

Termo kamera

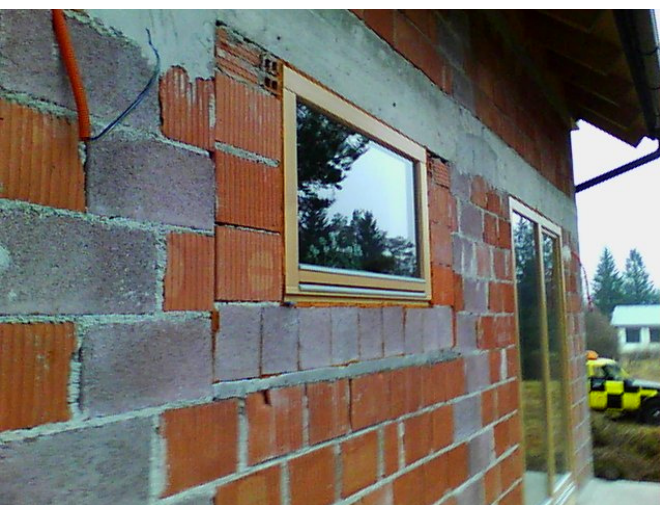
NEP Slovenija, februar 2015

Termografija je metoda infrardečega (IR) snemanja, s katerim izvajamo brezkontaktno meritve temperature in prikaza porazdelitve toplote po površini elementa, naprave ali objekta. Termovizija omogoča odkrivanje očem skritih napak in toplotnih izgub objekta. Predpogoj za merjenje je razlika v temperaturi, zato se stavbe praviloma meri v ogrevalni sezoni od zunaj in znotraj. Termografija je uporabna tudi pri kontroli kvalitete izvajalcev ali nepremičninskem trgu, v vsakem primeru pa pred izdelavo sanacijskega načrta.

Termografske kamere zaznajo IR površinsko sevanje, ki ga oddajajo vsi objekti, ni pa to rentgenska naprava. V kurilni sezoni se v objektih ustvarja konstantna temperatura in s tem tudi - skozi netesna mesta - konstanten prehod toplega zraka ven. To so toplotne izgube, ki se na zunanji strani objekta vidijo kot rumeno ali rdeče (toplo), na notranji strani objekta pa kot modro (hladno). Slika je sestavljena iz barvne palete, katera pokaže temperaturno sliko slikanega objekta. Ker so pregrevanje ali velike razlike v temperaturi pogosto znak, da je z opremo ali zgradbo nekaj narobe, je infrardeča slika postala nepogrešljiv pripomoček pri preventivnem vzdrževanju, iskanju napak oziroma inšpekcijskih pregledih na mnogih področjih.

Kje je uporabna?

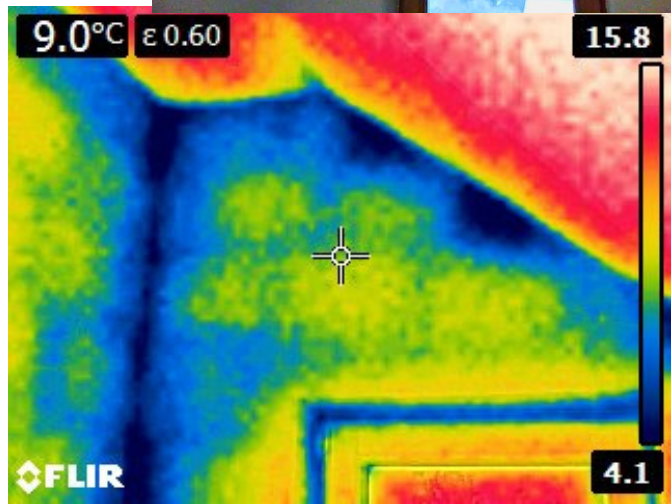
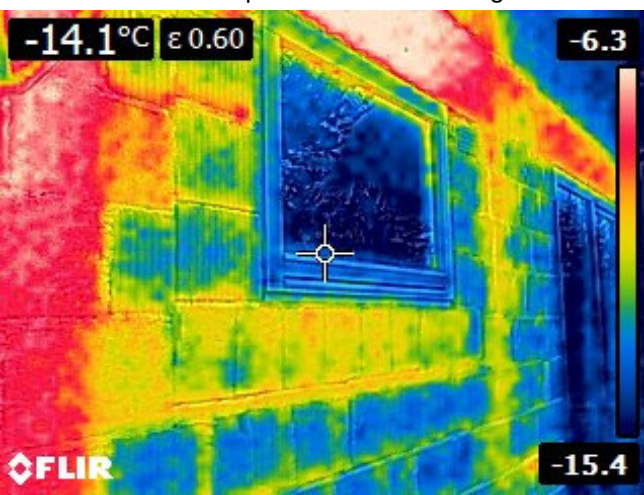
Termografija je uporabna dobesedno povsod kjer imamo opravka s temperaturo, a v tem prispevku se bomo omejili le na stavbe ter ogrevalne in ostale instalacijske sisteme v njej. Koristi IR merjenja je kar nekaj. Realni rezultati so dostopni takoj, merimo na daljavo brez fizičnega kontakta, toplotni vzorci se dajo dobro analizirati.



