



***ENERGETSKA UČINKOVITOST OBJEKTOV S
TERMOGRAFIJO***

AVTOR:

Domen Kanduti, 2. A

MENTORJA:

Goran Kosem, prof. fizike

Damijan Kanduti, univ. dipl. inž. stroj.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2009

1 POVZETEK

Obnovljivi viri in učinkovita raba energije sta dandanes področji, ki kreirata sodobno gradnjo objektov, kakor tudi sanacijo starejših. Zaradi omejene rabe določenih energentov, čim manjšega onesnaževanja, vedno večjih zahtev v zvezi z bivalnim ugodjem ter zagotovitvi možnosti uravnave toplotnih tokov med zunanjim in notranjim okoljem, se tudi v gradbeništvu odvijajo korenite spremembe. V nalogi so podane bistvene zahteve sodobne gradnje po pravilniku o učinkoviti rabi energije objektov. Predstavljena je termografija in opisano delovanje termo-kamere ter praktična uporaba le te na objektu sodobne in nekoliko starejše gradnje. Posnetki so obdelani s pripadajočim programom. Posamezni primeri so izpostavljeni, detajlno ponazorjeni in analizirani. Poiskana so kritična mesta, ki nakazujejo neustrezno ali slabo izvedbo. Rezultati so podlaga za pravilno in premišljeno načrtovanje sanacije objektov ali predlog za potrjevanje dobre izvedbe.

1.1 SUMMARY

Renewable energy sources and energy efficiency are now areas that create a modern construction of buildings, as well as the reconstruction of older ones. Due to the limited use of certain energy sources, minimize pollution, increasing demand on higher living comfort and the possibility of providing balance of heat flows between the external and internal environment there are radical changes taking place also in the construction business. In my research I present some essential requirement of modern construction given by the regulations on energy efficiency of buildings. Thermography and use of thermal cameras in construction are presented, along with some examples in a modern and slightly older building. Thermal recordings were processed with the associated software. Individual cases are exposed, analysed and illustrated in detail. Sought are critical sites, which suggest inadequate or poor construction work. The results can be the basis for the proper and rational planning of building reconstruction, or just a way to test their thermal efficiency.

Kazalo vsebine

1	POVZETEK	1
1.1	SUMMARY	1
2	UVOD	4
2.1	NAMEN IN CILJ NALOGE	4
2.2	HIPOTEZA	4
2.3	METODE DELA	4
3	UČINKOVITA RABA ENERGIJE	5
3.1	PRAVILNIK O UČIKOVITI RABI ENERGIJE	6
3.1.1	OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	10
4	TERMOGRAFIJA – TERMOVIZIJA	13
4.1	TERMOGRAFIJA IN GRADBENIŠTVO	16
5	OPIS STANOVANJSKIH OBJEKTOV	17
5.1	SODOBEN, NOVO IZOLIRAN OBJEKT (objekt A)	17
5.1.1	Splošni podatki objekta	17
5.1.2	Izkaz toplotnih karakteristik objekta	18
5.1.3	Ogrevalni sistem	18
5.2	KLASIČNI OBJEKT (objekt B)	18
5.2.1	Izkaz toplotnih karakteristik primerjalnega objekta	19
5.2.2	Ogrevalni sistem	19
6	PREGLED OBJEKTOV S TERMOKAMERO	20
6.1	FIZIKALNE OSNOVE TERMOGRAFIJE	20
6.1.1	Uporabljena termokamera	21
6.2	DEFINICIJA TOPLOTNIH MOSTOV	22
6.3	PREGLED IN ANALIZA POSNETKOV	23
6.3.1	Pregled določenih posnetkov objekta objekta A	25
6.3.2	Pregled določenih posnetkov objekta B	30
7	ZAKLJUČEK	34
8	ZAHVALA	35
9	VIRI IN UPORABLJENA LITERATURA	36

Kazalo slik

Slika 1: Primer izgub povprečne enodružinske hiše	8
Slika 2: Obnovljivi viri energije.....	10
Slika 3: Nočni vojaški posnetek tanka s termokamero	14
Slika 4: Sevanječrnega telesa levo in spekter EM valovanja desno.....	20
Slika 5: Toplotni tok skozi snov z debelino d in toplotno prevodnostjo ζ	21
Slika 6: Termokamera Fluke Ti25	22
Slika 7: Zgradba zunanjega zidu objekta A	25
Slika 8: Severna stena objekta A.....	25
Slika 9: Zahodna stena objekta A.....	26
Slika 10: Vzhodna stena objekta A	26
Slika 11: Okno - zahodna stena objekta A	27
Slika 12: Okno na južni steno objekta A.....	28
Slika 13: Južna stena-garažna vrat	29
Slika 14: Zimski vrt.....	29
Slika 15: Zgradba zunanjega zidu objekta B.....	30
Slika 16: Vzhodna stena objekta B	30
Slika 17: Spoj zidu in AB plošče	31
Slika 18: Južna stena objekta B.....	31
Slika 19: Severna stena objekta B	32
Slika 20: Zahodna stena objekta B.....	32
Slika 21: Severna stena objekta B - okn.....	33
Slika 22: Zahodna stena objekta B- okna.....	33

Kazalo grafov

Graf 1: Končna poraba energije v gospodinjstvih v letu 2007.....	6
Graf 2: Povprečna poraba energije v gospodinjstvih	9

2 UVOD

2.1 NAMEN IN CILJ NALOGE

Obnovljivi viri in učinkovita raba energije sta dandanes področji, ki kreirata sodobno gradnjo objektov, kakor tudi sanacijo starejših. Na podlagi novega pravilnika, ki predpisuje učinkovitejšo rabo energije, vedno večjih človekovih potreb po udobnem bivalnem okolju ter želje po zmanjšanju stroškov ogrevanja brez bistveni sprememb bivanjskih razmer, sem začel razmišljati o tem, kako odkriti napake v gradbeni konstrukciji, ki nam to onemogočajo.

Z raziskovalno nalogo sem želel ugotoviti ali je termografija ustrezna metoda za iskanje napak v gradnji oz. potrjevanje dobre izvedbe objekta .

2.2 HIPOTEZA

Vodilo za moje raziskovalnje je bilo:

Termografija je primerna metoda za enostavno določevanje napak gradnje ali potrjevanje dobre izvedbe objekta.

2.3 METODE DELA

Pri izdelavi raziskovalne naloge sem uporabil naslednje metode dela:

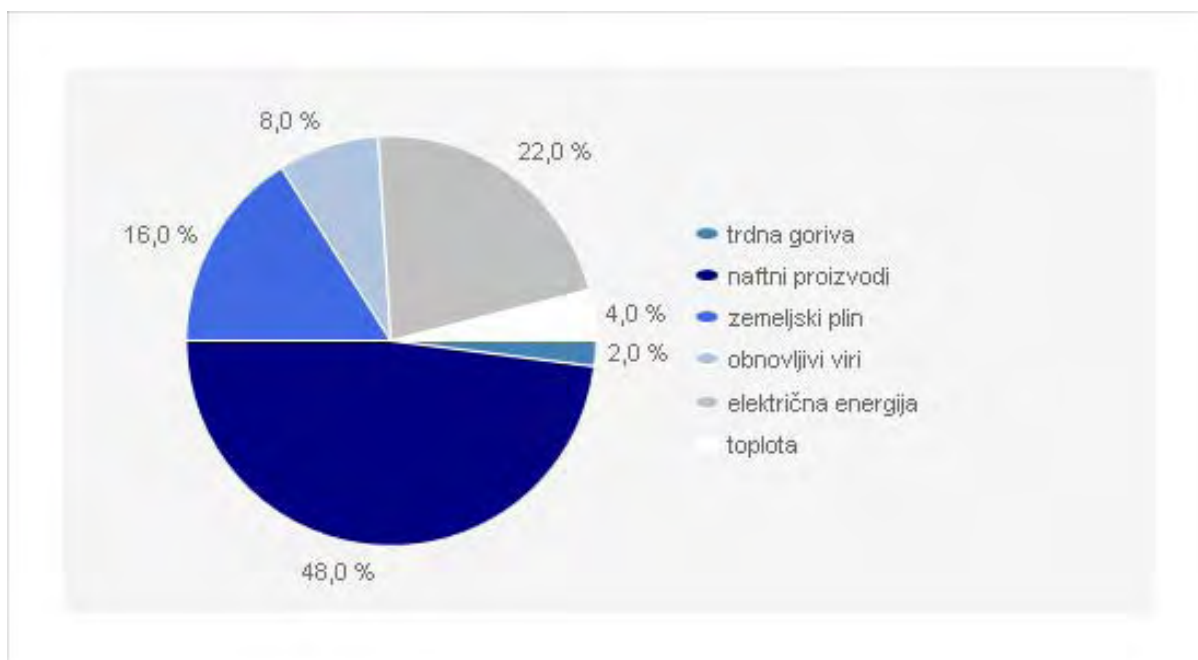
- Delo s programom Smart View za pregled in analizo termografskih posnetkov;
- Terensko delo: Snemanje objektov s termo-kamero Fluke25T, merjenje temperature, vlage okolice ter merjenje hitrosti in pretoka vetra;
- Pregled in spoznavanje objektov;
- Primerjanje načinov gradnje in rezultatov snemanja;
- Spoznavanje zakonodaje na področju gradbeništva;
- Delo z literaturo (prebiranje študijske literature in drugih virov, interpretacija);
- Delo z računalnikom.

