



gućuju cjelovitu spoznaju o dosezi-  
ma suvremenih tehnologija te novih  
pristupa projekatana i povratnih in-  
formacija boravljenja korisnika u ta-  
ko osuvremenjenim zgradama.

Energetska se sanacija postojećih  
javnih zgrada – tipični su primjeri  
škole, vrtići, domovi za umirovlje-  
nike – može u novom energetske-  
m stanju iskazati i u rezultatu smanji-  
vanja potrošnje energije u odnosu  
10:1, osjetnom mijenjanju uvjeta za  
rad, tj. boravka u prostoru. Sanacija  
isto tako nije ograničena samo na  
energetske učinke jer se pri građe-  
vnoj obnovi plašta zgrade uporabom  
bioizolacijskih materijala često na-  
domještavaju uobičajena neobnov-  
ljiva rješenja. Obnova zgrada u tim  
je slučajevima cjelovitija jer projek-  
tanti u obnovu uključuju šire ekološ-  
ke vidike daljnjega rada zgrade u  
okolini.

Energetsko vrednovanje građevno  
sanacijskih zahvata na plaštu zgrade  
te osuvremenjivanju energetskega  
sustava pokazuje da će se godišnje  
potrebe za toplinom za grijanje zgrade  
smanjiti s postojećih 100 i 120 kWh/m<sup>2</sup>  
a na 14 i 18 kWh/m<sup>2</sup> – smanjenje je  
dakle u odnosu 7:1! Zbog promjene  
u upotrebi energije i strukturi ener-  
genata ukupne će se godišnje emisije  
CO<sub>2</sub> prepoloviti, smanjiti s 100  
tona/a na 60 tona/a, a zajednička će  
se godišnja potrošnja primarne ener-  
gije u obje zgrade isto tako smanjiti  
s 300 kWh/m<sup>2</sup>a na 140 kWh/m<sup>2</sup>a.

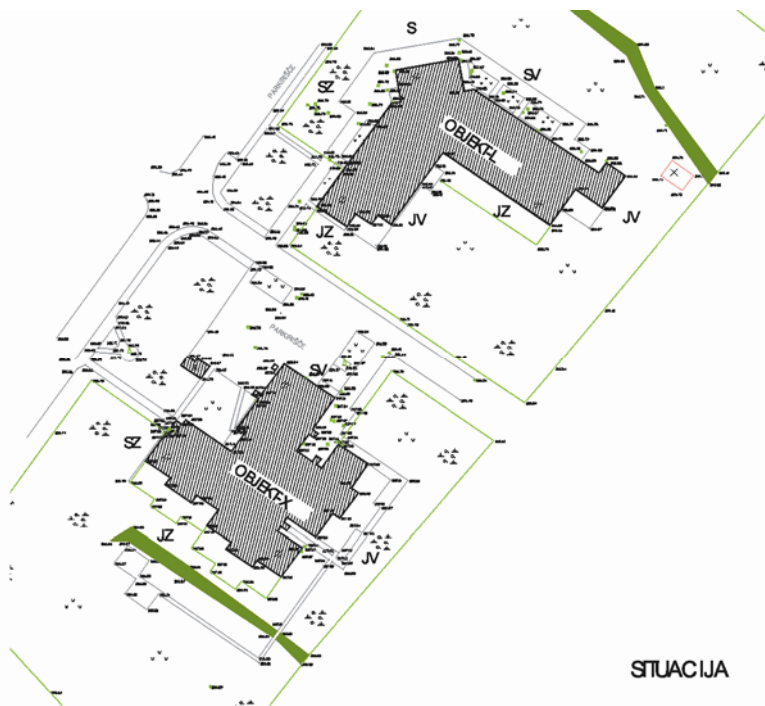
### Energetska obnova vrtića Manka Golarja u Gornjoj Radgoni

Vrtić Manka Golarja u Gornjoj Rad-  
goni sastoji se od dvije prizemne  
zgrade, svaka ima otprilike 900 m<sup>2</sup>  
neto površine za grijanje. Stariji je  
dio izgrađen prije trideset godina  
(1975.), a noviji je dio izgrađen se-  
dam godina kasnije (1982.).