V **gradbeništvu** jo uporabljamo za ugotavljanje dejanskega stanja objekta. Največkrat to pomeni odkrivanje napak na ovoju stavbe, ki jih odkrivamo z zunanje ali notranje strani:

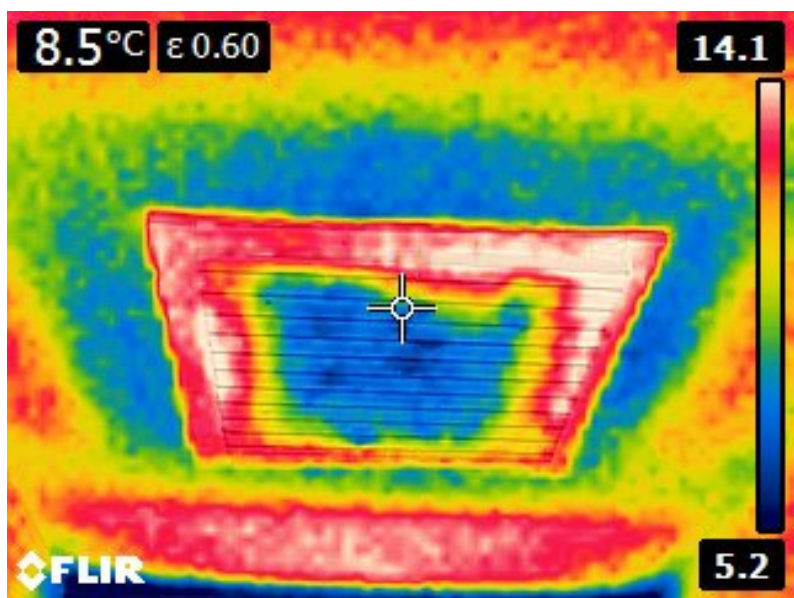
- netesnost ovoja zgradbe,
- slabo vgrajeno stavbno pohištvo (okna in zunanja vrata),
- poškodovana, vlažna ali manjkajoča izolacija,
- pomanjkljiva izvedba notranjih stenskih oblog z izolacijo,
- vlaga v objektu, pojav plesni,
- neizoliran strop,
- toplotne mostove.

Ob naslovu lahko vidimo toplotne izgube dveh sosednjih stavb. Pri spodnjih štirih pa nam termo kamera jasno pokaže stanje zunanje stene brez toplotne izolacije. Na levem paru fotografij vidimo zunaj razliko med modularno opeko in betonskim vogalnikom, na desnem paru pa z notranje strani toplotni most betonskega venca in fuge med opeko.