3 UČINKOVITA RABA ENERGIJE

Rast porabe energije je potrebno ublažiti, saj lahko na srednji in dolgi rok ogroža naše gospodarstvo, okolje in blaginjo. Res je, da se naše potrebe po energiji večajo, ampak samo s tem ne moremo upravičevati tako nagle rasti rabe. Energijo se moramo navaditi uporabljati kot vir, ki je omejen, poleg tega pa ima zaradi izkoriščanja različnih nečistih virov številne nezaželene posledice, tako za družbo in gospodarstvo, kot za okolje. Iz grafa 1 je razvidno, da je bilo v letu 2007 največ končne energije porabljene prav iz naftnih proizvodov, ki imajo za okolje številne negativne posledice. Povečanje učinkovite rabe energije ne pomeni, da moramo opustiti dejavnosti ter paziti pri najmanjših malenkostih, da bi prihranili energijo. Nove tehnologije in učinkovitejše vedenje predvsem ogrevalnih in drugih sistemov nam že omogočajo, da izboljšamo svoje življenjske pogoje, ne da bi se morali pri tem odreči svojemu udobju. Pri tem največji problem predstavlja stavba sama.

Stavba oziroma njen ovoj mora nuditi uporabniku (nam) občutek varnosti in zasebnosti, zavetje pred vremenskimi in drugimi zunanjimi vplivi ter zagotoviti ustrezne bivalne in delovne razmere. Po drugi strani mora s svojo zasnovo omogočati nemoten stik z okolico in zagotavljati možnost uravnave toplotnih, svetlobnih in zvočnih tokov med zunanjim in notranjim okoljem

Stavba je sistem, katerega delovanje je odvisno od pretoka energije, česar pa ne moremo zmanjšati pod določeno mejo ali celo povsem ukiniti. Lahko pa s pravilnim, premišljenim načrtovanjem zmanjšamo količino energije, potrebne za nemoteno obratovanje in uporabo stavbe v njeni celotni življenjski dobi. Vzporedni korak v procesu načrtovanja je takšna zasnova stavbe, njenih elementov in servisnih sistemov, ki omogočajo učinkovito rabo energije za ustvarjanje zadovoljivih bivalnih in delovnih razmer. Da bi učinkovito oz. okolju bolj prijaznejšo rabo energije povečali, mora biti naša prioriteta. S temi vprašanji se že kar nekaj časa ukvarja celotna evropska oz. kar svetovna skupnost. Primer je sprejet zavezujoči se cilj s strani EU sveta, v marcu 2007, ki predpisuje da bo 20% energije v EU do leta 2020 pridobljene iz obnovljivih virov energije, kar pa velja tudi za Slovenijo.



Graf 1: Končna poraba energije v gospodinjstvih v letu 2007

3.1 PRAVILNIK O UČIKOVITI RABI ENERGIJE

Velik korak v smeri povečanja učinkovite rabe energije je bil storjen 30.09.2008 s sprejetjem novega pravilnika v zvezi z učinkovito rabo energije, ki predpisuje strožje zahteve o energijski varčnosti novogradenj ter pri prenovi obstoječih objektov. Te po 1. juliju 2009, do takrat velja prehodno obdobje, ne bodo smele biti več tako energijsko potratne, mi pa bomo morali poleg vgradnje debelejšega toplotnega ovoja in toplotno-izolativnega stavbnega povišstva izpolniti tudi zahtevo po 25-odstotnem deležu rabe obnovljivih virov energije za potrebe objekta.

Pravilnik velja za vse stanovanjske in nestanovanjske objekte, ki morajo izpolnjevati minimalne zahteve toplotnega ugodja, najmanj v skladu s predpisi o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Določene zahteve pravilnika pa morajo biti izpolnjene tudi pri industrijskih objektih in skladiščih.

Pravilnik opredeljuje vrsto zahtev, ki jih moramo izpolniti mi, investitorji in v projektih zajeti projektanti, da bi v stavbah zmanjšali rabo energije za ogrevanje, pripravo tople sanitarne vode, hlajenje notranjih prostorov, prezračevanje in tudi razsvetljava. Strožji predpisi veljajo za vse novogradnje ne glede na to, ali gre za individualne hiše, večstanovanjske hiše, javne in poslovne objekte ali industrijske objekte. Te zahteve so v pravilniku prilagojene posamezni vrsti gradnje.

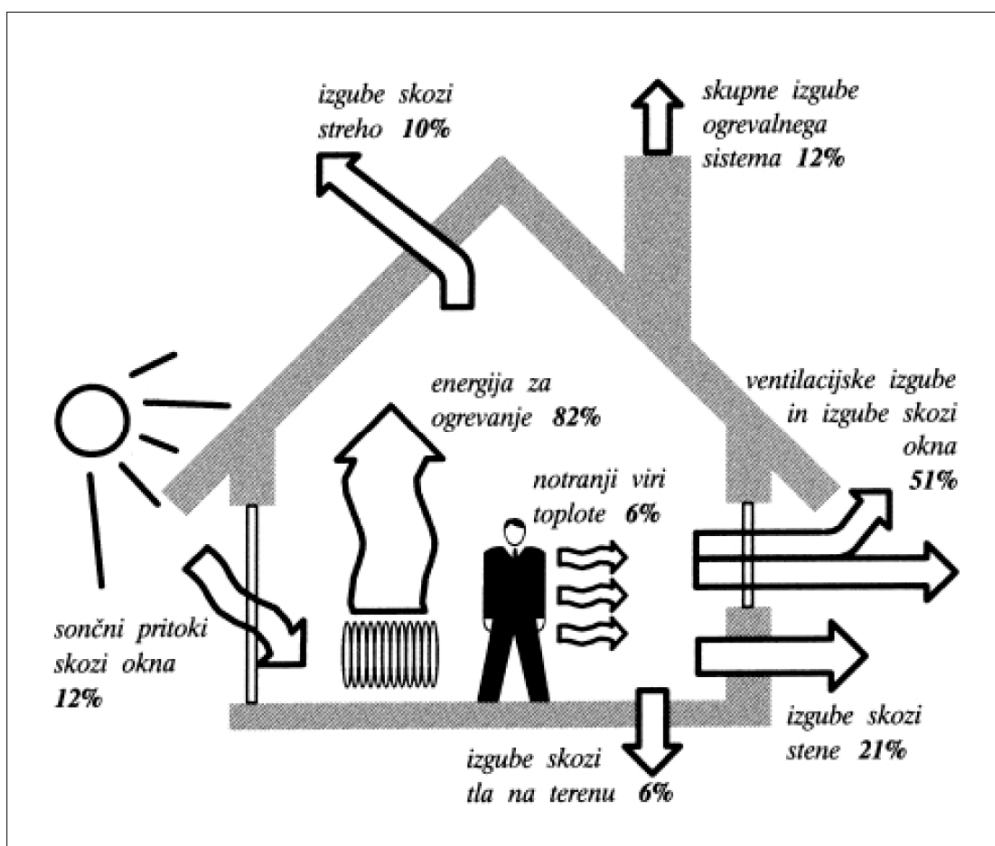
Pravilnik zelo jasno predpisuje tehnične zahteve za učinkovitejšo rabo energije v stavbah in jih deli na osnovne in dodatne tehnične zahteve.

Osnovne tehnične zahteve so izražene z:

- dovoljenimi toplotnimi izgubami in močjo naprav za gretje in prezračevanje objekta;
- dovoljenimi toplotnimi obremenitvami in močjo naprav za hlajenje objekta;
- obvezno vgradnjo naprav za uporabo obnovljivih virov energije;
- obvezno izdelavo izkaza o toplotnih karakteristikah objekta.

Dodatne tehnične zahteve so:

- zahteve za gradbeno fiziko;
- zahteve za grelne in hladilne naprave;
- zahteve za prezračevalne in klimatizacijske naprave;
- zahteve za razsvetljava.



Slika 1: Primer izgub povprečne enodružinske hiše

Najpomembnejše zahteve, ki veljajo za enostanovanjsko gradnjo, se nanašajo na izolativnost zunanje ovoja, kjer so izgube pri starejših objektih velike (slika 1), stavbno pohištvo, prezračevanje, centralno pripravo tople sanitarne vode in 25-odstoten delež rabe energije obnovljivih virov. Za toplotno izolacijo velja naslednje:

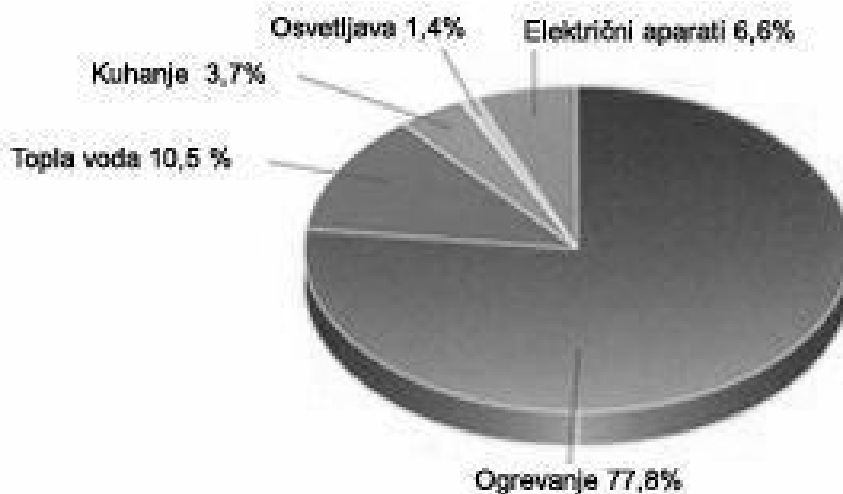
- opečnati zunanji zidovi morajo biti izolirani z najmanj 10 centimetri izolacijskega materiala;
- na betonskih delih je najmanjša dovoljena debelina 12 centimetrov;
- z 20 centimetri mora biti izoliran strop;
- s 15 oziroma 20 centimetri tla.

