sintetične toplotne izolacije in streha s 40 cm naravne toplotne izolacije. V zgradbo so vgrajena okna, ki imajo toplotno prehodnost $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ in vhodna vrata s toplotno prehodnostjo $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hiša se ogreva zgolj z prezračevalnim sistemom, ki ima rekuperacijo toplote in toplotno črpalko z zemeljskim kolektorjem, ki predogreje zrak v rekuperatorju. Pasivna hiša tudi zadostuje zahtevi iz novega pravilnika o 25% uporabi obnovljivih virov energije. Letna poraba energije za ogrevanje je 15 kWh/m² bivalne površine.

7.2 Dodatni stroški energetske varčne gradnje

V analizi stroškov energetske varčne gradnje bomo primerjali posamezne komponente, pri katerih prihaja do razlik med posameznimi tip zgradb. Do razlik prihaja pri toplotni izolaciji zunanjega ovoja, toplotni izolaciji tlaka pod zgradbo, toplotni izolaciji podstrešja ali strehe, oknih, vhodnih vratih, strojnih instalacij (ogrevalni in prezračevalni sistem) in pri konstrukciji. Potrebno je poudariti, da se razlike pojavljajo tako pri kvaliteti posameznih materialih, njihovi količini in debelini, ter pri sami izvedbi posameznih detajlov. Pri pasivni hiši je potrebna bolj skrbna in kvalitetna izvedba posameznih komponent, kot so vgradnja oken in vhodnih vrat, izvedba toplotne izolacije ovoja zgradbe, odpravljanje toplotnih mostov, zagotavljanje in preverjanje zrakotesnosti itd. Poskušali bomo izračunati dodatne stroške za gradnjo nizkoenergijske in pasivne hiše glede na standardno.

Prva komponenta, ki jo bomo primerjali bo toplotna izolacija zunanjega ovoja zgradbe. V standardni hiši je na zunanjem ovoju 10 cm debeli sloj steklene volne proizvajalca URSA

tipa SF 35. V nizkoenergijski hiši je pravtako vgrajena enaka toplotna izolacija, vendar se debelina poveča na 16 cm. V pasivni hiši pa se za izoliranje uporabljajo celulozna vlakna proizvajalca Trendisol, ki so pod pritiskom napolnjena med leseno konstrukcijo zgradbe v debelini 25 cm. V vzorčni hiši je potrebno izolirati 130 m² zunanjšega oboda. Med stroške štejemo toplotno izolacijo, ves pomožen material za izdelavo fasade, zaključni omet in delo:

- Toplotna izolacija zunanjšega ovoja za standardno hišo
 - Stroški na m²: 42,80 €/m²
 - Celotni stroški: 5.564,00 €
- Toplotna izolacija zunanjšega ovoja za nizkoenergijsko hišo
 - Stroški na m²: 49,42 €/m²
 - Celotni stroški: 6.424,60 €
- Toplotna izolacija zunanjšega ovoja za pasivno hišo
 - Stroški na m²: 58,32 €/m²
 - Celotni stroški: 7.581,60 €

Druga komponenta, ki jo bomo analizirali je toplotna izolacija tlaka. V standardno hišo moramo pod betonsko ploščo vgraditi 8 cm toplotne izolacije. V nizkoenergijski hiši se plast toplotne izolacije poveča na 15 cm. V pasivno hišo pa je potrebno vgraditi toplotno izolacijo debeline 25 cm. Pri nizkoenergijski in pasivni izvedbi je potrebno poleg tlaka izolirati še 70 cm stene okoli stavbe, kar poveča površino toplotne izolacije iz 83,50 m² na 112 m². Dodatna toplotna izolacija je potrebna zaradi preprečevanja toplotnih mostov, ki bi se sicer pojavili. Vse tri hiše so izolirane s toplotno izolacijo proizvajalca URSA tipa XPS. V stroške je všteti material in delo:

- Toplotna izolacija tlaka standardne hiše
 - Stroški na m²: 19,20 €/m²
 - Celotni stroški: 1.603,20 €
- Toplotna izolacija tlaka nizkoenergijske hiše
 - Stroški na m²: 31,20 €/m²
 - Celotni stroški: 3.494,40 €
- Toplotna izolacija tlaka pasivne hiše
 - Stroški na m²: 47,25 €/m²
 - Celotni stroški: 5.292,00 €

Pri toplotni izolaciji ovoja zgradbe nam je ostala samo še zadnja komponenta, toplotna izolacija strehe. Streha je v standardni hiši izolirana s 16 cm mineralne toplotne izolacije proizvajalca URSA tipa DF 40. V nizkoenergijsko hišo bomo vgradili enako toplotno izolacijo s tem da se debelina poveča na 30 cm. V pasivni hiši pa uporabljamo za toplotno izolacijo strehe celulozo v debelini 40 cm. Vzorčna hiša ima 120 m² strešnih površin, ki jih je potrebno toplotno izolirati. V stroške so všteti vsi potrebni materiali in delo:

- Toplotna izolacija strehe oz. podstrešja standardne hiše
 - Stroški na m²: 26,72 €/m²
 - Celotni stroški: 3.206,40 €
- Toplotna izolacija strehe oz. podstrešja nizkoenergijske hiše
 - Stroški na m²: 31,71 €/m²
 - Celotni stroški: 3.805,20 €
- Toplotna izolacija strehe oz. podstrešja pasivne hiše
 - Stroški na m²: 40,64 €/m²
 - Celotni stroški: 4.876,80 €

Sedaj se moramo osredotočiti na okna in vhodna vrata, ki jih bomo vgradili v našo vzorčno hišo. Naslednja komponenta, ki jo bomo obravnavali so okna. Posamezni tip hiše se razlikuje po kvaliteti zasteklitve in izdelave okvirja oken. V standardni hiši imamo okna z zasteklitvijo $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nizkoenergijska hiša ima okna z zasteklitvijo $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. V pasivno hišo pa so vgrajena okna z zasteklitvijo $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vzorčna hiša ima 47,05 m² steklenih površin. Med stroške štejemo dobavo in vgradnjo oken:

- Dobava in vgradnja oken v standardno hišo
 - Stroški na m²: 132,62 €/m²
 - Celotni stroški: 6.240,00 €
- Dobava in vgradnja oken v nizkoenergijsko hišo
 - Stroški na m²: 162,78 €/m²
 - Celotni stroški: 7.800,00 €
- Dobava in vgradnja oken v pasivno hišo
 - Stroški na m²: 257,41 €/m²
 - Celotni stroški: 12.111,42 €

Peta komponenta je vgradnja in dobava vhodni vrat za vzorčno hišo. V standardno hišo so vgrajena vhodnih vrata, ki imajo toplotno prehodnost $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. V nizkoenergijsko hišo so vgrajena vhodnih vrata s toplotno prehodnostjo $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Najbolj toplotno izolirana vhodna vrata pa so vgrajena v pasivni hiši, saj morajo zadosti zahtevi po toplotni prehodnosti $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. V vzorčno hišo so vgrajena vhodna vrata dimenzije 2,25 m x 1,10 m. Dobava in vgradnja vhodnih vrat povzroča stroške v višini:

- Dobava in vgradnja vhodnih vrat v standardno hišo: 1.330,00 €
- Dobava in vgradnja vhodnih vrat v nizkoenergijsko hišo: 2.000,00 €
- Dobava in vgradnja vhodnih vrat v pasivno hišo: 3.000,00 €

Velika razlika med tremi hišami nastane pri ogrevalnem sistemu, ki ga v hišo vgradimo. Standardna hiša ima klasičen ogrevalni sistem, ki za ogrevanje uporablja nekondenzacijski kotel Vitopend 100 Viessmann z nazivno močjo od 10,5 do 24 kW in radiatorsko ogrevanje. Nizkoenergijska hiša ima toplotno črpalko Drexel und Weiss aerosmart XLS z

nazivno močjo 2,7 kW in talnim ogrevanjem. V nizkoenergijsko hišo je vgrajen prezračevalni sistem z rekuperacijo toplote. V pasivno hišo smo vgradili toplotno črpalko Drexel und Weiss aerosmart L z nazivno močjo 1,7 kW in prezračevalni sistem z rekuperacijo toplote. Dobava in vgradnja omenjenih sistemov povzroča stroške v višini:

- Dobava in vgradnja ogrevalnega sistema za standardno hišo: 9.000,00 €
- Dobava in vgradnja ogrevalnega sistema za nizkoenergijsko hišo: 28.000,00 €
- Dobava in vgradnja ogrevalnega sistema za pasivno hišo: 21.000,00 €

Standardna in nizkoenergijska hiša sta zidani iz opeke, medtem ko je pasivna hiša narejena iz lesene skeletne konstrukcije. Zaradi tega je potrebno primerjati še stroške za postavitev posamezne konstrukcije. Med stroške zidane konstrukcije štejemo dobavo in vgraditev talne in nadstropne AB²² plošče, zidanje nosilnih opečnih zidov, izdelava grobih in finih ometov sten, polaganje betonskih estrihov v pritličju itd. Med stroške lesene skeletne konstrukcije pa štejemo izris konstrukcije, izdelava konstrukcije, prevoz, ostal material, delo in zagotavljanje zrakotesnosti. Zidani konstrukciji se med seboj razlikujeta po materialu in zahtevnosti dela. Stroški posameznih konstrukcij so naslednji:

- Zidana konstrukcija standardne hiše: 36.253,30 €
- Zidana konstrukcija nizkoenergijske hiše: 36.666,30 €
- Lesena konstrukcija pasivne hiše: 46.406,63 €

Pri pasivni hiši je potrebno narediti tudi Blower door test²³ in PHPP izračun energijske bilance za pasivne hiše.

- Stroški Blower door testa: 300,00 €
- Stroški izračuna PHPP: 400,00 €

Tabela 12: Prikaz dodatni stroškov za gradnjo energetske varčnih objektov

	Standardna hiša	Nizkoenergijska hiša	Pasivna hiša
Toplotna izolacija zunanjega ovoja	5.564,00 €	6.424,60 €	7.581,60 €
Toplotna izolacija tlaka	1.603,20 €	3.494,40 €	5.292,00 €
Toplotna izolacija strehe oz. podstrešja	3.206,40 €	3.805,20 €	4.876,80 €
Dobava in vgradnja oken	6.240,00 €	7.800,00 €	12.111,42 €
Dobava in vgradnja vrat	1.330,00 €	2.000,00 €	3.000,00 €
Ogrevalni sistem	9.000,00 €	28.000,00 €	21.000,00 €
Konstrukcija	36.253,30 €	36.666,70 €	46.406,63 €
Blower door test	-	-	300,00 €
Izračun PHPP	-	-	400,00 €
Skupaj	63.196,90 €	88.190,90 €	100.968,45 €
Davek na dodano vrednost (8,5 %)	5.371,74 €	7.496,23 €	8.582,32 €
Celotni stroški	68.568,64 €	95.687,13 €	109.550,77 €
Dodatni stroški glede na standardno hišo	0,00 €	27.118,49 €	40.982,13 €

²² Armirano betonska plošča

²³ Blower door test je postopek za preverjanje zrakotesnosti zgradbe

V zgornji tabeli smo prikazali dodatne stroške, ki se pojavijo pri energetsko varčni gradnji. Pri računanju dodatnih stroškov smo kot osnovo vzeli standardno hišo, ki smo jo nato primerjali s nizkoenergijsko in pasivno hišo. V izračunu smo upoštevali 8,5 % davek na dodano vrednost, saj predvidevamo da so hiše grajene v samogradnji. Do največje razlike med stroški prihaja pri ogrevalnih sistemih in konstrukciji ter pri oknih. Dodatna investicija potrebna za gradnjo nizkoenergijske hiše glede na standardno hišo znaša 27.118,49 €. Pri pasivni hiši se dodatni stroški še povečajo, in sicer na 40.982,13 €.

7.3 Celotni stroški standardne, nizkoenergijske in pasivne hiše

Sedaj ko smo ocenili dodatne stroške za gradnjo energetsko varčnih zgradb je smiselno oceniti še celotne stroške, da bomo lahko ocenili koliko je procentualno energetsko varčna gradnja dražja od standardne. Pri celotnih stroških je potrebno upoštevati nakup zemljišča, plačilo komunalnega prispevka s priključki, projektnotehnično dokumentacijo in strokovni nadzor ter izvedbo GOI²⁴ del.

Tabela 13: Prikaz celotni stroškov gradnje

	Standardna hiša	Nizkoenergijska hiša	Pasivna hiša
Nakup parcele 400 m²	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €
Plačilo komunalnega prispevka s priključki	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
Projektnotehnična dokumentacija in strokovni nadzor (4 % GOI del)	6.008,39 €	7.093,13 €	7.647,68 €
Izvedba GOI del	150.209,82 €	177.328,31 €	191.191,95 €
Celotni stroški	246.218,21 €	274.421,44 €	288.839,63 €
Razlika med energetsko varčno gradnjo glede na standardno (%)	0,00	11,11	17,31

Vzorčna hiša se nahaja v okolici Ljubljane, kjer je cena m² zemljišča okoli 200,00 €. Tako je za 400 m² veliko parcelo potrebno plačati 80.000,00 €. Plačilo komunalnega prispevka s priključki, projektno dokumentacijo in strokovni nadzor smo ocenili s pomočjo strokovnjaka gradbene stroke iz podjetja LIZ inženiring. Stroške GOI del smo dobili iz ponudbe, ki so jo izdelali posamezni izvajalci. Stroški standardne hiše so ocenjeni na 246.218,21 €, nizkoenergijske hiše na 277.421,44 € in pasivne hiše na 288.839,63 €. Nizkoenergijska hiša je od standardne dražja za 11,11 %, medtem ko je pasivna hiša dražja za 17,31 %. V primeru, da bi upoštevali samo stroške GOI del bi se procent pri nizkoenergijski hiši povečal na 18,05 %, pri pasivni pa na 27,28 %. V primerjavi s podatki iz evropske raziskave CEPHEUS so dodatni stroški občutno višji, saj so bile tam dodatne investicije le 7,80 %, pri tem pa so bila upoštevana samo GOI dela. Vendar moramo izpostaviti, da prihaja pri našem primeru do takšnega odstopanja zaradi različnih konstrukcij stavb, saj je skeletna konstrukcija občutno dražja od zidane.

²⁴ Gradbena, obrtniška in inštalacijska dela

7.4 Pridobivanje nepovratnih sredstev za gradnjo stanovanjskih stavb v nizkoenergetski in pasivni tehnologiji

Pri gradnji energetske varčnih objektov je potrebno upoštevati tudi nepovratne finančne spodbude, ki jih *Eko Sklad RS j.s.* dodeljuje občanom, ki se odločijo graditi takšne objekte. V javnem razpisu za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, ki smo ga obravnavali v prejšnjem poglavju je zapisano, da lahko nepovratna sredstva pridobi vsak občan, ki bo gradil hišo s porabo energije za ogrevanje pod 35 kWh/m² na leto. Spodbuda je odvisna od energijske učinkovitosti in od izvora materialov za toplotno izolacijo. Za stavbe, kjer je poraba toplotne energije pod 25 kWh/m²a je obvezen izračun energijske bilance stavbe po metodologiji PHPP07 (Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb, 2008, str. 3).