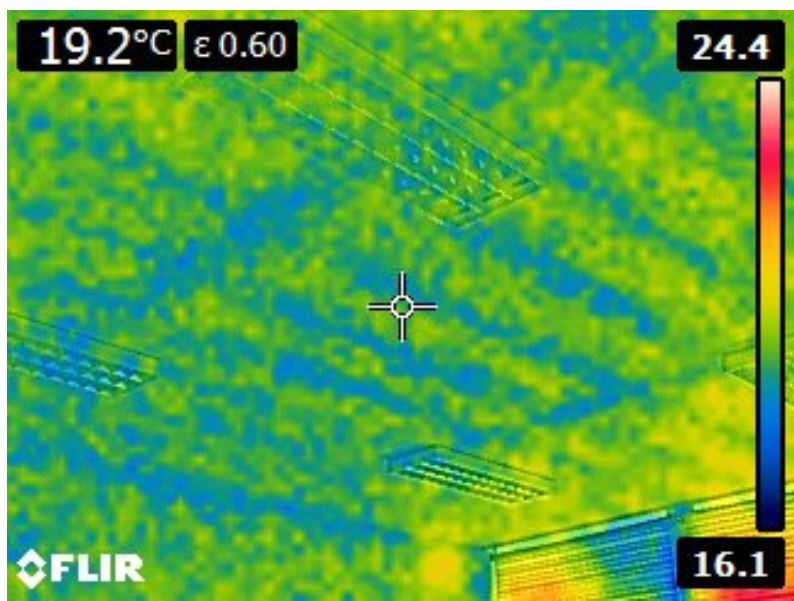


Relativno dobro izvedena zunanja obokenska obdelava ima še vedno nekaj slabosti. PVC okno $U = 1.1 \text{ Wm}^2\text{K}$ je bilo s purpenom montirano na zunanjo linijo zidu iz 19 cm modularne opeke. Špaleta je nastala iz 15 cm toplotne izolacije EPS. Na njej leži tudi kamnita polička. Ta je šibek člen, saj prevaja hlad v notranjost (deluje kot mini balkonček) in toploto ven (rdeče in belo na termogramu). Šibek člen je tudi alu distančnik med stekli.

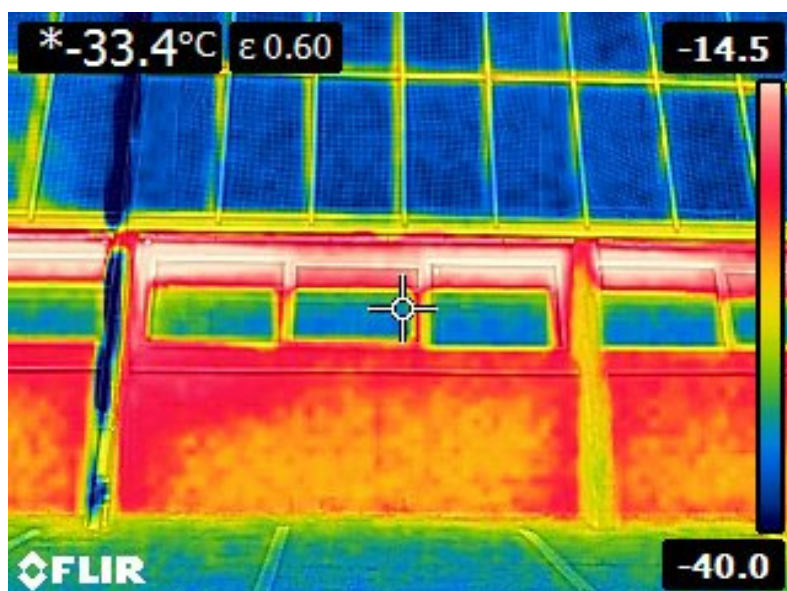


Pogled termo kamere na strop odkrije bolj ali manj pričakovane toplotne izgube. Dostop na podstreho s pomočjo stropne odprtine (z ali brez stopnic) je pogosta slabost, predstavljena z gornjim parom. Ta „toplotni dimnik“ se da brez težav ukiniti in preprečiti konstantno izgubljanje toplote in ogrevanje zvezd.