Vgraditi je treba toplotno-izolativna okna s toplotno prehodnostjo stekel največ $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ oziroma $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (če poleg stekla upoštevamo tudi okvirje oken). Po novem je pri vgradnji prezračevalnega sistema v objektu obvezna vgradnja sistema z izkoriščanjem toplote

odpadnega zraka. Pri večstanovanjskih objektih pa je novost tudi centralna priprava tople sanitarne vode za vsa stanovanja, kar pomeni, da se v posamezne enote ne sme več vgrajevati klasičnih električnih bojlerjev.

Na obnovljive vire se nanaša poseben člen novega pravilnika, ki pa bo nam in investitorjem v prihodnje verjetno predstavljal trd oreh za zagotovitev zahtev. V stavbah se mora zagotavljati najmanj 25% moči za gretje, prezračevanje, hlajenje in toplo pitno vodo, z obnovljivimi viri energije, in sicer z aktivno uporabo enega ali več virov v lastnih napravah, ki jih predstavljajo: toplota okolja, sončno obsevanje, biomasa, geotermalna energija in energija vetra, ali predviden priključek na naprave za pridobivanje toplote ali hlada iz obnovljivih virov energije zunaj objekta.

Teh 25% od vse potrebne energije zagotovimo z vgradnjo sprejemnikov sončne energije (SSE), lahko se odločimo za vgradnjo fotovoltaike oziroma sončnih celic, mogoče je tudi izkoriščanje energije zemlje in podtalnice s toplotnimi črpalkami in podobno. Izbira je seveda odvisna od posamezne zasnove projekta in predvsem možnosti izkoriščanja obnovljivih virov na dani lokaciji, a najlaže bomo zahtevo izpolnili, če se odločimo za vgradnjo SSE, za kar zadostuje minimalno šest kvadratnih metrov kolektorjev za posamezno stanovanje.



Graf 2: Povprečna poraba energije v gospodinjstvih

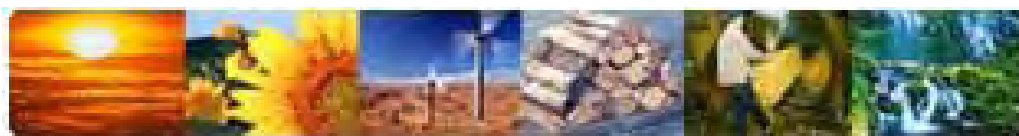
Poleg dobre toplotne izolativnosti objekta in izkoriščanja obnovljivih virov pa je v posameznem gospodinjstvu pomemben dejavnik tudi varčevanje z energijo in njena učinkovitejša raba, saj se v njih porabi precejšen delež energije (graf 2). Ti dejavniki so:

- odpravo rabe neučinkovitih žarnic za kar je 8. decembra 2008 glasoval tudi evropski svet;
- zmanjšanje izgub zaradi tako imenovanih stand-by funkcij naprav, saj raba električne energije v stanju pripravljenosti naprav (stand-by funkcija) predstavlja vedno večji delež rabe električne energije v EU. Trenutno raba elektrike naprav v stanju pripravljenosti predstavlja približno 10 % rabe elektrike v gospodinjstvih in poslovnih prostorih.

Z novim pravilnikom bomo prisiljeni graditi energijsko varčnejše objekte in se nehati izmikati tem zahtevam.

Najmanj navdušeni nad novimi zahtevami pravilnika so seveda investitorji. Zavedajo se sicer, da je treba varčevati z energijo, in da bodo morali graditi skladno s pravilnikom, a hkrati dodajajo, da bodo predpisane zahteve podražile gradnjo in s tem povišale končno ceno novogradenj, kar pa kupcem, ki novih zahtev ne poznajo verjetno ne bo ravno pogodu.

3.1.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE



Slika 2: Obnovljivi viri energije.

Ker novi pravilnik zahteva 25% rabo obnovljivih (alternativnih) virov energije je prav, da naslednje poglavje posvetim kratkemu opisu teh virov, ki predstavljajo prihodnost

proizvodnje energije. Ti viri so pomemben vir primarne energije v Sloveniji, zato mora biti povečanje njihovega izkoriščanja prioriteta nas in energetske politike naše države. Mislim, da je država z sprejetjem 8. člena storila velik korak v tej smeri in upam, da bodo ljudje obvezo izkoriščanja razumeli kot dobro naložbo za v prihodnje, ko bo izkoriščanje OVE predstavljalo glavni delež izkoriščanja kakršnih koli virov za proizvodnjo energije. Danes je ta delež še zelo majhen, zato se EU bori da bi bilo do leta 2020, 20% energije proizvedene iz OVE.

Večina energije, ki pa jo uporabljamo danes, pa izvira iz fosilnih goriv, kot so premog, nafta in naravni plini in so nastala pred milijoni let iz izumrlih rastlin in živali. Nahajajo se globoko v Zemljini notranjosti. Fosilna goriva nastajajo tudi danes zaradi podzemne vročine in pritiska. Zaradi hitrejšega trošenja, kot je obnavljanje, jih štejemo pod neobnovljive vire, ki jih bomo čez čas iztrošili. To pa ni edina negativna lastnost fosilnih goriv. Kurjenje teh virov namreč povzroča onesnaženost in emisije CO₂ in ima druge negativne okoljske, ekonomske in socialne učinke. Ko pri proizvodnji energije razmišljamo o ublažitvi teh učinkov govorimo o drugih virih, katerih posebnost je njihova stalnost. Pravimo jim obnovljivi oz. alternativni viri energije, saj se v naravi obnavljajo, njihovo trajanje pa je za časovna merila človeštva praktično neomejeno. Čeprav med njimi prevladuje energija Sonca, pa to ni edini naravni vir. Obnovljive vire tako glede na izvor delimo na:

- **sončno sevanje**, ki ga oddaja Sonce in ga lahko spremenimo v toploto ali elektriko, v naravi pa povzroča nastanek vetra, valov, vodne energije in biomase;
- **težnostno silo** Lune in Sonca, ki skupaj s kinetično energijo Zemlje povzroča periodično nastajanje plime in oseke;
- **toploto**, ki iz notranjosti Zemlje, zaradi lave in radioaktivnih razpadov snovi v jedru, prehaja proti površju in jo imenujemo geotermalna energija.

Obnovljive vire z ustreznimi napravami pretvorimo v druge oblike energije, ki jih potrebujemo v vsakdanjem življenju - toploto, svetlobo, električno energijo, mehansko delo in podobno.

Sončno sevanje lahko spremenimo v toploto za ogrevanje stavb s pasivnimi solarnimi sistemi, to je z elementi, ki so integrirani v konstrukcijski ovoj objekta. Najbolj poznani elementi so okna, sončni zidovi in steklenjaki. Razviti so tudi aktivni solarnimi sistemi. To so naprave imenovane toplotna črpalke, ki s sprejemniki sončne energije absorbirajo sončno obsevanje in ga v obliki toplote oddajo krožeči tekočini. Običajno se razpoložljiva energija

sončnega obsevanja časovno ne pokriva s potrošnjo, zato se pridobljena toplota shranjuje v hranilnike toplote.

Biomasa je trenutno najbolj izkoriščani obnovljivi vir. Sodobna uporaba biomase vključuje poleg sežiga v prilagojenih napravah tudi uplinjanje in izdelavo tekočih goriv na primer etanola, metanola in biodiesla. Biomasa je sicer obnovljiv vir, vendar je poraba v mnogih nerazvitih deželah, kjer je les osnovni vir energije tako velika, da je že trajno prizadeta narava in so tako tudi že ogrožena življenja ljudi.

Proizvodnja procesne toplote in elektrike iz sončnega sevanja je mogoča le z visoko koncentracijo sončnega sevanja. Za to uporabljamo velika in optično kvalitetna, a draga zrcala. Teoretično lahko dosežemo temperaturo, ki je enaka temperaturi površine Sonca (~5780K). Električno energijo lahko brez toplotne pretvorbe sončnega obsevanja proizvajamo s sončnimi celicami. To so polprevodniške naprave, najpogosteje narejene iz silicija. Uvrščamo jih med najprimernejše tehnologije za oskrbo manjših naprav v oddaljenih in neelektrificiranih krajih. Zaradi povečevanja učinkovitosti in zniževanja cene pa sončne celice vse bolj uporabljamo tudi v urbaniziranih naseljih in stavbah tako, da oddajajo električno energijo v javno omrežje.