Investitor se, općina Gornja Radgo-  
na, prije odluke o načinu sanacije  
(još prije izrade projektne dokumen-

tacije) upoznao s rezultatima studije  
izvodljivosti energetske sanacije  
vrtića. Studija je varijantno obradila  
tri moguća osnovna scenarija inver-  
tiranja: daljnje održavanje vrtića u  
nepromijenjenoj tehnologiji, energets-

rada i boravljenja teško su mjerljivi.  
Pretpostavlja se da ti eksterni dopri-  
nosi bitno prelaze samu uštedu u sma-  
njenju radnih troškova zgrade. Cjelov-  
ita obnova javne zgrade tako se s inver-  
ticijskoga gledišta zasigurno vrati.



ku sanaciju po sadašnjim još uvijek  
valjanim minimalnim zahtjevima  
regulative s područja toplinske zaš-  
tite te cjelovitu sanaciju uporabom  
elemenata i rješenja za pasivnu građ-  
nju kuća. Na jednakovrijednom op-  
segu zahvata na plašt zgrade i insta-  
lacija varijanta održavanja zahtije-  
vala je investiranje 160 €/m<sup>2</sup>, osnov-  
na energetska sanacija 300 €/m<sup>2</sup>, a  
cjelovita obnova u pasivnoj tehnolo-  
giji 500 €/m<sup>2</sup>.

Dugoročno energetsko vrednovanje  
(isključivo) troškova energetske pri-  
rode pokazalo je da oba zadnja pris-  
tupa sanaciji u daljnjem radu vrtića  
imaju isti konačni financijski rezul-  
tat. Uz isto financijsko ishodište ko-  
risnici te javne zgrade tako dobivaju  
bolje uvjete za boravak i stvaralački  
rad kroz cijelu godinu.

Nažalost posredni, dugoročno gleda-  
ni financijski učinci kvalitetnijeg

Vrtić Manka Golarja podijeljen je  
na zgradu L – Kocljeva 4 i zgradu X  
– Kocljeva 2. Oba izgrađena dijela  
građena su od modularne opeke, bez  
učinkovite toplinske zaštite. Kod  
obje su zgrade u obzir uzeti tadašnji  
propisi o toplinskoj zaštiti građevi-  
na, a pri izvedbi se planiran projekt  
plašta zgrade X promijenio, što za  
rezultat ima manjkavu toplinsku izo-  
laciju na toj zgradi (na vanjskome je  
zidu uopće nema), u maloj je deblji-  
ni prisutna u sklopovima plašta zgrade  
L. Za obje je zgrade karakterističan  
razvedeni tlocrt što ima za posljedi-  
cu iznimno neugodne odnose izme-  
đu površine plašta i grijanoga volu-  
mena vrtića, tako da je već na početu  
teško postići kriterij koji ograni-  
čava potrošnju energije na manje od  
15 kWh/m<sup>2</sup>a (pasivni standard).

Namjena cjelovite obnove plašta  
obje zgrade jest:

- najveća moguća ušteda energije uz postizanje veće kvalitete boravka u vrtiću
- izvedba cjelovitih sanacijskih zahvata uzimanjem u obzir suvremenih, trajnosnih načela za budućnost
- postizanje bolje kvalitete zraka (bolji radni uvjeti i uvjeti boravka, veća motiviranost, bolja koncentracija i uspješnost djece), postizanje veće ugodnosti i bolje iskoristivosti prostora novim tehnologijama uz najmanju moguću potrošnju električne energije
- poboljšavanje prirodne osvijetljenosti i optimizacija umjetne rasvjete za postizanje smanjenja potrošnje električne energije
- cjelovita obnova plašta i prostora s obnovljivim, ekološkim, prirodnim, tj. trajnim materijalima
- uporaba suvremenih, trajnih tehnologija bez većih zahvata u konstrukciju, tlocrtnu osnovu i rad građevine
- sanacija bez veće smetnje rada vrtića, s najmanjim mogućim transportnim i građevinskim troškovima
- spremanje rezultata mjerenja i analize izvedenih zahvata
- zahvatima energetske sanacije bitno će se smanjiti radni troškovi obnovljenih zgrada vrtića te će se tako povećati mogućnosti za druge aktivnosti u vrtiću.