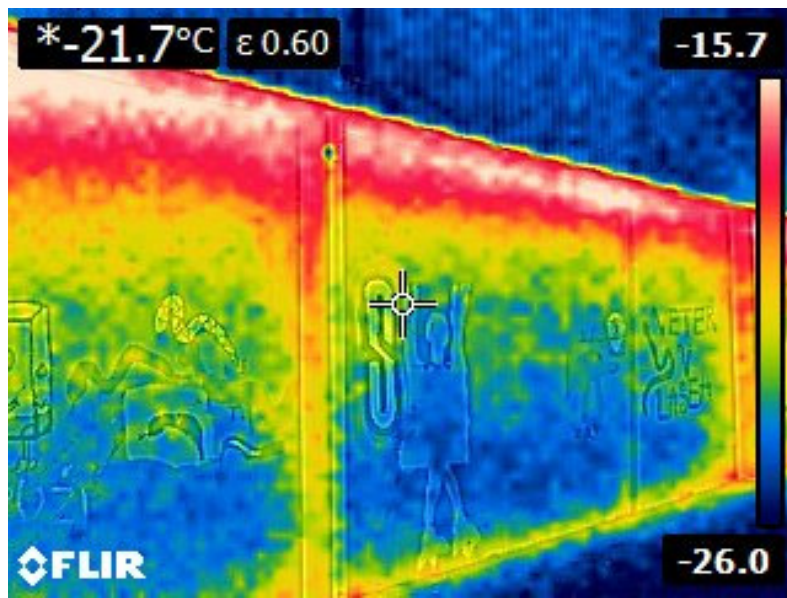
Še lažje pa je rešljivo izgubljanje toplote skozi streho ali strop proti neogrevani podstrehi, kot vidimo pri spodnjem paru. Termo kamera takoj zazna „rebra“, ki so lahko špirovci, na fotografiji pa so to betonski nosilci rebričastega stropa.

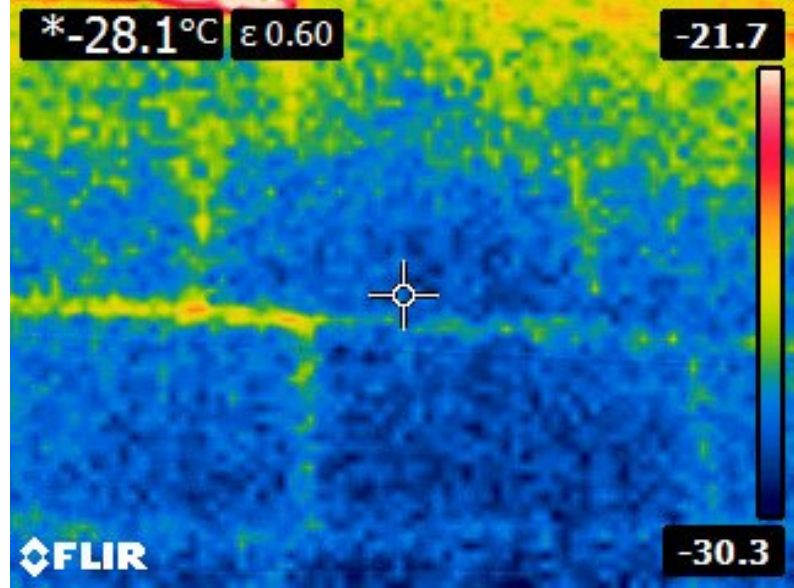


Tudi na notranji strani nam termo kamera pokaže očem nevidne napake na ovoju stavbe. Na fotografijah je primer balkonskih vrat, pod parketom je talno gretje (rdeče). Termogram pokaže slabo tesnenje vrat, zato je tam temperatura le 4 stopinje Celzija (modro). Prostor se sicer ogreva na 22 stopinj Celzija. Zima je pravi čas, da se najde napake. Te se odpravi takoj (recimo tesnenje) ali pa spomladi (recimo toplotne mostove). Ti so vzrok za nastanek plesni.