Električno energijo lahko proizvajamo še z dvema obnovljivima viroma, ki sta posledica sončnega obsevanja. V tem primeru gre za:

- naprave, ki pretvarjajo kinetično energijo vetra in jih imenujemo vetrnice in
- vodne elektrarne, ki izkoriščajo kroženje vode v naravi.

Čeprav vse vodne elektrarne izkoriščajo ta obnovljiv vir, pa velja dogovor, da pri oceni rabe obnovljivih virov upoštevamo le elektrarne manjših moči (do ~ 100kW). Imenujemo jih male vodne elektrarne.

Tudi oceani so veliki hranilniki energije v obliki toplote, potencialne in kinetične energije valov in bibavice. Potencialno in kinetično energijo valov pretvorimo v električno energijo z različnimi pnevmatskimi in mehanskimi napravami, energijo bibavice pa z pretočnimi vodnimi elektrarnami z zbiralnim jezerom, ki se napolni ob plimi. Toplota je v oceanih shranjena na dveh temperaturnih nivojih - v od Sonca segretem površinskem sloju (globokem do 100m) in v hladnem v večjih globinah; ta naravni pojav lahko izkoristimo v oceanskih toplotnih elektrarnah.

Toploto, ki nastaja in je shranjena v notranjosti Zemlje imenujemo geotermalna energija. Izkoriščamo jo lahko neposredno z zajemom pare ali vroče vode, ki iz naravnih vrelcev ali

izdelanih vrtin prihaja na površje ali tako, da hladimo segrete kamenine globoko pod površjem. Geotermalno energijo lahko uporabljamo v prilagojenih geotermalnih toplotnih elektrarnah ali z njo ogrevamo naselja, rastlinjake, zdravilišča...

Pogosto med tehnologije, ki uporabljajo obnovljive vire energije uvrščajo tudi energetska izrabo industrijskih in komunalnih odpadkov ter tehnologije za uporabo vodika, saj z njimi nadomeščamo fosilna goriva.

Pri obnovljivih virih pa ne smemo pozabiti na vire, o katerih lahko danes veliko slišimo, saj predstavljajo prihodnost ogrevalnih sistemov. To so podtalnica, zrak in zemlja. Tem virom s pomočjo toplotne črpalke odvezemamo toploto. Ta se v črpalci močno poveča in prenese na ogrevalni medij.

4 TERMOGRAFIJA – TERMOVIZIJA

Ko sem prebiral literaturo in različne vire, sem v njih zasledil oba izraza. Tako termografijo, kot tudi termovizijo. Večina ljudi med njima ne vidi bistvene razlike, nekateri pa ločevanju izrazov polagajo posebno pozornost. Razlika med njima je v tem, da je izraz termovizija primeren za vojaške in policijske naprave namenjene opazovanju, izraz termografija pa za ostale rabe. Takšen primer je raba v gradbeništvu, saj izraz ne pomeni samo opazovanje objekta, ampak zajema tudi obdelavo in analiziranje termografskih slik, ki jim pravimo termogram.

V današnjem času je termografija prisotna na številnih področjih. Uporaba izvira iz šestdesetih let prejšnjega stoletja, njen razvoj pa je bil v začetku omejen večinoma za vojaško in policijsko rabo. Razlog uporabe vojaške termovizije je preprost: termokamera "vidi" zelo dobro tudi v pogojih za človeško oko zmanjšane vidljivosti, kot so noč, dim, prah in ne pregosta megla (slika 3). Današnje armade, predvsem bogatih zahodnih držav, so dobro opremljene z mnogimi tipi termokamer. Iz istih razlogov jih vse bolj uporabljajo tudi policisti.



Slika 3: Nočni vojaški posnetek tanka s termokamero

Kasneje se je termografija pojavila tudi na drugih področjih, kjer jo danes s pridom uporabljajo. Glavni namen uporabe je na območjih, kjer se med nekim procesom prenaša (generira) toplota, saj se s tem spreminja temperatura in njena porazdelitev. Ravno zaradi tega se je pojavila v težki industriji, avtomobilski industriji, gradbeništvu, naftni industriji, energetiki, elektroniki, kemiji in pa tudi v medicini.

Termokamere, imenovane tudi toplotne ali infrardeče (IR) kamere, z merjenca prihajajoče infrardeče sevanje spremenijo v vidno sliko. To sevanje ima približno dvajsetkrat daljšo valovno dolžino kot vidna svetloba, zato ga z očesom ne vidimo, pač pa ga zaznavamo kot toploto.

Jakost IR-sevanja je sorazmerna s četrto potenco absolutne temperature. Termokamera tako, preko merjenja sevanja, nekontaktno meri temperaturo sevalca, kar je tudi osnova za široko uporabnost termokamer kot učinkovitega mernega, testnega in diagnostičnega orodja na praktično vseh področjih človekovega delovanja.

Prva termo-kamera za civilno uporabo je bila razvita leta 1965. Nosila je ime Thermovision 651, proizvajalec pa je bilo podjetje AGEMA. Kasneje so se pojavile kamere z omejenim področjem valovanja (kratko in dolgovalovnih). Kamere, ki jih na tržišču najdemo danes, pa so bile razvite v devetdesetih letih in so razvojno povezane z razvojem ostalih, računalniških in drugih tehnologij.

Sama uporaba ima številne prednosti pred ostalimi metodami opazovanja, saj je to metoda oziroma tehnika prikaza in ne kontaktnega merjenja porazdelitve temperature na opazovanem objektu, napravi... To lahko opravimo z uporabo različnih pripomočkov in naprav. Najcenejše, a najbolj pomanjkljivo, je počasno merjenje temperature v izbranih točkah s cenanim kontaktnim ali brezkontaktnim točkovnim termometrom ter grafičnim prikazom rezultatov.

Nekaj primerov uporabe termografije/termovizije:

- Iskanje toplotnih mostov in vlažnih mest, ugotavljanje kakovosti izolacijskih materialov ...
- Proizvodnja in distribucija električne energije; pregledi in nadzorovanje generatorjev, napetostnih regulatorjev, relejev, transformatorjev, stikališč, toplotnih izmenjevalcev, hladilnih stolpov, visoko in nizkonapetostnih linij, kablov ...
- Proizvodnja in končna kontrola kakovosti vseh vrst gospodinjskih aparatov (hladilniki, štedilniki, televizorji ...).
- Proizvodnja v železarnah, v plavžih, vroče valjanje ...
- Proizvodnja gumarskih izdelkov, cementa, stekla ...
- Vzdrževanje energetske opreme.
- Nadzorovanje ležajev (pregrevanje, razširjanje toplote, mazanje ...).
- Neporušno testiranje raznih mehanizmov in izdelkov kot so osi, ulitki, odkovki, zvari.
- Merjenje in analiza mehanskih napetosti, ki so posledica dinamičnih obremenitev (vibracije).
- Pregledovanje in nadzorovanje terena v pogojih zmanjšane vidljivosti (noč, prah, dim, meglice).
- Odkrivanje začetnih požarov v rudnikih.
- Zgodnje odkrivanje motenj in bolezni vegetacije.
- Odkrivanje in merjenje stopnje določenega tipa onesnaženja okolice.
- Daljinsko merjenje temperature.
- Odkrivanje plitvo zakopanih in zazidanih objektov ter napeljav.
- Iskanje preživelih v elementarnih nesrečah in v dimu gorečih stavb.

4.1 TERMOGRAFIJA IN GRADBENIŠTVO

V zadnjih dveh desetletjih se je standard človekovega življenja močno povečal in se še vedno povečuje. Vedno višji stroški ogrevanja, želje po udobnem in seveda zdravju prijaznem okolju ter večja osveščenost o ekološki rabi energentov, so močno spremenili ter začrtali nove zahteve in merila v gradbeništvu. Večina starejših stavb ne ustreza tem zahtevam, napake pa se pojavljajo tudi v novogradnjah. Večina starih gradenj je bila zgrajenih neracionalno. Zgradbe so slabo izolirane, okna in vrata so slabo zatesnjena in imajo visoke prehodne koeficiente, ovoj zgradbe je neizolativen, slaba hidroizolacija strehe, da o gradbenem materialu sploh ne govorimo. Danes je tega manj, vendar se napake pri novogradnjah vseeno pojavljajo. Največ jih je pri izvedbi toplotne izolacije, hidroizolacije streh, teras in balkonov, sledijo jim napake in poškodbe sistemov za odvajanje meteorne vode ter napake na instalacijskih sistemih. Vse to so vzroki za povečano porabo energije, mnogo večje stroške ogrevanja in posledično tudi večjo vlažnost sten, pojava plesni in poslabšanja bivalnih pogojev. Marsikdo začne o tem razmišljati šele, ko ga zaradi previsokih stroškov ogrevanja boli glava. A vseeno nikoli ni prepozno.