Naša nizkoenergijska hiša ima porabo med 30 in 40 kWh/m²a, zato jo bomo določili na 35 kWh/m²a. Tako bomo lahko za nizkoenergijsko hišo pridobili nepovratna sredstva. Glede na to, da je več kot 75 % toplotne izolacije v nizkoenergijski hiši mineralnega izvora lahko pridobimo 34,00 €/m² bivalne površine nepovratnih finančnih sredstev, kar znaša 5.780,00 €. Pasivna hiša ima porabo energije za ogrevanje 15 kWh/m²a, kar pomeni da ta hiša pade v najvišji razred po učinkovitosti. Pasivna hiša je več kot 75 % toplotno izolirana iz naravnega materiala, tako da znaša spodbuda 125,00 €/m². Naša vzorčna hiša ima 170 m² in prinaša nepovratna finančna sredstva v višini 21.250,00 €.

7.5 Obratovalni stroški standardne, nizkoenergijske in pasivne hiše

Pri obratovalnih stroških se bomo osredotočili na stroške ogrevanja, saj predstavljajo večinski delež pri porabi energije v stavbah. Stroške vzdrževanja ogrevalnih sistemov bomo spustili, saj so pri plinskem kotlu in toplotni črpalki približno enaki. Pri plinskem kotlu je potrebno vsako leto opraviti dimnikarski pregled, kar povzroči stroške v višini okoli 70,00 €, medtem ko je pri sistemu s toplotno črpalko in rekuperacijo potrebno zamenjati filtre v rekuperatorju, kar stane okoli 70,00 € na leto (Gašperšič, 2009).

Standardna hiša ima ogrevalni sistem na plinski kotel z radiatorskim ogrevanjem. Letna poraba toplotne energije za ogrevanje bivalnih prostorov je okoli 70 kWh/m². Pri računanju stroškov ogrevanja bomo upoštevali cene energentov, ki smo jih zapisali v *Tabeli 3*. Cena kWh koristne energije pridobljene iz zemeljskega plina znaša 0,0832 €. Ob upoštevanju predvidene porabe energije za ogrevanje na m² bivalne površine in površine vzorčne hiše lahko izračunamo, da bomo v standardni hiši porabili 11.900 kWh na leto. Obratovalni stroški standardne hiše tako znašajo 990,08 € na leto.

Nizkoenergijska hiša se ogreva s pomočjo talnega gretja na toplotno črpalko. Letna poraba energije za ogrevanje bivalnih prostorov znaša okoli 35 kWh/m². Toplotna črpalka iz okolice črpa toploto pri nižji temperaturi in jo dodaja v hišo pri višji temperaturi, za delovanje pa porablja električno energijo. Grelno število²⁵ vgrajene toplotne črpalke je 4, kar pomeni da toplotna črpalka za pridobivanje 4 W toplotne energije porabi 1 W električne energije (Gašperšič, 2009). Pri električni energiji bomo uporabili ceno iz *Tabele 3*, ki znaša 0,1244 €/kWh. Nizkoenergijska hiša porabi 5.950 kWh toplotne energije na leto za ogrevanje bivalnih prostorov, če pri tem upoštevamo grelni število 4 se poraba zmanjša na 1.487,5 kWh električne energije. Obratovalni stroški nizkoenergijske hiše znašajo 185,05 € na leto.

Pri pasivni hiši imamo vgrajen podoben sistem kot pri nizkoenergijski hiši s tem da je poraba še nižja, saj znaša 15 kWh/m² bivalne površine na leto. Ogrevalni sistem ima prav tako toplotno črpalko z grelnim številom 4. Letna poraba toplotne energije za ogrevanje znaša 2.550 kWh, kar pomeni da pri ogrevanju porabimo 637,5 kWh električne energije. Stroškovno to pomeni, da pasivna hiša za ogrevanje bivalnih prostorov na leto povzroča za 79,31 € stroškov.

Tabela 14: Prikaz obratovalnih stroškov

	Energent	Poraba energije za ogrevanje (kWh)	Cena na kWh (€/m ²)	Stroški ogrevanja na leto (€)
Standardna hiša	Zemeljski plin	11.900,00	0,0832	990,08
Nizkoenergijska hiša	Električna energija	1487,50	0,1244	185,05
Pasivna hiša	Električna energija	637,50	0,1244	79,31

7.6 Doba vračanja dodatnih investicij energetske varčne gradnje

Pri ocenjevanju posamezne investicije v energetske varčne gradnje smo izbrali za kriterij dobo vračanja investicije. Investitorja bo najbolj zanimalo v kolikšnem času se mu bo dodatna investicija v energetske učinkovitost povrnila s prihranki, ki jih bo deležen pri obratovalnih stroških. Pri računanju dobe vračanja bomo upoštevali zviševanje cen energentov in državne subvencije.

Doba vračanja je opredeljena kot čas, v katerem kumulativna neto prilivov finančnega toka v času obratovanja naložbe doseže vsoto investicijskih stroškov in ne sme biti daljša od ekonomske dobe naložbe. Po tej metodi je najuspešnejša tista investicija, ki ima najkrajšo dobo vračanja.

Najprej bomo za posamezno naložbo izračunali statično dobo vračanja dodatnih investicij. Dodatne investicije za nizkoenergijsko hišo znašajo 27.118,49 €, glede na standardno.

²⁵ Grelno število pomeni razmerje med proizvedeno toploto (oz. bolje rečeno prečrpano toploto) in za to porabljen električno energijo

Obratovalni stroški oziroma stroški ogrevanja znašajo 185,05 € za nizkoenergijsko in 990,08 za standardno. Letni prihranki pri ogrevanju tako znašajo 805,03 €. Sedaj lahko zračunamo statično dobo vračanja za dodatne investicije v nizkoenergijsko hišo:

$$DV_N = \frac{27.118,49 \text{ €}}{805,03 \text{ €}} = 33,69 \text{ let}$$

Dodatne investicije za pasivno hišo znašajo 40.982,13 € v primerjavi s standardno. Stroški ogrevanja za pasivno hišo pa znašajo letno 79,31 € in tako letno prihranimo 910,71 €. Doba vračanja za dodatne investicije v pasivno hišo znaša:

$$DV_P = \frac{40.982,13 \text{ €}}{910,71 \text{ €}} = 45,00 \text{ let}$$

Pri statični dobi vračanja dodatnih investicij v energetske varčno gradnjo ne upoštevamo zviševanja cen energentov in financiranja dodatnih naložb. Doba vračanja je tako za nizkoenergijsko hišo 33 let in 251 dni, za pasivno hišo pa 45 let.

Analizo je potrebno sedaj bolj približati realnemu stanju, kar pomeni da moramo upoštevati zviševanje cen energentov in državne subvencije dodatnih naložb. V spodnji tabeli smo prikazali izračun dobe vračanja dodatnih investicij v nizkoenergijsko in pasivno gradnjo. Nepovratna finančna sredstva, ki jih lahko pridobimo za gradnjo nizkoenergijske hiše znašajo 5.780,00 €, za pasivno hišo pa 21.250,00 €.