Zbog cjelovitoga pristupa obnovi vrtića najprije je predviđena uporaba većinom trajnih, prirodnih građevnih materijala (drvo, celulozni komadići). Prednosti takve cjelovite obnove u pasivnom standardu dugoročno se odražavaju u poboljšanoj ekološkoj bilanci jer tako obnovljene građevine za svoj rad trebaju vrlo malo energije, malo je troše i za izvođenja obnove i pri proizvodnji rabljenih građevnih materijala.

Tako obnovljene građevine nakon isteka vijeka trajanja i konačne raz-

gradnje dodatno ne opterećuju okolinu. Brojne izgrađene i obnovljene niskoenergetske i pasivne kuće dokazale su da takva gradnja nije skupa, a ima mnogo pozitivnih utjecaja na zdravo okruženje boravka u prostorima (unutarnja klima, vanjska klima) i posredno na gospodarstvo države.

Investitor se kasnije zbog prevelikih troškova pri izvedbi odlučio za pojednostavljenije sustava pročelja (izvedba s pjenastim polistirenom). Uporaba ekoloških materijala ograničena je na unutrašnjost građevine (drvene podne obloge, terase, gline- ne žbuke ...) i upuhivanje celuloze na krovu.

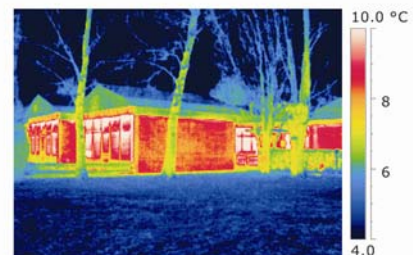
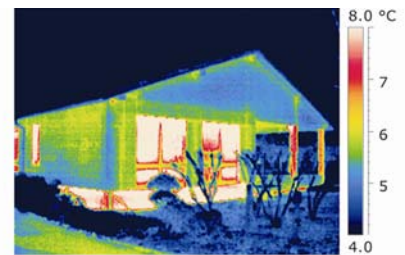
### Zahvati na plaštu zgrade

Smanjivanje transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka postiglo se različitim postupcima na plaštu pojedinih elemenata obiju zgrada.

- Na obje je zgrade stavljena dodatna toplinska zaštita na vanjski zid, strop prema negrijanome potkrovlju te na podove radi toplinskih prolaznosti nižih od  $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ : na plašt obiju zgrada se nakon skidanja postojećih slojeva stavilo: 30 cm na pročelje, 30 cm u podove na terenu te

40 cm dodatne toplinske izolacije na strop prema negrijanome potkrovlju. Istodobno je izvedena sanacija postojećih toplinskih mostova.

- Zahvati na providnim dijelovima plašta obuhvaćaju zamjenu svih postojećih drvenih okvira prozora i ostakljenja (termopan) novim, troslojnim, energetski visoko učinkovitim. Na obje će se zgrade postići  $U_{\text{stakla}} < 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$  s  $g = 52$  posto te prozorskim okvirima  $U_{\text{okvira}} < 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Osigurati će se pravilna ugradnja prozora  $U_{\text{ugradnja prozora}} < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ , bez toplinskih mostova, a istodobno će se pri ugradnji nove stolarije osigurati odgovarajuća zrakonepropusnost plašta zgrade koja će postizati izmjerenu izmjenu zraka  $< 0,6 \text{ h-l}$ .
- Uz cjelovitu energetska obnovu promijenjeni su izgled pročelja obiju zgrada vrtića i raster staklenih površina, tako da se na obje građevine smanjuje broj tipova prozora, ugrađeni se elementi ponavljaju što je pojeftinilo izvedbu. Na prozore su montirani rolovi, nove drvene terase zasjenjuju se dodatnim sjenilima s tendama i postojećim listopadnim drvećem.