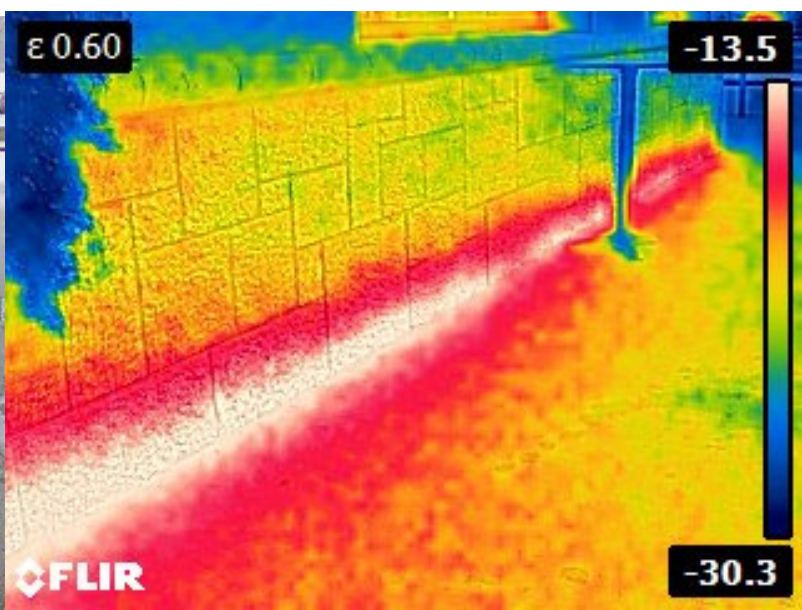
Šole še nekako gredo v energetske prenovi, telovadnice pa so pozabljene. Gornji par fotografij pokaže, da so termopan okna ($U = 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$) izrazito bolj izolativna kot betonski zid brez toplotne izolacije. Spodnji par pa, da je betonski zid brez toplotne izolacije izrazito bolj izolativen kot kovinska konstrukcija. Kdo je tukaj energetsko nepismen?





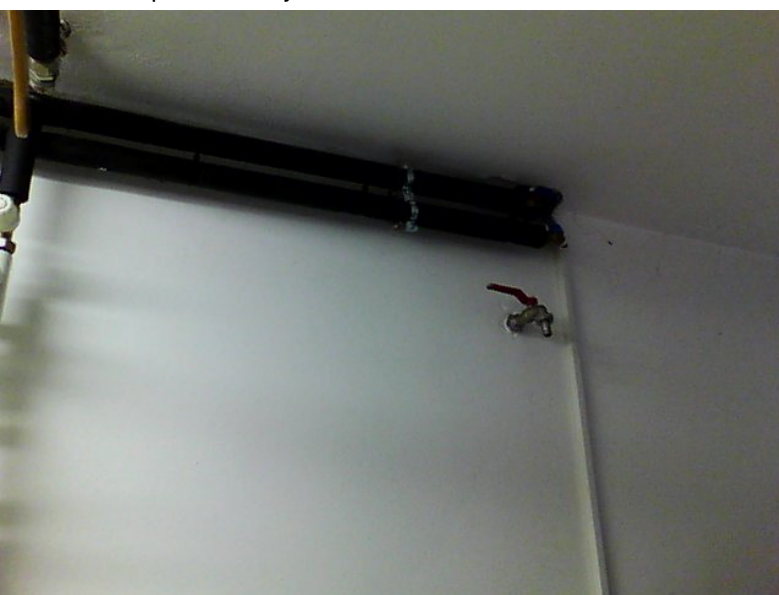
Ovoj stavbe je za termo kamero neizčrpen vir barvnih odtenkov in primerov slabe prakse. Ker je kamera brez srca, odkrije napake povsod, tudi tam "kjer jih ni". Tak primer kaže gornji par toplotne izolacije fasade. Material je EPS (stiropor), debelina 15 cm, ravni stiki med ploščami niso bili lepljeni (kar je sicer pogosta napaka). Prav v izogib tem mini toplotnim mostov je bolje vgraditi izolacijske plošče s preklpom.

Drugi pomemben sklop uporabe IR kamere je pri **elektro, strojnih, vodovodnih in kanalizacijskih instalacijah**, kjer je odkrivanje napak relativno enostavno za: neučinkovito gretje ali ohlajanje; neobičajno porazdelitev toplote; pregrevanje elektroinstalacij; prezračevanje z rekuperacijo; zastoje na ogrevalnem sistemu, zrak v radiatorjih; puščanje vode v talnem gretju; zastoje na vodovodnem in kanalizacijskem sistemu; nadzorovanje procesov v kotlu, boilerju, rezervoarjih, na razvodu ogrevalnega sistema,... Spodaj sta dva primera. Prvi par kaže na izgube dviznega voda centralnega ogrevanja, drugi pa izgube mestnega toplovoda.