V sami nalogi sem poskušal raziskati področje termografije in z uporabo termo-kamere na dveh objektih prikazati njeno uporabnost. Osredotočil se bom na to ali je posnetke mogoče povezati z napakami kot so:

- odkrivanje toplotnih mostov;
- odkrivanje napak pri gradnji;
- kontrolo toplotnih izgub;
- odkrivanje netesnih mest oken in vrat;
- odkrivanje vlage v stenah in drugih delih objekta;
- odkrivanje vzrokov in izvorov zamakanja;
- odkrivanje napak hidroizolacije streh;
- odkrivanje napak podometnih instalacij toplovodnih sistemov in talnega ogrevanja.

5 OPIS STANOVANJSKIH OBJEKTOV

5.1 SODOBEN, NOVO IZOLIRAN OBJEKT (objekt A)

5.1.1 Splošni podatki objekta

Objekt je enodružinska hiša sodobne gradnje, zgrajena v letu 2005. Etažnost enodružinske hiše predstavljajo kletni prostori, pritlični prostori in mansardni prostori.

Lastnosti stanovanjskega objekta so naslednje:

- dobra toplotna izoliranost zunanjih površin objekta (zunanji zidovi, streha, tla) v smislu zahtev in priporočil pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah;
- vsi gradbeni elementi (okna, vrata, zasteklitve...) imajo dobre prehodne koeficiente;
- pri vrsti in debelini izolacije so upoštevani optimalni parametri;
- upoštevana je lega objekta in pravilna prostorska razporeditev;
- izbran in izveden je nizko-temperaturni način ogrevanja (talno gretje v celoti);
- izdelan je natančen izračun toplotnih izgub objekta.

Prostornina in površna površina hiše:

- celotna zunanja površina objekta $A(m^2)$: 656,5m²
- ogrevana prostornina objekta $V_e(m^3)$: 912,5m³
- neto ogrevana prostornina: 780m³
- neto uporabna površina objekta $A_u (m^2)$: 365 m²

Klimatski podatki:

- projektna temperatura: 13°C
- trajanje ogrevalne sezone: 265dni
- temperaturni primanjkljaj DD (Kdni):3300Kdni
- notranja temperatura: 20°C
- zunanja temperatura: -5°C
- notranja relativna vlažnost: 65%
- zunanja relativna vlažnost: 90%
- faktor prekinitve ogrevanja 1.00

5.1.2 Izkaz toplotnih karakteristik objekta

- Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub objekta H_t' (W/m^2K):
 $H_t' = 0,300 W/m^2K$
- Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_h(Wh)$:
 $Q_h = 25,546 kWh$
- Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub objekta H_t' ustreza specifični porabi toplote $36 W/m^2$. Objekt spada med novogradnje z zelo dobro izolacijo.

5.1.3 Ogrevalni sistem

Stanovanjski objekt ima izveden nizkotemperaturni način ogrevanja. Vse etaže imajo talno gretje. Razdelilne omarice za regulacijo zank talnega gretja so v vsaki etaži posebej, kotlovnica pa se nahaja v kletnem prostoru.

Objekt ima izveden alternativni vir sistema ogrevanja.

V kotlovnici je nameščena toplotna črpalka moči $14 kW$ in za doseganje visokih grelnih števil. Ta se gibljejo od $4 - 6$ in predstavljajo razmerje med koristno toplotno energijo in za to porabljeno električno pogonsko energijo. Sistem deluje monovalentno, kar pomeni, da toplotna črpalka deluje samostojno oziroma pokriva celotne toplotne izgube zgradbe skozi celotno ogrevavno sezono.

5.2 KLASIČNI OBJEKT (objekt B)

Objekt je enodružinska hiša klasične gradnje, zgrajena okoli leta 1980. Etažnost objekta predstavljajo kletni prostori, pritlični prostori in mansardni prostori.

Lastnosti stanovanjskega objekta:

- Zunanji zidovi niso izolirani, streha in tla so slabše izolirana
- Gradbeni elementi (okna, vrata, zasteklitve...) imajo slabše prehodne koeficiente.
- Izveden je visoko temperaturni način ogrevanja (radiatorji v vsakem prostoru)

Prostornina in površna površina hiše:

- celotna zunanja površina objekta $A(m^2)$: 420m²
- ogrevana prostornina objekta $V_e(m^3)$: 790,5m³
- neto ogrevana prostornina: 650m³
- neto uporabna površina objekta $A_u(m^2)$: 310 m²

5.2.1 Izkaz toplotnih karakteristik primerjalnega objekta

- Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub objekta H_t' (W/m²K):
 $H_t' = 1,3W/m^2K$
- Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_h (Wh)
 $Q_h=55,8KWh$
- Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub objekta H_t' ustreza specifični porabi toplote 97W/m²

5.2.2 Ogrevalni sistem

Objekt ima izveden visoko-temperaturni način ogrevanja. V vseh etažah so nameščeni radiatorji, kotlovnica pa se nahaja v kletnem prostoru.

Objekt ima izveden daljinski način ogrevanja, ki ga s soproizvodnjo omogoča Termoelektrarna Šoštanj.

6 PREGLED OBJEKTOV S TERMOKAMERO

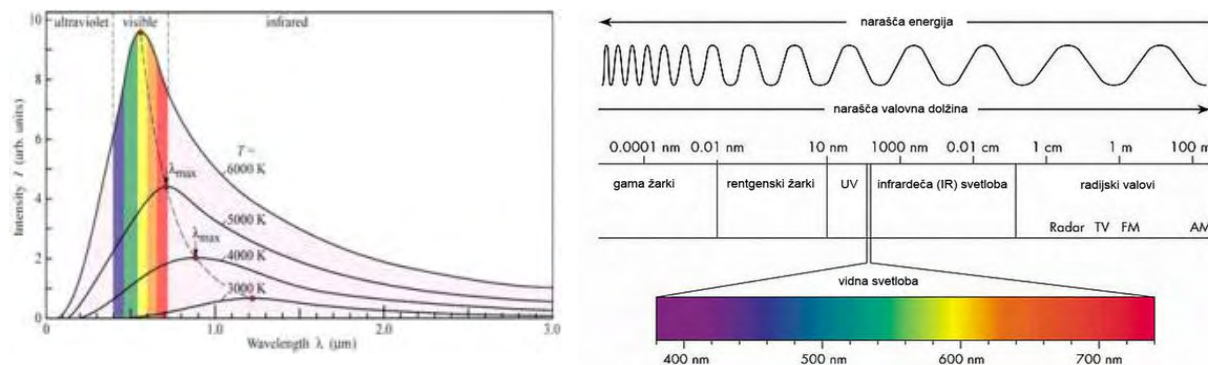
6.1 FIZIKALNE OSNOVE TERMOGRAFIJE

Slovenski fizik Jožef Štefan je leta 1879 odkril, da vsa telesa nad absolutno ničlo (0 K ~ -273°C) sevajo elektromagnetno (EM) valovanje. Energijski tok nekega telesa določimo s pomočjo njegovega zakona:

$$j = (1 - a)\sigma T^4,$$

kjer je σ Štefanova konstanta, T njegova absolutna temperatura in a odbojnost telesa, ki jo lahko poiščemo v fizikalnih priročnikih.

Če upoštevamo še Wienov zakon, ki pravi, da je produkt temperature telesa T ter valovne dolžine λ_{max} , pri kateri ima sevalni spekter maksimum konstanten, vidimo, da telesa z različno temperaturo sevajo v različnih delih elektromagnetnega spektra (slika 4).



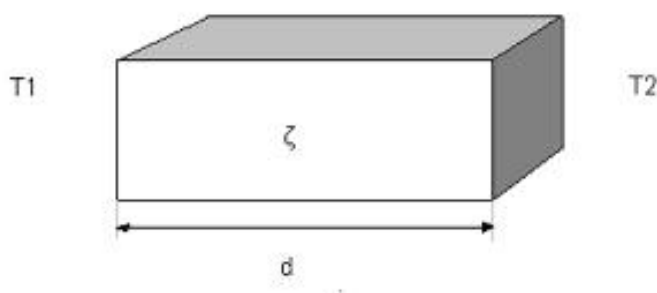
Slika 4: Sevanječnega telesa levo in spekter EM valovanja desno

Termokamera lahko posname energijski tok telesa, ter s pomočjo Štefanovega zakona določi njegovo temperaturo. Običajna telesa, ki niso na ekstremnih temperaturah, sevajo v glavnem v infrardečem spektru, nekje med 3000 in 14000 nm. Bistveni del kamere je zato polprevodniški detektor, ki je občutljiv na takšne valovne dolžine. Ta zajete podatke spremeni v električne signale, ki jih nato s pomočjo elektronike lahko pretvorimo v termično sliko.

Pri termografiji stanovanjskih objektov slikamo notranje ali zunanje dele objekta - okna, zidove, streho... S pomočjo termične slike lahko neposredno določimo površinsko temperaturo merjenca in gostoto toplotnega toka, ki prehaja skozenj. Ta je namreč odvisen od temperaturne razlike na obeh straneh merjenca in ga zapišemo kot:

$$j = \frac{\zeta \Delta T}{d},$$

kjer je ζ toplotna prevodnost merjenca in d njegova debelina (slika 5). Večji toplotni tok pomeni več energije ter višjo površinsko temperaturo merjenca, kar se na termični sliki odraža v bolj rdečih odtenkih, medtem ko nižje temperature prikazujemo v bolj modrem spektru.