Termografski prikaz učinka postojeće toplinske zaštite plašta obiju zgrada

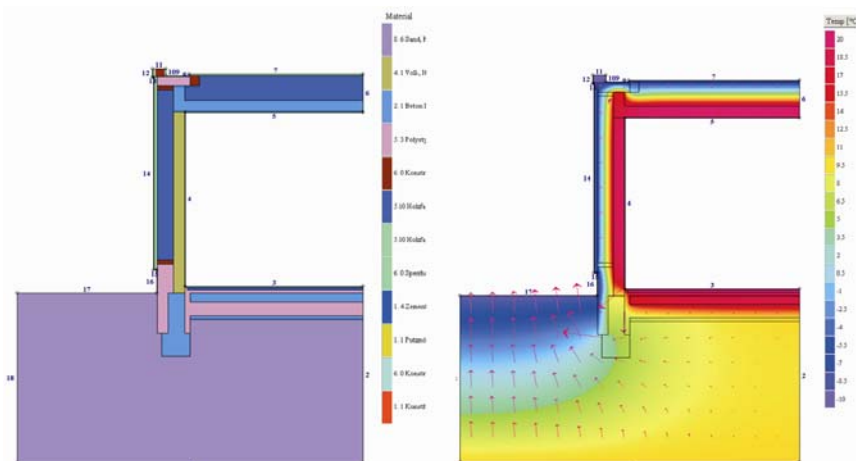
Uz izvedbu sanacijskih zahvata na plaštu obiju zgrada bitno se smanjuju toplinski gubici što utječe na podizanje površinskih temperatura saniranih elemenata u sezoni grijanja. Takva promjena u vrijeme sezone grijanja i suprotna pojava ljeti bitno utječu na temperature u prostoru te time pozitivno utječu na ugodnost boravka u prostoru. U zgradi s dobrom toplinskom zaštitom moguće je u vrijeme sezone grijanja sniziti temperature zraka u prostoru, naravno uz nepromijenjen stupanj ugodnosti u prostoru, što snižava toplinske gubitke zgrade i potrošnju energije za grijanje. Snižavanje temperature za 1 °C (npr. s 21 °C na 20 °C) teoretski utječe na smanjivanje toplinskih gubitaka do najviše 10 posto. Cjelovita toplinska zaštita plašta obiju zgrada te osigurana zrakonepropusnost omogućit će jednostavno osuvremenjivanje postojećih instalacija grijanja i prozračivanja.

Zahvatima energetske sanacije istodobno se izvode ostali građevinski

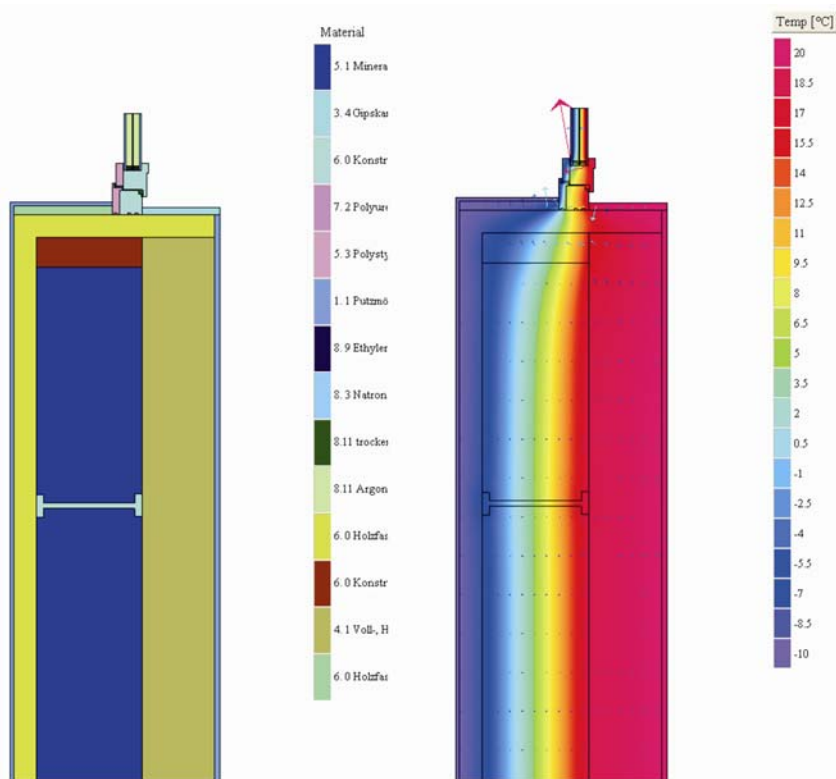
zahvati koji ne mijenjaju konstrukcijske karakteristike zgrade, npr. zamjena postojećega neodgovarajućeg azbestno-cementnoga pokrova novim na zgradi L, sanacija hidroizolacije, zamjena podova, montiranje novih sjenila, uređivanje vanjskih terasa, osuvremenjivanje vodovoda i kanalizacije itd.