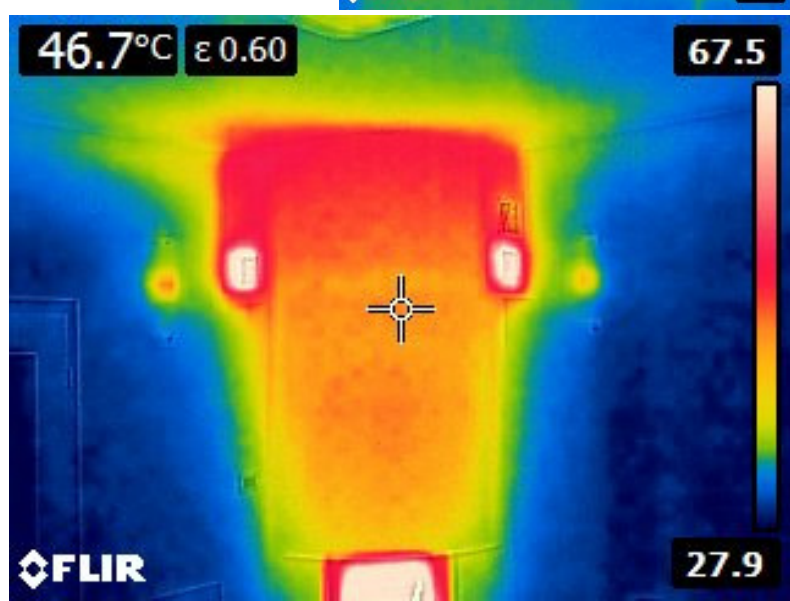




Gornji par slik pokaže toplotne izgube kurilnice pri neizoliranem razvodnem sistemu. Spodnji par pa pokaže slabosti "normalne" kurilnice. Horizontalne cevi centralnega ogrevanja (rdeče) niso dovolj izolirane, enako velja za (modro) navpično cev vodovodnega omrežja. Dobra (dovolj debela) toplotna izolacija instalacijskih vodov je pomembnejša, kot si mislimo.



Termo kamera zelo jasno pokaže porazdelitev toplote v ogrevalih. Spodaj je sobni toplozračni kamin, kjer skozi gornji reži „puhti“ toplota brez ventilatorja. Dobro je vidna tudi višja temperatura stropa v bližini kamina. Desno pa je "navaden" radiator. Iz samega termograma ne moremo nedvoumno ugotoviti ali sistem deluje dobro ali ne. Neenakomerna porazdelitev toplote po višini je lahko posledica termostatskega ventila (kar je dobro) ali pa hidravlično neuravnovešenega ogrevalnega sistema (kar je slabo). V vsakem primeru pa IR kamera pokaže mesta, kjer zrak v sistemu ne omogoča normalne cirkulacije. To so kar pogoste napake.





Celovit energetski pregled stavbe

Prednost IR kamere je hitro in enostavno odkrivanje skritih napak. S tem se izognemo dolgotrajnim postopkom pregledovanja, znižujemo stroške vzdrževanja, povečujemo življensko dobo opreme ter produktivnost dela.

Termografska analiza je nepogrešljiva metoda pri izvajanju energetskih pregledov, saj takoj in nedvoumno najdemo vsa kritična mesta v zgradbi. Poleg lokacije, starosti in funkcije objekta sta predvsem obstoječe stanje stavbe in delovanje naprav tista, ki določata vrednost pri nakupu ali odločitvah za vzdrževanje stavbe.

Energetski pregled objekta s termovizijo je nujen postopek, ki se izvaja pred pričetkom širših energetskih sanacijskih ukrepov na obstoječih stanovanjskih, industrijskih in javnih zgradbah (šole, bolnice, občinske zgradbe, domovi za ostarele...), na posameznih objektih, skupinah stavb ali v naseljih.