Slika 5: Toplotni tok skozi snov z debelino d in toplotno prevodnostjo ζ

6.1.1 Uporabljena termokamera

Pri termografskem pregledu objektov je bila uporabljena termokamera Fluke Ti25 (slika 6). To je ročna kamera namenjena termografskim posnetkom na področju industrijskega vzdrževanja, odkrivanja napak termičnih naprav in verifikacije (v gradbeništvu). Kamera prikazuje termično in vidno sliko, ki sta lahko prikazani istočasno. Posnetke lahko shranimo na SD kartico in kasneje prenesemo na računalnik ter jih obdelamo v programu Smart View. Program omogoča pregled, popravljanje in dopolnitev posnetkov, kvalitativno in kvantitativno analizo ter izdelavo poročila.

Tehnične lastnosti:

- temperaturno območje -20 °C do 350 °C,
- točnost +/- 2°C ali 2 %,
- IR detektor 160 x 120,
- temperaturna občutljivost 0,1°C,
- zorno polje objektivna 23 ° horizontalno, 17 ° vertikalno,
- zvočni zapis komentarja ob vsakem posnetku (60 s),
- spomin za do 3000 posnetkov,
- 3 do 4 ure neprekinjenega delovanja.



Slika 6: Termokamera Fluke Ti25

6.2 DEFINICIJA TOPLOTNIH MOSTOV

Toplotni most je izjemno pomemben fizikalni pojav. Nastane na mestu, kjer je prekinjena toplotna izolacija, oz. spremenjena toplotna karakteristika ovoja objekta. Na teh delih v primerjavi z drugimi gradbenimi elementi prihaja do posebej visokih toplotnih izgub.

Praviloma gre za stik med gradbenimi elementi ali za vogalno situacijo, kjer prihaja do preboja oziroma oslabitve sicer neprekinjene toplotne izolacije ovoja objekta in s tem do

povišanja toplotnih izgub. Značilen toplotni most je betonska balkonska plošča ali pa okenska preklada iz armiranega betona.

Možni učinki toplotnih mostov so:

- izguba toplotne energije;
- pojavi se lahko kondenz (posledici sta stenska vlaga in plesen);
- zaradi različnih raztezanj materialov se pojavijo razpoke.

Delitev glede toplotnih mostovna vzrok nastanka:

- Konstruktivski - ko je ovoj objekta prekinjen oz. predrt z bolj toplotno prevodnim oz. manj toplotno zaščitenim materialom.
- Geometrijski - ko je zunanja površina, skozi katero iz ogrevanega prostora prehaja toplota, veliko večja kot notranja.
- Konveksijski - ko je zaradi prekinitev ali netesnosti možen pretok vlažnega zraka v konstrukcijo.

V praksi so najbolj pogosti toplotni mostovi, ki so nekakšna kombinacija prvih dveh, imenujemo pa jih kombinirani toplotni mostovi.

Pri pregledu posnetkov objekta A in objekta B se bom osredotočil na iskanje napak gradnje ali vgrajenih elementov in poskušal prikazati, kako lahko termografijo praktično uporabimo v ta namen.

6.3 PREGLED IN ANALIZA POSNETKOV

Termografska pregleda sta bila izvedena v mesecu februarju letošnjega leta (2009). In sicer:

- 16.2.2009 je bil izveden pregled na sodobnem, novo izoliranem objektu, objektu A
Pregled je bil opravljen dopoldne, zunanje razmere v okolici objekta pa so bile sledeče:

- relativna vlaga: 42.5%
- temperatura ozračja: 5,0°C
- hitrost vetra: 0,5m/s
- pretok vetra: 74,5m³/h.

Temperature v objektu:

- kletni prostori: 18,2°C
- pritličje: 20.7°C
- mansarda: 20.6°C
- zimski vrt: 9.5°C.

- 17.2.2009, je bil izveden pregled klasične, slabo izolirane gradnje (objekt B), ki stoji v okolici Velenja. Posnetki tega objekta bodo namenjeni primerjavi z detajli novogradnje.

Tudi ta pregled je bil opravljen dopoldne. Zunanje razmere pa so bile sledeče:

- relativna vlaga: 34%
- temperatura ozračja: 1.6°C
- hitrost vetra: 0,4m/s
- pretok vetra: 100m³/h.

Temperature v objektu:

- kletni prostori: 18,1°C
- pritličje: 19.7°C
- mansarda: 16,9°C

6.3.1 Pregled določenih posnetkov objekta objekta A

POSNETEK 1

Slika prikazuje severno steno objekta A (slika 7). Stena pritličja in mansarde je grajena iz 2cm izolativnega ometa na notranji strani, 38cm toplotno izolativne opeke tipa Porotherm ($K=0.52\text{W/m}^2\text{K}$) in 5cm izolativne fasade tipa Rofix. Toplotna prehodnost konstrukcije znaša $0.33\text{W/m}^2\text{K}$.

Stena kletnih prostorov, je iz 2cm izolativnega ometa na notranji strani, 29cm betonski votlak in 10cm izolativne fasade Rofix. Toplotna prehodnost konstrukcije znaša $0.38\text{W/m}^2\text{K}$.



Slika 7: Zgradba zunanjsega zidu objekta A



Slika 8: Severna stena objekta A



Slika 9: Zahodna stena objekta A



Slika 10: Vzhodna stena objekta A

Na termografskih posnetkih (slika 8, 9, 10) je povečana temperatura v spodnjem delu, kjer gre za nedokončano fasado brez zaključnega sloja fasadnega ometa. Povečane temperature se gibljejo nekje med 2.4°C in 2.9°C, glede na temperature zidu s končano fasado pa nekje med 0.8°C in 1.2°C.

Če podrobneje pogledamo sliko 10 ugotovimo, da so temperature zidu v celoti nekoliko višje. Razumljivo, saj zid leži na vzhodni strani objekta, ki ga zjutraj obsije sonce in se zato bolj segreje v primerjavi z ostalimi.

POSNETEK 2

Posneteka (slika 11,12) prikazujeta vgrajena okna na zahodnji in južni steni objekta. Okna so kvalitetne izvedbe s trislojno zasteklitvijo proizvajalca Finstral. Faktor izolativnosti stekla znaša $0.9\text{W/m}^2\text{K}$.



Slika 11: Okno - zahodna stena objekta A



Slika 12: Okno na južni steno objekta A

Na posnetkih (slika 11, 12) je vidna povečana temperatura na okvirjih stekel, kar je razumljivo, saj so okvirji šibkejša plat oken. Sama izolativnost celotnega okna je vedno nekoliko nižja, kot je izolativnost same zasteklitve pri več komornih okvirjih iz PTE (plastični materiali) in ojačitvami s kovinskimi profili.

Opazimo lahko tudi navidezno povečano temperaturo določenih steklenih delov (slika 11). Najbolj izrazita je v spodnjem delu drugega okna. Vzrok za to je odboj vidnega in infrardečega dela svetlobe sosednje stavbe od stekla zaradi tako imenovane refleksije. Na takšne detajle posnekov je pri obdelavi potrebno biti še posebej pozoren.

POSNETEK 3

Posnetek (slika 13) prikazuje južno steno objekta, in sicer detajl garažna vrata. Vrata so kvalitetne izvedbe s faktorjem izolativnosti $K=1.0\text{W/m}^2\text{K}$ tipa Hörmann. Vrata so pomična in so sestavljena iz lamel.

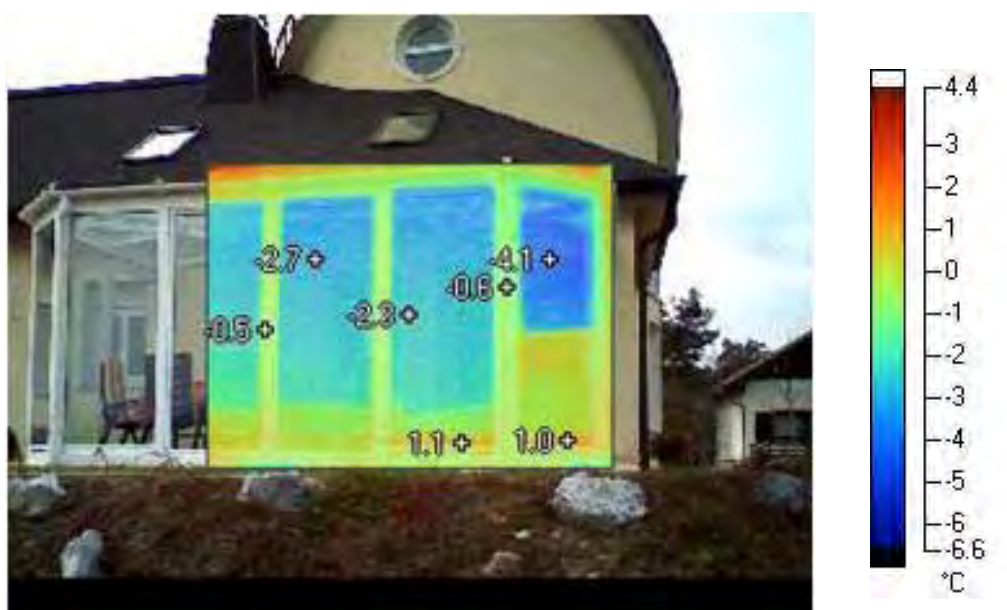


Slika 13: Južna stena-garažna vrat

Na termografskem posnetku je razvidna povečana temperatura na stikih med lamelami. Ta mesta so šibka točka konstrukcije in so takšna zaradi same lamelne izvedbe z gibljivimi lamelami, ki omogočajo odpiranje vrat pod strop garaže.