### Simulacija prolaza topline za određivanje toplinskih mostova

Za obje su zgrade izrađene proračunske procjene toplinskih mostova konstrukcijske prirode koji su uzeti u obzir u proračunu za pasivne zgrade po metodi PHPP (*Passive House Planning Package*).



Toplinski most na spoju zida s temeljem i vijencem



Toplinski most na mjestu ugradnje prozora i na drvenim letvama

### Projektiranje prozračivanja

Dobrom toplinskom zaštitom plašta zgrade, ugradnjom suvremene stolarije i sustava učinkovitoga prozračivanja te smanjivanjem ventilacijskih gubitaka postignuti su bitno manji transmisijski i ventilacijski toplinski gubici ( $<0,15 \text{ W/m}^3$ ), a istodobno se kvaliteta zraka u prostorima te s time povezana učinkovitost odvijanja odgojno-radnih procesa u vrtiću bitno poboljšala. Sanacijom plašta zgrade povećava se njezina zrakonepropusnost pri kojoj prirodno prozračivanje otvaranjem prozora ne osigurava više očekivane radne uvjete i ugodnost boravka u prostoru. Zbog toga je nakon preuređivanja postojećeg sustava s radiatorima, gdje u obje zgrade ostaje samo polovina postojećih novijih uređaja za grijanje, izveden cjelovit sustav središnjega prozračivanja za svaku zgradu posebno.

Obje jedinice (klimatski uređaji) napaja individualni sustav opskrbe top-

linom za grijanje prostora. Svaka od građevina ima ugrađenu toplinsku crpku tipa voda-voda, vlastiti par bunara za napajanje podzemnom vodom te solarni sustav. Opskrba hladnim medijem ljeti obavlja se uporabom podzemne vode, funkcija hlađenja je integrirana u svaki klimatski uređaj posebno. Uređaji za prozračivanje sastavljeni su od ventilatora s visokom iskoristivosti i niskom bukom, vrećastim filterima za vanjski i odvodni zrak, suvremenim prijenosnikom s učinkovitim vraćanjem topline (više od 85 posto), dograđenim prijenosnikom za grijanje i hlađenje te prigušivačem zvuka na dovodnoj i odvodnoj strani. Kanalski su razvodi izvedeni toplinski zaštićenim kanalima od pocinčanoga čeličnog lima s distribucijom zraka s visokoinduktivnim elementima koji omogućavaju male brzine zraka u zoni boravka. Isto se tako učinkovito rješava sprječavanje prijenosa zvuka po kanalima između prostora.

Opskrba svježim zrakom planirana je u kapacitetu 30 m<sup>3</sup>/h po osobi u

svakoj od zgrada. Prozračivanje se u načelu obavlja individualnim dovodom i odvodom do pojedinih prostora. Iznimka je kuhinja u zgradi X gdje se pripremaju obroci hrane za obje zgrade. Zbog opterećenosti zraka u tim prostorima sustav središnjega prozračivanja ne uključuje taj dio zgrade, već je prozračivanje izvedeno preko suvremene kuhinjske nape koja ima integriranu funkciju vraćanja topline.