Tabela 15: Doba vračanja dodatnih investicij v energetske varčno gradnjo

Leta	Dodatne investicije za energetske varčno gradnjo (6 % podražitev)		Dodatne investicije z upoštevanjem subvencij (6 % podražitev)		Dodatne investicije za energetske varčno gradnjo (11 % podražitev)		Dodatne investicije z upoštevanjem subvencij (6 % podražitev)	
	27.118,49 €	40.982,13 €	21.338,49 €	19.732,13 €	27.118,49 €	40.982,13 €	21.338,49 €	19.732,13 €
1	26.313,46 €	40.071,36 €	20.533,46 €	18.821,36 €	26.313,46 €	40.071,36 €	20.533,46 €	18.821,36 €
2	25.460,13 €	39.021,88 €	19.680,13 €	17.855,94 €	25.419,88 €	38.972,37 €	19.639,88 €	17.810,41 €
3	24.555,60 €	37.909,42 €	18.775,60 €	16.832,60 €	24.428,00 €	37.752,49 €	18.648,00 €	16.688,25 €
4	23.596,79 €	36.730,22 €	17.816,79 €	15.747,86 €	23.327,02 €	36.398,43 €	17.547,02 €	15.442,65 €
5	22.580,46 €	35.480,27 €	16.800,46 €	14.598,03 €	22.104,92 €	34.895,42 €	16.324,92 €	14.060,04 €
6	21.503,15 €	34.155,32 €	15.723,15 €	13.379,22 €	20.748,40 €	33.227,08 €	14.968,40 €	12.525,33 €
7	20.361,20 €	32.750,87 €	14.581,20 €	12.087,27 €	19.242,66 €	31.375,22 €	13.462,66 €	10.821,82 €
8	19.150,73 €	31.262,15 €	13.370,73 €	10.717,81 €	17.571,29 €	29.319,65 €	11.791,29 €	8.930,91 €
9	17.867,64 €	29.684,12 €	12.087,64 €	9.266,18 €	15.716,07 €	27.037,97 €	9.936,07 €	6.832,01 €
10	16.507,55 €	28.011,40 €	10.727,55 €	7.727,46 €	13.656,77 €	24.505,31 €	7.876,77 €	4.502,23 €
11	15.065,87 €	26.238,32 €	9.285,87 €	6.096,41 €	11.370,95 €	21.694,06 €	5.590,95 €	1.916,17 €
12	13.537,68 €	24.358,85 €	7.757,68 €	4.367,49 €	8.833,69 €	18.573,57 €	3.053,69 €	-954,36 €
13	11.917,80 €	22.366,61 €	6.137,80 €	2.534,85 €	6.017,34 €	15.109,82 €	237,34 €	-4.140,64 €
14	10.200,73 €	20.254,84 €	4.420,73 €	592,24 €	2.891,18 €	11.265,06 €	-2.888,82 €	-7.677,42 €
15	8.380,64 €	18.016,37 €	2.600,64 €	-1.466,93 €	-578,86 €	6.997,38 €	-6.358,86 €	-11.603,24 €
16	6.451,33 €	15.643,58 €	671,33 €	-3.649,64 €	-4.430,59 €	2.260,26 €	-10.210,59 €	-15.960,90 €
17	4.406,28 €	13.128,43 €	-1.373,72 €	-5.963,31 €	-8.706,02 €	-2.997,95 €	-14.486,02 €	-20.797,90 €
18	2.238,51 €	10.462,37 €	-3.541,49 €	-8.415,81 €	-13.451,75 €	-8.834,57 €	-19.231,75 €	-26.166,98 €
19	-59,32 €	7.636,35 €	-5.839,32 €	-11.015,46 €	-18.719,51 €	-15.313,21 €	-24.499,51 €	-32.126,65 €
20	-2.495,01 €	4.640,76 €	-8.275,01 €	-13.771,08 €	-24.566,72 €	-22.504,50 €	-30.346,72 €	-38.741,88 €
21	-5.076,85 €	1.465,44 €	-10.856,85 €	-16.692,05 €	-31.057,12 €	-30.486,83 €	-36.837,12 €	-46.084,79 €
22	-7.813,61 €	-1.900,40 €	-13.593,61 €	-19.788,27 €	-38.261,47 €	-39.347,22 €	-44.041,47 €	-54.235,43 €
23	-10.714,56 €	-5.468,19 €	-16.494,56 €	-23.070,26 €	-46.258,29 €	-49.182,26 €	-52.038,29 €	-63.282,63 €
24	-13.789,57 €	-9.250,05 €	-19.569,57 €	-26.549,17 €	-55.134,77 €	-60.099,14 €	-60.914,77 €	-73.325,02 €
25	-17.049,09 €	-13.258,82 €	-22.829,09 €	-30.236,82 €	-64.987,65 €	-72.216,89 €	-70.767,65 €	-84.472,08 €
DV (let)	18,97	21,47	16,32	14,28	14,83	16,46	13,07	11,67

V prvem scenariju smo upoštevali poviševanje cen energentov po World Energy Outlook 2008, ki predvideva rast cena 6 % na leto. V drugem scenariju smo upoštevali poviševanju cen energentov, glede na obdobje od l. 1997 do 2007, katerega smo predstavili v *tabeli 6*. V tem obdobju so cene nafte naraščale po približno 11 % na leto.

Doba vračanja naložb se z upoštevanjem zviševanja cen energentov drastično spremeni. Za nizkoenergijsko hišo glede na standardno hišo znaša doba vračanja dodatnih naložb po prvem scenariju, 18 let in 354 dni. Po drugem scenariju pa znaša doba vračanja naložbe 14 let in 303 dneve. V primeru, da pri računanju dobe vračanja dodatnih investicij v nizkoenergijsko hišo upoštevamo še nepovratna finančna sredstva se doba vračanja po prvem scenariju zniža na 16 let in 117 dni, po drugem pa na 13 let in 25 dni.

Pasivna hiša ima ob upoštevanju zviševanja cen energentov po prvem scenariju dobo vračanja za dodatne naložbe 21 let in 171 dni, po drugem pa 16 let in 168 dni. Pasivna hiša je tudi deležna neposrednih finančnih sredstev kar zniža dodatne investicije za 21.250,00 € in tako se tudi doba vračanja po prvem scenariju zniža na 14 let in 102 dni, po drugem pa na 11 let in 244 dni.

Nizkoenergijska hiša je v primerjavi s pasivno hišo ekonomsko bolj zanimiva saj se dodatne investicije v pasivno hišo v primerjavi z nizkoenergijsko povrnejo šele čez 35 let in 31 dni oz. 26 let in 73 dni, vendar je pri tem potrebno izpostaviti, da nismo upoštevali državnih subvencij. V primer, da upoštevamo nepovratna sredstva, ki jih podeljuje *Eko sklad j.s.* pa se grajenje nizkoenergijskih hiš ne izplača več, saj postanejo stroški gradnje pasivne hiše nižji. Najnižjo dobo vračanja med energetske varčnima objektoma ima pasivna hiša. Investitorju se iz tega vidika bolj izplača vložiti v izgradnjo pasivnega objekta, ker je doba vračanja najkrajša. Potrebno pa je izpostaviti, da bi lahko pri gradnji nizkoenergijske hiše uporabili tudi klasičen način ogrevanja, kar bi znižalo stroške dodatne investicije, vendar pa nebi dosledno upoštevali novega pravilnika.

Stroški gradnje pasivne hiše so v Sloveniji relativno visoki v primerjavi z objekti, ki so bili zgrajeni v sklopu projekta CEPHEUS. Dodatne investicije so višje iz dejstva, da smo pri naši analizi upoštevali izgradnjo samostojne hiše, medtem ko so pri projektu v Hannovru gradili vrstne hiše. Stroški se pri vrstnih hišah znižajo zaradi porazdelitve nekaterih stroškov na več stanovanjskih enot. Drugi razlog se skriva za strokovno podporo, ki so jo bili deležni pri izvajanju projekta v Hannovru iz strani *Passivhaus Instituta*. Do odstopanja pa je prihajalo tudi zaradi uporabe različnih konstrukcij pri naši analizi, kar je dodatno podražilo pasivno hišo glede na standardno. V Sloveniji manjkajo predvsem izkušnje iz področja pasivne gradnje, kar pa se bo predvidoma v naslednjih letih spremenilo. Po pričanju g. Škvorca (2009) je bila do sedaj zgrajena v Sloveniji samo ena hiša, ki je pri izgradnji dosledno upoštevala pasivne standarde.

8 Sklep

Evropska unija namerava do leta 2020 znižati porabo energije za 20 %, povečati delež obnovljivih virov energije na 20 % in zmanjšati izpuste TGP za 20 %. Poraba v stavbah predstavlja več kot 40 % porabljene energije v EU, hkrati pa predstavlja energetska obnova stavb največji potencial za izboljšanje energijske učinkovitosti. EU se tako zavzema, da bi čim bolj izkoristila ta potencial in zmanjšala porabo energije na tem področju, kar bi pripomoglo k izpolnjevanju zastavljenega cilja. Preko direktiv o energetske učinkovitosti se EU vedno bolj obrača k energetske varčni gradnji ter energetske sanaciji obstoječega stavbenega fonda.