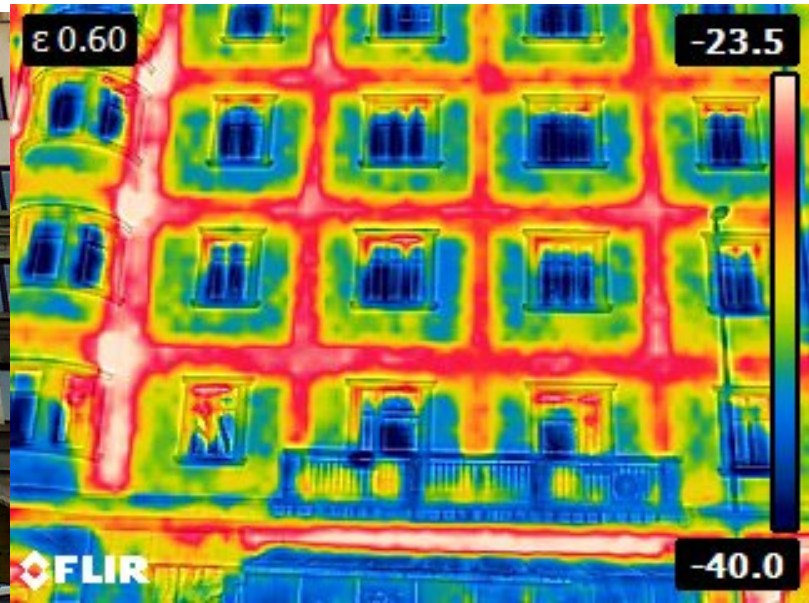
Metoda je uporabna tudi pri nadzoru izvedenih ukrepov zaradi evidentiranja in morebitnega dokazovanja energijsko šibkih mest in drugih gradbenofizikalnih poškodb na objektu pri sporih med investitorji in izvajalci.

Termovizijski posnetek prikaže pomankljivosti celotnega ovoja zgradbe: toplotne mostove, nepravilnosti v konstrukciji in vgradnji gradbenih elementov in materialov, pri vgradnji toplotne izolacije, netesnosti in poškodbe oken, vlago v objektu in vse druge posebnosti v zgradbi, ki jih je težko odkriti.

Termovizijski posnetki so tudi pravi detektorji inštalacij v zgradbah: odtokov, vgrajenih toplovodnih cevi, potoke talnega ali stenskega gretja, kovinskih podkonstrukcij, posameznih pritrdil, ... Uporabljajo se tudi v industriji za odkrivanje mehanskih okvar zaradi trenja, pri hidravličnih sistemih, črpalkah, kompresorjih in različnih tehnoloških procesih, ki jih spremljata ohlajanje in segrevanje. Termovizija se uporablja tudi v elektrotehniki, elektroniki, hladilni tehniki in v medicini.

Za celovit energetski pregled stavbe in inštalacij je toplotna kamera idealna, kot je razvidno iz vseh termogramov v tem članku. Zato v tem poglavju izpostavimo le dva primera.

- **Gornji par** prikaže slabost neizoliranega ali nepopolno izoliranega cokla, kot ga z rdečo barvo zazna termo kamera. Težavi se zelo pogosto pridruži tudi temelj (zasuti del stavbe) brez toplotne izolacije.
- **Spodnji par** pa pokaže "drobovje" lepe fasade stavbe nasproti avtobusne postaje v Ljubljani, ki skriva pod ometom pravo sliko betonskih radiatorjev (vertikalne in horizontalne AB vezi). Napake zidarja pokrije malta, napake zdravnika pa zemlja. Pogosto se pri stavbah z bogato okrašeno fasado odločimo za notranjo toplotno izolacijo, kjer pa nas čakajo nove pasti.



Toplotni mostovi

Iz fotografskega gradiva je razvidno, da so toplotni mostovi stalnica vseh stavb, kot tudi praktično vseh mojih prispevkov na portalu NEP Slovenija <http://nep.vitra.si> in FB strani <https://www.facebook.com/NEP.Slovenija>.

Krivdo za njihov nastanek lahko iščemo v trikotniku med projektantom, izvajalcem in lastnikom. Projektanti premalo časa posvetijo detaljem, pomembnejši je izgled hiše in zadostitev statičnim predpisom. Izvajalci imajo izrazito premalo znanja, detajli so jim "španska vas", držijo se načela, da "zidarjevo napako pokrije omet, zdravnikovo pa zemlja". Lastniki pa slepo verjamejo, da projektanti in izvajalci obvladajo svoj posel. Nekateri ga res, glavnina pa ne. Termogrami v članku nam pokažejo nepotrebno uhajanje toplote, to pa vedno plačuje lastnik ali najemnik.