POSNETEK 4

Posnetek (slika 14) prikazuje severno stran objekta - zimski vrt. Vrt je spojene izvedbe oblečene s plastičnimi profili in polnili iz kvalitetnih zasteklitev. Izolativnost zasteklitve znaša $K=1.1\text{W/m}^2\text{K}$.



Slika 14: Zimski vrt

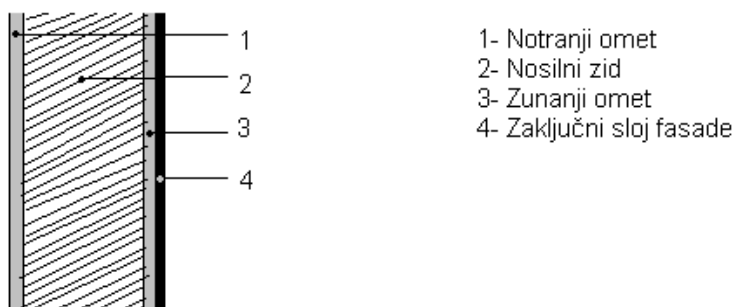
Na termografskem posnetku je vidna povečana temperatura v spodnjem delu zimskega vrta, kjer so vgrajeni zračniki. Izvedba zračnikov je konstrukcijsko takšna, da pri zaprti izvedbi le teh ni mogoče dosežati enake izolativnosti, kot pri ostalih elementih zimskega vrta.

Tudi na tem posnetku je moč opaziti vpliv sosednjega objekta in sicer na vogalnem oknu na desni strani.

6.3.2 Pregled določenih posnetkov objekta B

POSNETEK 1

Posnetek prikazuje vzhodno steno objekta B (slika 15). Stena je grajena iz 2cm ometa na notranji strani, 29cm slabše izolativne opeke in 3cm neizolativnega ometa z zaključnim mineralnim slojem fasade. Stena kletnih prostorov nima zaključnega ometa temveč je obložena s kamnom.



Slika 15: Zgradba zunanega zidu objekta B

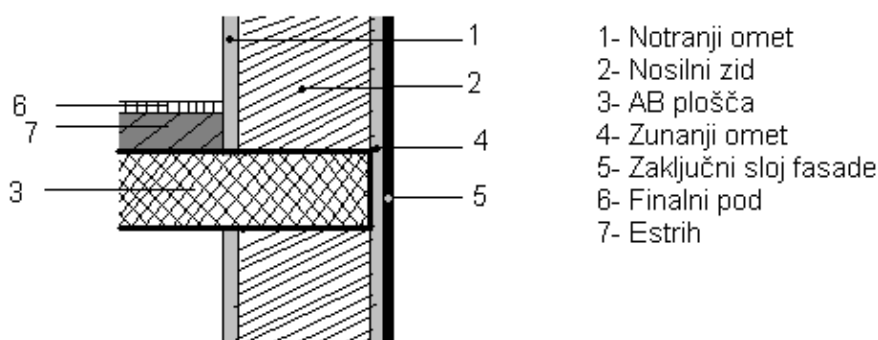


Slika 16: Vzhodna stena objekta B

Na termografskem posnetku je razvidna povečana temperatura na stikih med opekami, saj objekt nima izolativne fasade. Temperatura zidu se giblje med -11.4°C in -9.2°C . Povečana temperatura je vidna na stiku med balkonom in steno, kar je povsem normalno. Takšne toplotne mostove je težje preprečiti, saj toplota prehaja po AB plošči navzven, ker v konstrukciji ni izolacije, ki bi ji to preprečila.

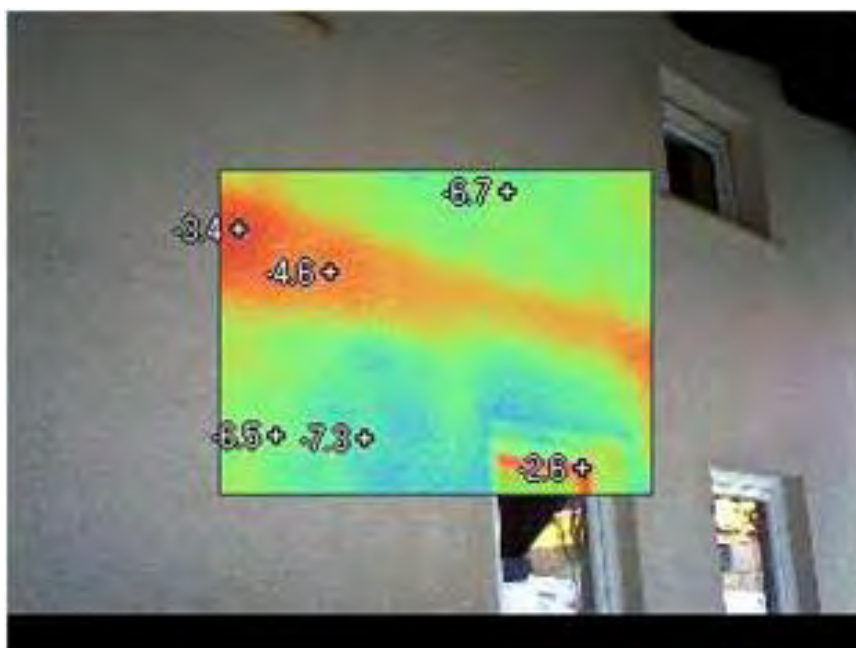
POSNETEK 2

Posnetki (slika 18, 19 in 20) prikazujejo detajl armirane betonske plošče na različnih delih in stenah objekta B. Plošča je armirana betonska. Na zunanji steni je prekrita samo z neizolativnim ometom in zaključnim mineralnim slojem fasade (slika 17).



- 1- Notranji omet
- 2- Nosilni zid
- 3- AB plošča
- 4- Zunanji omet
- 5- Zaključni sloj fasade
- 6- Finalni pod
- 7- Estrih