V Sloveniji energetske varčnost novozgrajenih stavb določa *Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije* iz leta 2002, ki določa omejitve in zahteve pri gradnji. Leta 2008 je prišlo do posodobitve tega pravilnika in tako bo 1. julija 2009 pa v veljavo novi *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah*. Težnja po spreminjanju pravilnika se je pojavila zaradi zahtev EU po izpolnjevanju strožjih standardov gradnje. Z uvedbo novega pravilnika se bodo v Sloveniji gradile samo še nizkoenergijske stavbe. Novi pravilnik ima tudi ekonomske posledice, saj se stroški gradnje z izpolnjevanjem strožjih zahtev skladno temu povečujejo. Nov pravilnik prinaša pozitiven vpliv na okolje, saj se bo poraba energije v novozgrajenih stavbah prepolovila.

V diplomskem delu smo poskušali prikazati kakšen je potencial izboljševanja energetske učinkovitosti v stavbah, zato smo analizirali obnovo stanovanjskega fonda grajenega pred letom 1990. Na podlagi prenove vzorčne hiše smo ocenili stroške obnove na m², katere smo zatem aplicirali na celoten stanovanjski fond. Z investiranjem v prenovo stavb zgrajenih pred letom 1990 bi privarčevali 65 % porabljene energije za ogrevanje. Investicije potrebne za obnovo stanovanjskega fonda, bi se s prihranki energije povrnila v manj kot 10-ih letih, če upoštevamo zviševanje cen energentov. Zmanjšali pa bi se tudi izpusti toplogrednih plinov. Sanacija obstoječega stavbnega fonda, je velika priložnost za ustvarjanje novih delavnih mest na področju gradbeništva. Država bo pri spodbujanju obnove obstoječih stavb igrala glavno vlogo.

Eko sklad j.s. podeljuje občanom subvencije za okoljske naložbe, kamor sodi tudi energetske varčne gradnje. S podeljevanjem ugodnih kreditov in nepovratnih sredstev, država spodbuja energetske varčne gradnje in sanacijo obstoječih stavb. Energetske varčne zgradbe zaradi, podeljevanja subvencij, postajajo ekonomsko bolj sprejemljive za uporabnike. Podeljevanje subvencij bo spodbudilo energetske varčne gradnje, saj se bodo ljudje odločali za energetske varčne zgradbe samo, če bodo ekonomsko upravičene. V primerjavi z evropskimi subvencijami na področju energetske varčne gradnje so v Sloveniji subvencije na približno enakem nivoju.

Ključni sklop diplomskega dela predstavlja stroškovna analiza energetske varčne gradnje v Sloveniji. Z namenom ugotavljanja ekonomske upravičenosti energetske varčne gradnje smo stroškovno ovrednotili gradnjo treh različnih objektov. Glede na stroške izgradnje smo primerjali standardno, nizkoenergijsko in pasivno hišo. Pasivna hiša je najdražja izmed treh hiš, saj so stroški za 17,31 % višji od standardne hiše. Nizkoenergijska hiša je bolj ugodna, in sicer presega stroške standardne gradnje za 11,11 %. Poskušali smo prikazati dobo vračanja dodatnih investicij potrebnih za energetske varčne objekte, ki je za pasivno hišo znašala 14,28 oz. 11,67 let, za nizkoenergijsko pa 16,31 oz. 13,07 let. Pri analizi smo upoštevali zviševanje cen energentov in nepovratna sredstva *Eko sklada*.

Ugotovili smo, da je zaradi nepovratnih sredstev, ki jih je mogoče pridobiti za pasivno gradnjo, pasivna hiša bolj ugodna od nizkoenergijske hiše. Ob upoštevanju trenda zviševanja cen energentov lahko pričakujemo, da bo v prihodnosti postala pasivna gradnja še bolj ekonomična. V primerjavi z evropskih projektom CEPHEUS smo ugotovili, da je v Sloveniji energetske varčna gradnja dražja kot v Evropi. To dejstvo smo pripisali predvsem pomanjkanju znanja in izkušenj na tem področju. Največji problem, ki se pojavlja v Sloveniji je primanjkljaj kvalificirane delovne sile za uspešno načrtovanje in izvedbo pasivnih hiš. Potrebno bo narediti velik korak pri izobraževanju kadrov na vseh nivojih energetske varčne gradnje od načrtovanja do izvedbe.

Literatura in viri

1. *20 20 by 2020 Europe's climate change opportunity COM(2008)30*. Commission of the European communities. Najdeno 28. Januarja 2009 na spletnem naslovu http://www.energy.eu/directives/com2008_0030en01.pdf
2. *Akcijski načrt za energetske učinkovitost: uresničevanje možnosti COM(2006)545*. Komisija Evropske skupnosti. Najdeno 17. Februarja 2009 na spletnem naslovu [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com\(2006\)0545_/com_com\(2006\)0545_sl.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2006)0545_/com_com(2006)0545_sl.pdf)
3. *Analysis of the Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential SEC(2006)1173*. Najdeno 4. Februarja 2009 na spletnem naslovu http://ec.europa.eu/energy/action_plan_energy_efficiency/doc/com_2006_0545_en.pdf
4. *Direktiva 2006/32/ES o učinkoviti rabi končne energije in o energetskih storitvah*, Uradni list EU št. L 114 Evropske unije. Najdeno 31. Januarja 2009 na spletnem naslovu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0085:SL:PDF>
5. *Direktiva 2002/91/ES o energetske učinkovitosti stavb*, Uradni list EU št. 12/zv. 2. Najdeno 2. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:02:32002L0091:SL:PDF>
6. *Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na območju Alp*. (2004, 15. december). Najdeno 14. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://www.cipra.org/sl/alpmedia/publikacije/1956>
7. *Energetika*, 6. september 2004. (2004). Statistične informacije. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije.
8. *Energetska bilanca RS v letu 2008*. (2008). Ministrstvo za gospodarstvo. Najdeno 15. februarja 2009 na spletnem naslovu http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Porocila/EBRS_2008.pdf
9. Fiest, W., Peper, S. & Görg, M. (2001 julij). *CEPHEUS – project information No. 36, Final technical report July 2001*. Najdeno 2. marca 2009 na spletnem naslovu http://www.passiv.de/07_eng/news/CEPHEUS_final_long.pdf
10. Fiest, W., Peper, S., Kah, O. & Von Oesen, M. (2005). *PEP Project Information No. 1*. Najdeno 4. marca 2009 na spletnem naslovu http://www.passiv.de/07_eng/PEP/PEP-Info1_Kronsberg.pdf