Kako se jim izognemo?

Z znanjem izvajalcev in investorjev ter obiskom energetskega svetovalca. Kot je razvidno v rubrikah **Črna točka** <http://nep.vitra.si/?crna=1> in **Energetski kiksi** <http://nep.vitra.si/index.php?kiksi=1&vsi=1> so napake pogoste, navedimo le najbolj kritične.

Betonski balkon je hladilno rebro zato ga moramo toplotno izolirati spodaj, ob strani in zgoraj v širini pol metra od stene. Posebno pozornost posvetimo vsem betonskim elementom, ki pridejo na fasado. Med najpogostejše spadajo toplotni mostovi okrog oken in zunanjih vrat. Optimalna rešitev je, da se okno montira ravno z zunanjo linijo zidu, špaleta je v celoti narejena iz izolacije.

(Pre)pogosto so toplotni mostovi pri vertikalno neizoliranih temeljih v zasutem delu stavbe, to so vse vertikalne in horizontalne betonske vezi, samostojni stebri, mesta okrog roletnih in elektro omaric, premajhna debelina (ali celo brez) toplotne izolacije na coklu, razni betonski okrasi na fasadi, prehodi med ogrevanimi in neogrevanimi prostori v stavbi, neupoštevanje pravila, da gre toplotna izolacija vedno "pol metra čez", nedosledno izvedena notranja toplotna izolacija obodnih sten (priporočamo jo zelo redko), nedosledno izvedeni preboji (štemanje) tlakov, zunanjih sten in stropa proti hladni podstrehi,... Celo paleto jih lahko pričakujemo pri toplotni izolaciji strehe: stik strešne in fasadne izolacije, okrog strešnih oken, pri prebojih strehe (dimnik, zračniki), pri notranji izolaciji obodnih sten nad ogrevanim prostorom,... Pravo leglo toplotnih mostov nastane pri dozidavah, kjer se hkrati rešujejo funkcija, statika, izgled in bolj ali manj (ne)urejene razmere v hiši.

Merjenje in interpretacija

Za izvajanje zanesljivih in pravilno interpretiranih termografskih analiz je potrebno znanje termodinamike, gradbeništva in gradbene fizike. Seveda je potrebno tudi dobro poznavanje kamere.

Pogoste napake začetnikov so pri vlagi. Ta ima večjo toplotno prehodnost kot suha površina, zato se pogosto vidi kot toplotna izolacija (rdeče), čeprav to ni. Ostali materiali in naprave pa so dobro vidni in dajo pričakovano sliko (termogram):

- radiatorji pod okni oddajajo toploto skozi neizolirano ali premalo izolirano fasado,
- vodovodne cevi so hladnejše od stene,
- tudi leseni konstrukcijski elementi, kovinske preklade in prostori brez izolacije se zaradi različne toplotne prehodnosti dobro vidijo na sliki.

Če so v stenah, stropovih in tleh votla območja jih pogosto spregledamo, dokler ne pride do težav: prehod toplote, kondenzacija, razvoj plesni,... Stare gradnje so še posebej občutljive, saj so bile skozi čas deležne številnih dozidav in prenov, načrti teh posegov pa v veliki večini primerov ne obstajajo. Tako prihaja do rež, razpok, votlih prostorov,... o katerih nihče nič ne ve.

- votli prostori stropa podstrešnega stanovanja brez ali s posedeno izolacijo se s kamero takoj opazijo
- prepih ali vdor vode skozi netesno streho ali okno prav tako takoj prepoznamo po hladnejši površini stene. Če se stena zaradi votlega prostora čez zimo ohlaja, se lahko med letom zaradi tega pojavi kondenzacija in razvoj plesni. Termografija te pomanjkljivosti takoj odkrije.

Vsi posnetki v tem članku so bili narejeni s FLIR infra rdečo kamero E4 (desno). Resolucija 80 × 60 je relativno nizka, saj imajo boljše kamere (recimo E8) resolucijo 320 × 240. Še boljše (in izrazito dražje) so kamere serije T z resolucijo 640 × 480. Kljub slabši resoluciji pa so termogrami še kako jasni.