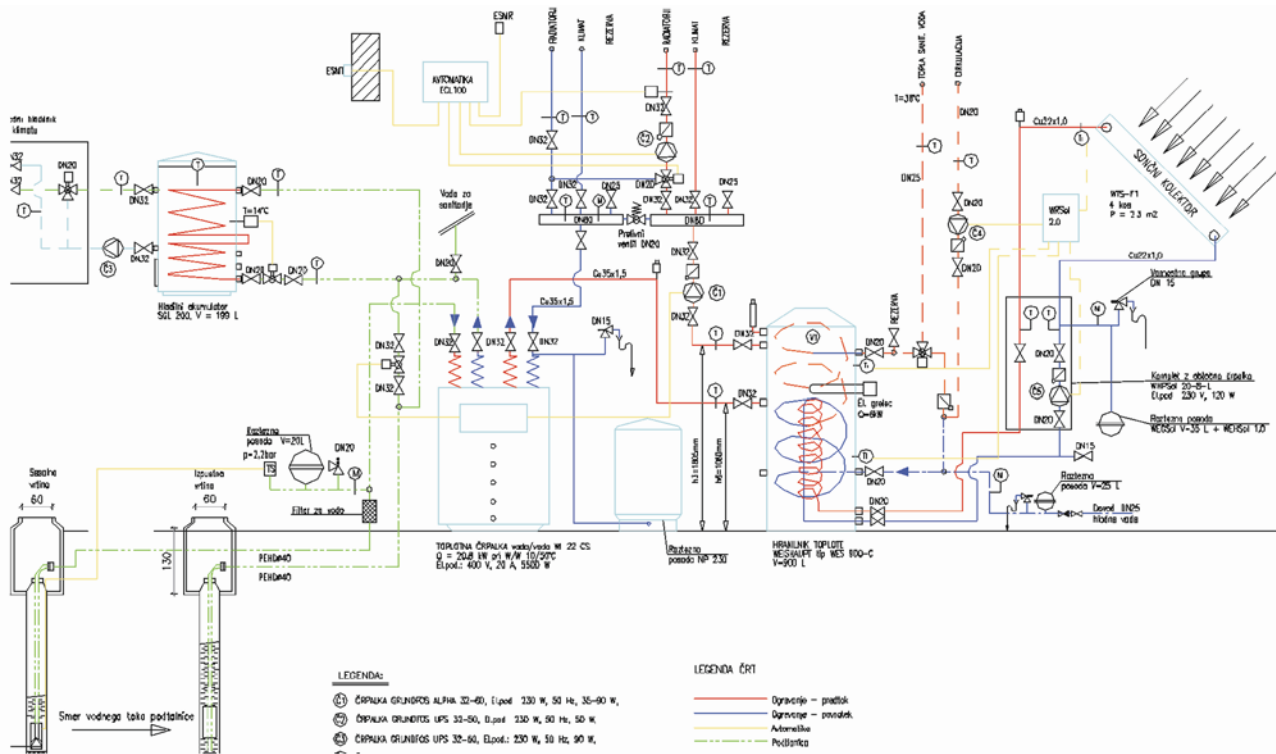
**Projektiranje energetske opskrbe s medijem za grijanje i hlađenje uvođenjem toplinskih crpki**

Sanacijski zahvati na strojnim instalacijama slijede nove energetske odnose koji uvjetuju obnovu s radijatorskoga sustava grijanja u grijanje i hlađenje preko sustava središnjega prozračivanja s vraćanjem topline otpadnoga zraka.

U obje se zgrade ugrađuje kanalski sustav središnjega prozračivanja i klimatski uređaji s vraćanjem topline i integriranim grijanjem i hlađe-

njem, sanira se zajednička kotlovnica uvođenjem dviju individualnih toplinskih crpki koje se upotrebljavaju za grijanje i hlađenje toplinom podzemne vode te električnu energiju. Uvođenje sustava prozračivanja vodi učinkovitijoj upotrebi energije i boljim uvjetima za boravljenje i rad u igraonicama, pa će sustav hlađenja poboljšati uvjete boravka u prostorima ljeti.

Godišnja energetska bilanca pokazuje da specifični projektirani toplinski gubici obiju zgrada na račun sanacije plašta, uvođenja sustava prozračivanja s rekuperacijom te zbog samih toplinskih dobitaka iznose oko 15 W/m<sup>2</sup>. Potrebe za dodatnom toplinskom energijom za grijanje zgrada tako su praktički u području zgrada pasivne tehnologije jer rezultati iskazuju vrijednost otprilike 15 kWh/m<sup>2</sup> na godinu. Ocijenjena nova potrošnja električne energije u obje se zgrade (uzimajući u obzir postupno uvođenje učinkovitih električnih uređaja) razlikuje. U zgradi L proci-



Idejna shema projektiranoga energetskog sustava s uključivanjem uporabe toplinske crpke i solarnoga sustava

jenjena je konačna nova potrošnja struje za energetske sustave, zajedno s ostalim troškovima oko 35 kWh/m<sup>2</sup> na godinu. Zgrada X ima potrošnju energetskeg sustava, zajedno s potrošačima u zgradi te uređajima za potrebe kuhinje, do 50 kWh/m<sup>2</sup> na godinu.

Postojeći noviji radijatorski sustav u zgradi X selektivno je odstranjen u opsegu koji udovoljava potpunoj opremljenosti zgrade L s dijelom tih novih uređaja. Funkcija uređaja za grijanje je energetske i psihološke prirode. U prostorima gdje se zahtijeva viša temperatura, što se može primijeniti za većinu prostora zgrade, ogrjevna tijela pokrivaju sve potrebe za dodatnom toplinom. S psihološkoga gledišta sama prisutnost radijatora u prostorima daje korisnicima, koji su navikli na klasične sustave grijanja, osjećaj topline i učinkovitosti.