11. Förderung [*Energieinstitut Vorarlberg*]. Najdeno 20. marca 2009 na spletnem naslovu http://www.energieinstitut.at/HP/Frontend/PHP/Seite.php?sID=813&lID=49&iFrame=1&lID_list=49
12. Gašperšič, P. (19. April 2009). *Elektronski intervju*. Ljubljana.
13. Gradbeništvo, 7. februar 2005. (2005). *Statistične informacije*. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije.
14. Grobovšek, B. (2008a, 1. december), Načrtovanje novogradnje v luči novega pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. *Ensvet*. Najdeno 17. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT373.htm>
15. Grobovšek, B. (2008b, 8. april), Zahtevana toplotna izolacija ovoja stavbe po novem pravilniku. *Ensvet*. Najdeno 17. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT352.htm>
16. Grobovšek, B. (2008c, 9. november), Katero ogrevanje izbrati? – Prihranki pri ogrevanju. *Revija Kapital*. Najdeno 24. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://www.revijakapital.com/kapital/nepremicnine.php?idclanka=6226>
17. Grobovšek, B. (2007), Prihranek energije pri posodobitvi ogrevanja in energetske obnovi ovoja stavbe. *Arhem*. Najdeno 25. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://www.arhem.si/pdfs/prihranek%20energije%20pri%20posodobitvi%20ogrevanja%20in%20energetski%20obnovi%20ovoja%20stavbe%20-%20ARHEM%20doo.pdf>
18. Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb 1SUB-OB08. (2008, 19. maj). Ekološki sklad Republike Slovenije. Najdeno 1. marca 2009 na spletnem naslovu http://www.ekosklad.si/subvencije/1SUB-OB08/Objava_Uradni_list_RS__1SUB-OB08.pdf
19. Javni razpis za kreditiranje okoljskih naložb občanov 39OB08A. (2008, 1. februarja). Ekološki sklad Republike Slovenije. Najdeno 27. januar 2009 na spletnem naslovu http://www.ekosklad.si/pdf/39OB08A/39OB08A_razpis.pdf
20. *Mnenje Evropskega ekonomsko-socialnega odbora o obvladovanju izzivov podnebnih sprememb in vlogi civilne družbe*. (2006). Uradni list Evropske unije C 318/102. Najdeno 15. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2006:318:0102:0108:SL:PDF>

21. *Nacionalni akcijski načrt za energetska učinkovitost 2008–2016*. (2008, 31. januar). Ministrstvo za okolje in prostor. Najdeno 11. januarja 2009 na spletnem naslovu http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/dokumenti/akcijski_nacrt_energetska_ucinkovitost.pdf
22. Nemanič, K. (2008, 19. november). Polemično o pravilniku. *Delo in dom*. str.28-32
23. Novak, P. (2008, 1. november). Novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. *Učinkoviti z energijo*. Najdeno 20. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://www.aure.gov.si/eknjiznica/biltenNov08.pdf>
24. Petersdorff, C. (2005, avgust). Cost effective climat protection in the building stock of new EU mamber states. Najdeno 12. marca 2009 na spletnem naslovu http://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Documents/93/documents/ECOFYS4-5_report_EN.pdf
25. Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. (2002). Uradni list RS (št. 42/2002, 15.maj 2002)
26. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. (2008). Uradni list RS. (št. 93/2008, 30. september).
27. Primerjava cen energentov, končne in koristne energije, 30.12.2008 [*svetovalnica Ensvet Nova Gorica*]. Najdeno 26. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://www2.arnes.si/~jlicen/cene%20energentov.htm>
28. Stanovanjski sklad, Število stanovanj po letu zgraditve po statističnih regijah Slovenije. (2007). *podatkovni portal SI-STAT*. Najdeno 23. februarja 2009 na spletnem naslovu http://www.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1907109S&ti=Stanovanjski+sklad%2C+%9Atevil+stanovanj+po+letu+zgraditve+po+statisti%28nih+regijah+Slovenije%2C+po+metodologiji+popisa+2002%2C+letno&path=../Database/Ekonomsko/19_gradbenistvo/06_19071_stanov_sklad/&lang=
29. Šijanec, M.Z. (maj 2002) Energetska izkaznica stavbe. Najdeno 7. februarja 2009 na spletnem naslovu <http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V15-eizkaznica.pdf>
30. Škvorc, M. (10.april 2009), *Intervju v prostorih podjetja Ekoprodukt d.o.o.* Ljubljana.

31. *World energy outlook 2008*, Executive Summary. International Energy Agency. Najdeno 16. februarja 2009 na spletnem naslovu http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_english.pdf
32. *Weekly OPEC Countries Spot Price FOB Weighted by Estimated Export Volume (Dollars per Barrel)*. Energy Information Administration. Najdeno 28. marca 2009 na spletnem naslovu http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_wco_k_w.htm
33. *Zelena Knjiga o energetske učinkovitosti ali Naredi več z manj KOM(2005) 265*, Komisija Evropske skupnosti. Najdeno 2. februarja 2009 na spletnem naslovu http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/sl/com/2005/com2005_0265sl01.pdf
34. Zbašnik, M.S. (2007). *Pasivna Hiša*. Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo.
35. Zirngible, J. (2007). European Energy Performance of Buildings directive - a holistic legal instrument for an environmental break through. Najdeno 4. februarja 2009 na spletnem naslovu http://www.buildingsplatform.eu/epbd_publication/doc/Chine_art_jz%202007_p2705.pdf

PRILOGE:

Priloga 1: Pasivna hiša

Koncept pasivne hiše je zasnoval dr. Wolfgang Feist, in sicer je leta 1991 postavil modelni objekt pasivne hiše v Darmstadt-u v Nemčiji. V naslednjih letih se je izoblikoval standard za pasivne hiše, ki se je na trgu pojavil leta 1998. Od leta 1998 do 2001 je v sklopu EU in *Passivhaus Institut* potekal v petih evropskih državah projekt CEPHEUS v katerem so preverili standard pasivnih hiš v praksi. Po podatkih iz leta 2006 je bilo v Nemčiji zgrajenih že okoli 6000 pasivnih hiš v Avstriji pa okoli 1700 (Zbašnik, 2007, str. 24). Standard pasivne hiše in njene značilnosti bomo predstavili v nadaljevanju. Na koncu pa se bomo posvetili še projektu CEPHEUS in ugotovitvam tega projekta.

Standard pasivne hiše

Pasivne hiše porabijo do 90 % manj energije za ogrevanje kot hiše zgrajene po veljavnih standardih. Pri ogrevanju se ne uporablja aktivnega ogrevalnega sistema. Izpolnjevanje tako strogih zahtev pri porabi energije nas prisili, da gradimo po določenih standardih, ki so določeni za pasivne hiše. Standard pasivne hiše zapoveduje izpolnjevanje naslednjih zahtev (Zbašnik, 2007, str. 28):

- a) toplotna zaščita: toplotna prehodnost vseh gradbenih elementov je pod $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, pri prostostoječih enodružinskih hišah se priporoča celo pod $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- b) izvedba brez toplotnih mostov;
- c) izredna zrakotesnost, kontrolirana s tlačnim preizkusom – vrednost n_{50} pri 50 Pa tlačne razlike ne sme presegati $0,6 \text{ h}^{-1}$;
- d) zasteklitev z U_w pod $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, pri visokem faktorju prehoda ($g \geq 50 \%$), tako da so tudi pozimi možni neto dobitki toplote;
- e) okenski okvir z U_f pod $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- f) poraba električne energije za pogon prezračevalne naprave $\leq 0,4 \text{ Wh/m}^3$ prečrpanega zraka;
- g) najnižje toplotne izgube pri pripravi in distribuciji sanitarne vode;
- h) učinkovita izraba elektrike v gospodinjstvu (stroji in naprave iz energijskega razreda A in A+).

Z izpolnjevanjem zgoraj naštetih standardov pri gradnji pasivne hiše in pravilno vgradnjo vseh potrebnih komponent lahko dosežemo specifične vrednosti, ki so značilne za pasivno hišo (Zbašnik, 2007, str. 29):

- a) letna poraba toplotne za ogrevanje $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- b) skupna letna poraba primarne energije $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- c) letna poraba električne energije $\leq 18 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- d) toplotne izgube $< 10 \text{ W/m}^2$.