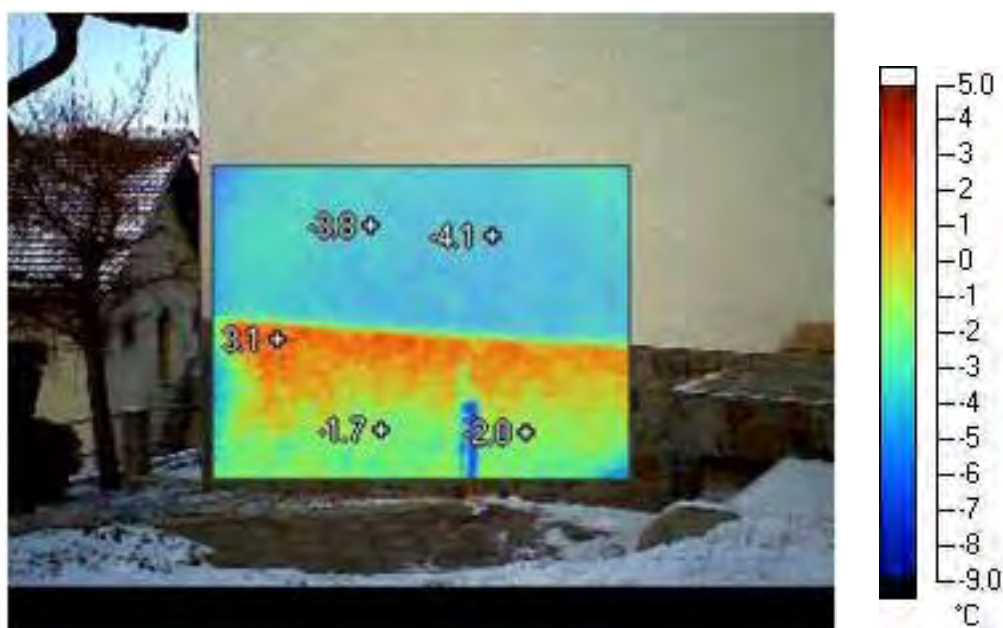
Slika 17: Spoj zidu in AB plošče



Slika 18: Južna stena objekta B



Slika 19: Severna stena objekta B



Slika 20: Zahodna stena objekta B

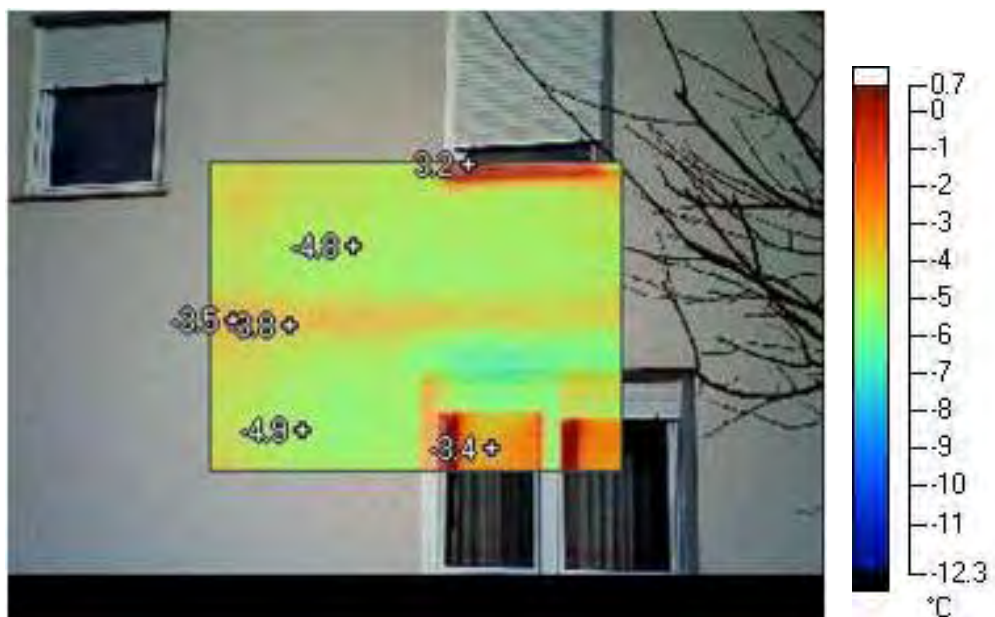
Na termografshkih posnetkih je razvidna povečana temperatura na delih stene, kjer se za ometom nahaja AB plošča. Takšno povečanje temperature je glede na samo konstrukcijo razumljivo, saj je plošča znotraj objekta ni izolirana in je v celoti segreta, na zunanjem delu pa je prekrita samo z neizolativnim ometom in zaključnim slojem fasade.

POSNETEK 3

Posnetek (slika 21) prikazuje severno steno objekta z vgrajenimi okni. Okna na zgornjem delu objekta so bila že zamenjana ter so sodobne in kvalitetne izvedbe z dvoslojno zasteklitvijo proizvajalca Mik. Faktor izolativnosti stekla znaša $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okna kletnih prostorov še niso bila zamenjana. So lesene izvedbe, faktor izolativnosti stekel pa znaša $3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Slika 21: Severna stena objekta B - okn



Slika 22: Zahodna stena objekta B- okna

Na termografskih posnetkih je vidna povečana temperatura na okvirjih stekel, kar je razumljivo, saj so okvirji šibkejša plat oken. Povečana temperatura je opazna tudi pod okensko polico, ker je stik med njo in zidom slabo izveden.

Na sliki 22 lahko pri spodnjih oknih opazimo močno povečano temperaturo stekla in robov okvirja, saj sta bili okni v času termografskega pregleda odprti.

Zanimiv je tudi detajl (slika 21) segrelih fug na spodnjem s kamnom obloženem ovoju saj je kamen večji izolator kot cementna masa v fugah.

7 ZAKLJUČEK

Obnovljivi viri in učinkovita raba energije sta dandanes področji, ki kreirata sodobno gradnjo objektov, kakor tudi sanacijo starejših. Zaradi omejene rabe določenih energentov, čim manjšega onesnaževanja, vedno večjih zahtev v zvezi z bivalnim ugodjem ter zagotovitvi možnosti uravnave toplotnih tokov med zunanjim in notranjim okoljem se tudi v gradbeništvu odvijajo korenite spremembe. V nalogi je opisana učinkovita raba energije in obnovljivi viri s poudarkom na zahtevah novega pravilnika o učinkoviti rabi energije, sprejetega konec leta 2008.

Za raziskovanje sem izbral področje termovizije ali termografije, ki sem ga poskušal tudi ustrezno opisati v nadaljevanju pa prikazati ali je mogoče termografijo, kot metodo potrditi za enostavno določevanje napak oz. slabosti gradnje in seveda tudi za določevanje dobre izvedbe objekta.

V nalogi sem izbral dva objekta in sicer enega sodobnega, kot nadpovprečnega in drugega iz nivoja gradenj pred tridesetimi leti.

Samo snemanje objekta s kamero je enostavno, pa tudi obdelava samih podatkov s pripadajočim programskim orodjem ni zahtevna. Da sem lahko razumel, kaj sploh počnem, sem moral oba objekta dodobra preučiti in poiskati vse potrebne podatke v zvezi z izvedbo same gradnje in uporabljenih materialov. Poleg uporabe termokamere, sem moral poglobljeno preučiti področje termografije, da sem lahko razumel, kaj posnetki sploh prikazujejo.

Posnetki objekta A potrjujejo da gre za sodoben in energetsko učinkovit objekt. Prav tako posnetki objekta B prikazujejo slabo energetsko učinkovit objekt, čeprav je bil že delno saniran.

Kritična mesta so še posebej nakazana in so tudi skozi interpretacijo rezultatov meritve izpostavljena in tako potrjujejo veljavnost zastavljene hipoteze;

Termografija je primerna metoda za enostavno določevanje napak objekta ali potrjevanje dobre izvedbe objekta.

Poudariti pa moramo tudi naslednje:

- pred uporabo metode moramo vedeti kaj merimo in kakšna bi morala biti izvedba;
- poznati moramo delovanje topografije z vsemi prednostmi in slabostmi;
- meritve oz. posnetke moramo izvesti tako, da je čim manj motečih faktorjev, ki lahko vplivajo na kvaliteto posnetkov;
- za interpretacijo si moramo vzeti čas in skozi poznavanje in razumevanje gradbene stroke in delovanje termografije, pravilno interpretiramo rezultate.

8 ZAHVALA

Na koncu bi se rad posebej zahvalil svojima mentorjema, brez katerih bi naloga težje nastala.

Zahvaljujem pa se še:

- koordinatorici raziskovalne dejavnosti na šoli prof. Nataši Marčič;
- Cvetu Fendretu za omogočeno termografsko snemanje.

9 VIRI IN UPORABLJENA LITERATURA

- Pisni viri:
 1. *Gradbeniški priročnik*. 3. Izd. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2004.
 2. Sajko, M. *Uporaba termografije v električnih napravah*. Diplomski naloga. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2008.
 3. Klemenčič, V. *Predlog tehnologije za izključitev toplotnih mostov na objektu ulica Veljka Vlahoviča 23-29 v Mariboru*. Diplomski naloga. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, 2008.
 4. Vegrad Projektivni biro d.o.o.. 2003. PROJEKT ENODRUŽINSKE HIŠE, 005/03
 5. Navodila za uporabo termo-kamere Fluke25Ti.
- Internetni viri:
 1. Energetsko svetovanje za občane: ENSVET.
[file:///G:/R.N/Raziskovalna%20naloga%202009/spletne%20strani%20-%20\(viri\)/Energetsko%20svetovanje%20za%20ob%E8ane%20-%20ENSVET.htm](file:///G:/R.N/Raziskovalna%20naloga%202009/spletne%20strani%20-%20(viri)/Energetsko%20svetovanje%20za%20ob%E8ane%20-%20ENSVET.htm)
(uporabljeno: 17.2.2009).
 2. Pravilnik o učinkoviti rabi energije.
<http://www.uradnolist.si/1/content?id=88520&part=&highlight=pravilnik+o+u%C4%8Dinkoviti+rabi+energije> (uporabljeno 26.2.2009).
 3. Obnovljivi viri energije.
<http://www.focus.si/ove/index.php?11=vrste> (uporabljeno 25. 2. – 2. 3. 2009).
 4. Podjetje Termotehnika.
<http://www.termotehnika.com/> (uporabljeno 16. 3. 2008).
 5. Terming termografija.
<http://www.terming.si/> (uporabljeno 28.2 – 14.3.2008).
 6. Energijska agencija za Podravje.
[file:///G:/R.N/Raziskovalna%20naloga%202009/spletne%20strani%20-%20\(viri\)/Raba%20energije%20v%20stavbah%20_%20Energap.htm](file:///G:/R.N/Raziskovalna%20naloga%202009/spletne%20strani%20-%20(viri)/Raba%20energije%20v%20stavbah%20_%20Energap.htm) (uporabljeno 22.2.2008).
 7. ZRMK http://www.zag.si/dl/lablist/termografija_internet.pdf (uporabljeno 7.3.2009).
 8. Slovenski proizvodni program. http://www.pro-portal.com/flir_termografija.htm (uporabljeno v marcu 2009).
 9. Micom electronics.
http://www.micom.si/index.php?option=com_content&task=view&id=482&Itemid=233 (uporabljeno 10.3.2009).
 10. Termovizija.
<http://www.educa.fmf.unilj.si/izodel/sola/1999/di/jutraz/stran2/index.html> (uporabljeno 4.3.2009).
 11. Fluke electronics. <http://www.fluke.com/> (uporabljeno 10.3.2009)
 12. Art test. http://www.art-test.com/art-diagnostics/termographic_technique.htm (uporabljeno 11.3.2009).
 13. Thermovision Nexus. NexusBrochure.pdf.
 14. Infrared spectroscopy. <http://physics.schooltool.nl/irspectroscopy/method.php> (uporabljeno 15.3.2009).