Izvodi se cjelovit sustav središnjega prozračivanja za svaku zgradu posebno. Obje jedinice napajaju vlastiti sustavi opskrbe toplinom za grijanje prostora s pomoću toplinske crpke ili povremeno iz kombiniranoga spremnika topline, u koji svoju energiju akumulira solarni sustav.

Uvode se dvije toplinske crpke manje toplinske snage, svaka 15 kW, s dodatnim, rezervnim, električnim grijačima. Planiranje snage uzima u obzir povremena uključivanja ostalih potrošača, npr. priprema tople sanitarne vode u dva veća bojlera te vršna potrošnja topline za grijanje i prozračivanje. Prijelazom s fosilnih goriva na obnovljive izvore, tj. toplinsku crpku, zbog same izvodivosti uzimanja topline iz okoline na danoj lokaciji, smanjuju emisije CO<sub>2</sub>.

### Projektiranje opskrbe toplom vodom i solarnom energijom

U sustav pripreme sanitarne vode uvodi se obnovljivi izvor energije – energija sunca. U obnovi se mijenja postojeći sustav za pripremu tople vode i uvode dva sustava sa spremnicima sunčeve energije odvojeno za svaku građevinu. Pritom se veličina obaju sustava razlikuje zbog različite potrošnje: u zgradi X je kuhinja s praonicom, u zgradi L je samo razdiobna kuhinja. Broj osoba – potrošača tople vode – u obje zgrade prelazi broj 100 iako je njihova individualna potrošnja relativno mala.

Novi razvodi cijevi za toplu sanitarnu vodu te cirkulaciju moraju biti dobro izolirani. S gledišta kapaciteta (dnevna potrošnja, akumulacija energije sunca) prilagođeni su i tipovi ugrađenih bojlera na postojećim lokacijama. Solarni sustavi i vlastiti generatori topline (toplinska crpka) dobavljaju toplinu kombiniranim spremnicima (tople sanitarne vode i topline) većega obujma, što osigurava učinkovitu akumulaciju topline s primjereno dimenzioniranim prijenosnicima topline.

Primarni način za opskrbu toplinom za pripremu tople sanitarne vode u bojlerima jest toplovodni ogrjevni medij kojega zagrijava generator topline u kotlovnici (toplinska crpka). S obzirom na trenutačne dnevne odnose (sunčevo zračenje) dio topline osigurava i solarni sustav, pri čemu se njegov godišnji udio pokrivanja potreba ocjenjuje na 50 do 60 posto.

Bojler i solarni sustav smješteni su između svake zgrade, sustav u zgra-

di L je manji (10 m<sup>2</sup> pločastih spremnika na jugozapadno orijentiranom krovu, spremnik od 750 litara), a u zgradi X veći jer je u njoj kuhinja (20 m<sup>2</sup> pločastih spremnika na jugozapadno orijentiranom krovu, spremnik od 2 x 750 litara).

### Projektiranje opremljenosti električnim uređajima, osvjjetljenje

U zgradi L i djelomično u zgradi X predlaže se, nakon izvođenja završnih radova za uređenje prostora, zamjena starih stropnih svjetiljki novim suvremenim fluorescentnim svjetiljkama. Zamjenom preostalog dijela klasične rasvjete (žarulje sa žarnom niti) u zgradi L i postupnim nadomještanjem postojećih strojeva u praonici i kuhinji (veća učinkovitost, uporaba tople vode iz solarnoga sustava) potrošnja električne energije u budućnosti će se smanjiti. Isto će se tako smanjiti dio potrošene električne energije koja se dosada rabila za zagrijavanje tople vode u bojleru izvan sezone grijanja.

Potrošnja električne energije u predloženom sustavu prozračivanja i hlađenja, uz zahvate za smanjivanjem potrošnje na električnim potrošačima u segmentu strojnih instalacija, godišnje neće preći opisane uštede u uporabi električne energije, odnosno postojeću potrošnju.

Mr. sc. Silvija Kovič, dipl. ing. arh.,

Mr. sc. Miha Praznik, dipl. ing. stroj.

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.