Toplotna izolacija

Izboljšanje toplotne izolacije ne pomeni samo zmanjšanja toplotnih izgub, temveč tudi pozimi višje poleti nižje površinske temperature zunanjih sten na notranji strani. S tem se izboljša ugodje, tudi pri nižjih notranjih temperaturah. Boljša toplotna izolativnost temelji na debelejši toplotni izolaciji. Zaradi zahteve o toplotni prehodnosti $U \leq 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$, potrebujemo debelejšo plast izolacije. Debelina toplotne izolacije je odvisna od gradiva in sestave stene ter znaša 25-40 cm. Toplotne izolacije se med seboj razlikujejo po ceni in ekološki komponenti. Koncept pasivne hiše že v izhodišču pomeni tudi prijazen odnos do okolja. Pri izboru gradiv je potrebno upoštevati, da so ti naravni, proizvedeni z minimalno količino vgrajene energije in nimajo negativnih vplivov na človeka in okolje v celotnem življenjskem ciklusu, ki obsega pridobivanje surovin, proizvodnjo, uporabo in odstranitev (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 46).

Toplotni mostovi

Toplotni mostovi so lokalno omejene površine na gradbenem elementu, kjer je povečan prehod toplote. Pojavljajo se na zunanjem ovoju zgradbe, in sicer zaradi napak in pomanjkljivosti pri načrtovanju in izvedbi. skozi toplotno neustrezno zaščitene dele fasadnega ovoja lahko zgradba izgublja zelo veliko toplote. Pri zgradbah, ki so dobro toplotno izolirane, je delež toplotnih izgub skozi toplotne mostove še precej večji kot pri običajnih hišah. Načrtovanje objekta brez toplotnih mostov in dobra izvedba zunanjega ovoja stavbe sta pri pasivnih hišah zelo pomembna. Zmanjšanje toplotnih mostov je po izkušnjah pasivne gradnje eden najbolj ekonomičnih ukrepov. Zaradi tega se ugodje v prostoru zelo izboljša (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 63).

Zrakotesnost

Z zrakotesnostjo označujemo intenzivnost nekontroliranega pretoka zraka skozi konstrukcijo v zgradbi ali iz nje zaradi tlačne razlike. nekontroliran pretok zraka se pojavlja v fugah, špranjah in drugih netesnih mestih na ovoju zgradbe. Trditev, da se skozi netesna mesta v zgradbi zagotavlja zadostno prezračevanje, ni pravilna in je v nasprotju s konceptom pasivne hiše. Taka izmenjava zraka ne zagotavlja kakovostne bivalne klime. Prehajanje zraka skozi ovoj zgradbe povzroča nekontrolirane toplotne izgube in je zato v pasivni hiši nedopusten. Pri današnji tehnologiji gradnje pasivnih hiš je mogoče doseči zrakotesnost n_{50} okrog $0,30 \text{ h}^{-1}$, kar je kar za polovico večja zrakotesnost kot je predvidevana po standardu. Za zagotavljanje zrakotesnosti je treba paziti na natančno načrtovanje in skrbno izvedbo. Njeno učinkovitost je potrebno kontrolirati. Zrakotesnost se meri s tlačnim testom, imenovanim Blower Door. V odprtino vrat ali okna namestimo napravo z ventilatorjem, s katerim v hiši ustvarimo nadtlak ali podtlak. Nato se izmeri volumenski tok pri 10 do 70 Pa tlačne razlike. Iz rezultatov se določi karakteristična vrednost pri tlačni razliki 50 Pa, ki ne sme presegati $0,6 \text{ h}^{-1}$ (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 75, 78).

Okna in vrata

Ob razvoju pasivne hiše je bilo ugotovljeno, da klasične zasteklitve s dvoslojnim steklom ne morejo zadostovati strogih zahtev po toplotni izoliranosti. Posebej za pasivne hiše so bila razvita specialna okna s trislojno toplotno izolacijsko zasteklitvijo s U_g okrog 0,6 do največ 0,7 W/m²K, ki imajo podobno izolativnost kot zunanje stene po trenutno veljavnem pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Za pasivne hiše so kakovostne toplotnoizolacijske zasteklitve odločilnega pomena. Z njimi je prvič možno projektirati hišo brez grelnih teles v neposredni bližini stekel, ne da bi bilo s tem zmanjšano toplotno ugodje. Zaradi možnosti sončnih dobitkov na južni strani in predvidenih izgub na severu imajo pasivne hiše ponavadi velike steklene površine na južni fasadi in manjše na severni. Vhodna vrata, podobno kot druge odprtine na ovoju zgradbe pogosto predstavljajo šibko točko v toplotnem ovoju stavbe, zaradi česar jih je treba v pasivnih hišah zelo skrbno izbrati. Vrata za pasivne hiše se razlikujejo od običajnih vhodnih vrat. Zelo pomembna je zrakotesnost, zato morajo vrata trajno zagotavljati stabilno obliko, kar mora proizvajalec dokazati z atestom. Vhodna vrata za pasivno hišo morajo imeti dodatno toplotno izolativnost in tako kot pri oknih toplotna prehodnost vrat ne sme presegati 0,8 W/m²K (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 50, 55).

Prezračevanje

Prezračevanje je v zgradbi pomembno zaradi zagotavljanja svežega zraka. V pasivni hiši je pa še toliko bolj pomembno zaradi ukrepov, ki so izvedeni na toplotnem ovoju stavbe in zrakotesnosti, saj je pretok zraka premajhen za kakovostno bivalno ugodje. Potreben je prezračevalni sistem za dovajanje svežega zraka, saj bi s odpiranjem oken za prezračevanje zgradbe prihajalo do nepotrebnih toplotnih izgub. Za doseganje čim manjših toplotnih izgub je v pasivni hiši obvezen sistem kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka (t.i. rekuperacija) in izkoristkom večjim od 75 %. To pomeni, da topel odpadni zrak odda toploto hladnemu vstopajočemu zraku, kar dodatno zmanjša toplotne izgube zaradi prezračevanja. Poleg tega ima sistem tudi filter, ki odvodnemu zraku odvzamejo pelod ali prah, kar je velika prednost za alergike. Svež zrak se dovaja v bivalne prostore in spalnice, odvaja pa od tam, kjer je najslabši, iz kuhinje, kopalnice stranišča in shrambe. Pri pasivnih hišah se zunanji zrak zajema zunaj objekta skozi zaščitno rešetko na fasadi ali na strehi in dovaja po dobro izoliranih ceveh do prezračevalne naprave. V prenosniku toplote se sveži zrak predgreje s toploto odpadnega zraka, ki se izsesava iz zgradbe. Za prenosnikom toplote je nameščen grelni register, ki po potrebi dodaja toploto svežemu zraku, ki vstopa v zgradbo (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 91-95).

Ogrevanje

V pasivnih hišah se zaradi naštetih ukrepov pri načrtovani in skrbni izvedbi vseh komponent potreba po dodatnem toplotnem ogrevanju zelo nizka. številne meritve so pokazale, da je ogrevanje v pasivni hiši potrebno le pri zunanjih temperaturah med 0 °C in

-5 °C. V hladnejših dneh zaradi jasnosti neba prihaja do sončnih dobitkov in dodatno ogrevanje ni potrebno. Pri pasivnih hišah je možno ogrevanje s konvencionalnimi napravami na različne energetske vire: kurilno olje, utekočinjen naftni plin, zemeljski plin, lesni sekanci, lesna biomasa ipd. Pri pasivni hiši letna raba energije ne sme presegati 15 kWh/m², kar ustreza letni porabi 1,5 l kurilnega olja, 1,6 m³ zemeljskega plina ali 2,4 l utekočinjenega naftnega plina na m² ogrevane površine. V hiši s površino 120 m² je letna poraba kurilnega olja 180 l ali še manj. Zaradi zelo nizke potrebe po toploti se lahko odpovemo klasičnemu ogrevalnemu sistemu, stavba se ogreva le z vpihovanje toplega zraka. Pri pasivnih hišah se za ogrevanje prostorov največ uporablja toplotna črpalka, ki ogreva zrak v prezračevalni napravi. Zaradi nizke porabe energije za ogrevanje se v pasivnih hiša poveča delež energije za ogrevanje sanitarne vode, saj se porabi dvakrat toliko energije kot za ogrevanje prostorov. Za ogrevanje sanitarne vode se uporablja toplotna črpalka v kombinaciji s sprejemnikom sončne energije, s katerim lahko pokrijemo 40 - 60 % potrebne energije za ogrevanje sanitarne vode (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 100).

Ugodje bivanja

Pasivne hiše so znane po tem, da je notranja temperatura prostorov običajno nižja kot pri konvencionalnih hišah. V pasivni hiši je notranja temperaturo skozi leto nekje med 18 in 20 °C, medtem ko se pri običajnih hiša pojavljajo pozimi temperature nekje med 20 in 24 °C poleti pa med 23 in 26 °C. Sedaj se zastavlja vprašanje ali je v pasivnih hiša zaradi nižjih notranjih temperatur toplotno ugodje stanovalcev nižje. Po izkušnjah, ki jih imajo stanovalci pasivnih hiše je kakovost bivalnega ugodja v pasivnih hišah celo večja kot pri »navadnih hišah«. Razlog za večjo bivalno ugodje leži v dobro izoliranem ovoju stavbe in zrakotesnosti. V konvencionalnih hišah prihaja na bolj toplotno prehodnih mestih, kot so okna do vdora hladnega zraka, zaradi tega so pod okni ponavadi nastavljena grelna telesa. Hladni zrak se zadržuje na tleh dokler se ne ogreje in dvigne, zaradi česar prihaja do kroženja zraka in hladnega občutka v nogah, kar povzroča nelagodje. Prostor je potrebno dodatno ogrevati, da dosežemo toplotno ugodje bivanja. V pasivni hiši se zaradi dobre izoliranosti in zrakotesnosti ne prihaja do kroženja zraka v prostoru, zato za toplotno ugodje zadostujejo nižje temperature (Senegačnik Zbašnik, 2007, str. 30).

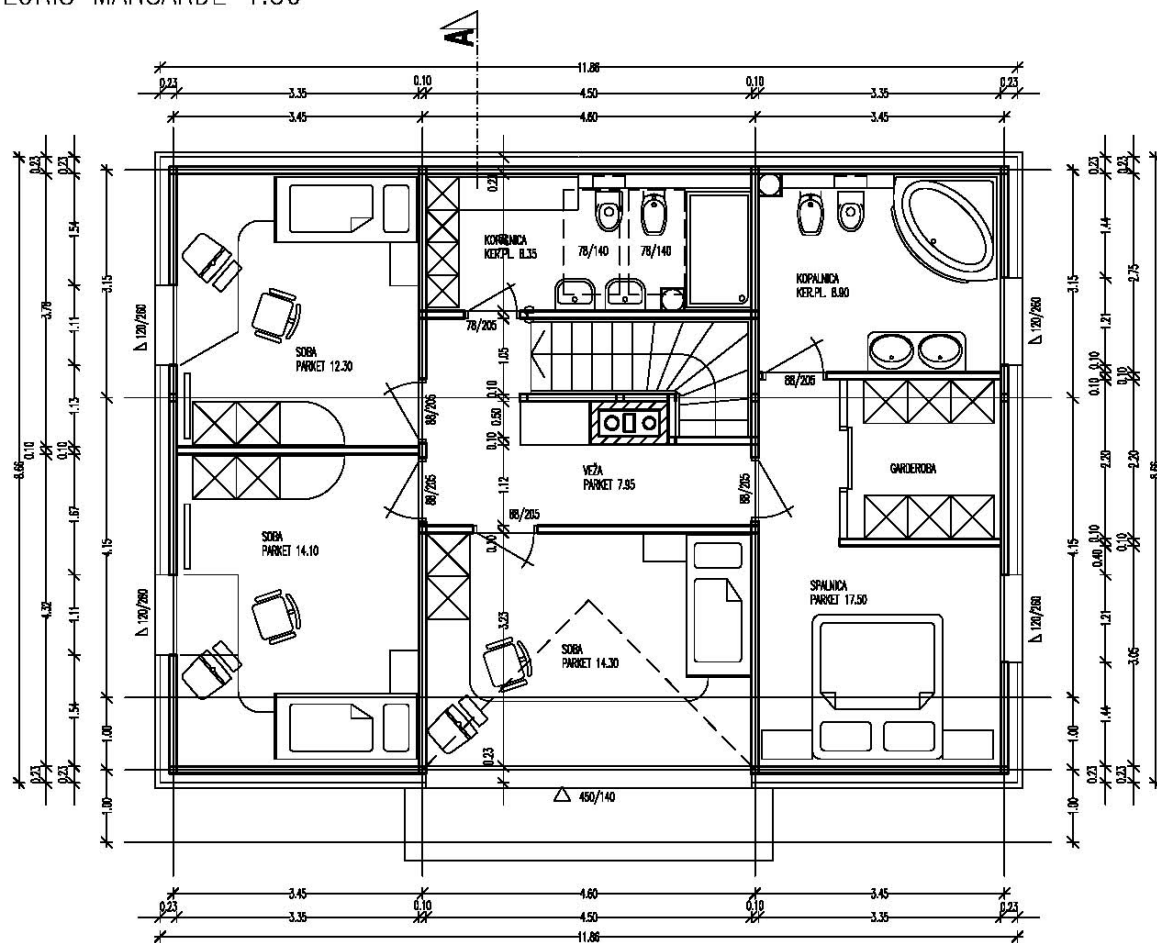
Tloris Pritličja 1:50



Tloris Mansarde

1:50

TLORIS MANSARDE 1:50



Priloga 3: Popis del

Skupna rekapitulacija GOI del			
	Standardna hiša	Nizkoenergijska hiša	Pasivna hiša
GRADBENA DELA	59.787,34 €	63.551,33 €	89.417,46 €
OBRTNIŠKA DELA	54.854,90 €	57.084,90 €	50.996,32 €
ELEKTRO	2.800,00 €	2.800 €	2.800,00 €
INSTALACIJE			
STROJNE	16.000,00 €	35.000,00 €	28.000,00 €
INSTALACIJE			
ZUNANJA UREDITEV	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €
GOI DELA SKUPAJ	138.442,24 €	163.436,23 €	176.213,78 €
DDV (8,5 %)	11.767,59 €	13.892,08 €	14.978,17 €
SKUPNA VREDNOST	150.209,82 €	177.328,31 €	191.191,95 €

Rekapitulacija gradbenih del			
	Standardna hiša	Nizkoenergijska hiša	Pasivna hiša
ZEMELJSKA DELA	2.095,20 €	2.095,20 €	2.095,20 €
BETONSKA DELA	15.157,90 €	15.157,90 €	6.507,20 €
ZIDARSKA DELA	31.154,15 €	34.918,15 €	26.442,85 €
TESARSKA DELA	6.055,89 €	6.055,89 €	49.048,02 €
KANALIZACIJA	5.324,20 €	5.324,20 €	5.324,20 €
GRADBENA DELA SKUPAJ	59.787,34 €	63.551,33 €	89.417,46 €

Rekapitulacija obrtniških del			
	Standardna hiša	Nizkoenergijska hiša	Pasivna hiša
KROVSKA DELA	6.816,00 €	6.816,00 €	6.816,00 €
TESARSKA DELA	12.440,00 €	12.440,00 €	0,00 €
KLEPARSKA DELA	1.751,40 €	1.751,40 €	1.751,40 €
MIZARSKA DELA	10.815,00 €	13.045,00 €	18.356,42 €
SLIKOPLESKARSKA DELA	3.907,00 €	3.907,00 €	3.907,00 €
MAVČNO KARTONSKA DELA	5.160,00 €	5.160,00 €	6.200,00 €
TLAKARSKA DELA	5.850,00 €	5.850,00 €	5.850,00 €
KERAMIČARSKA DELA	3.115,50 €	3.115,50 €	3.115,50 €
RAZNA DELA	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €
OBRTNIŠKA DELA SKUPAJ	54.854,90 €	57.084,90 €	50.996,32 €