Kondenzacijski kotel na zemeljski plin

Plinsko ogrevanje s kondenzacijsko tehnologijo spada med tehnološko izpopolnjene sisteme, pri trenutnih cenah zemeljskega plina pa tudi med cenovno zelo ugodne. Kondenzacijske peči na zemeljski plin namreč skoraj v celoti izkoristijo energijo, ki se nahaja v tem energentu (končna energija), kar pomeni, da jo skoraj v celoti pretvorijo v koristno energijo. Zaradi tega dosegajo te kurilne naprave bistveno boljše izkoristke kot so jih dosegali njihovi predhodniki, to je standardni (klasični) kotli na zemeljski plin. Kondenzacijski kotli porabijo za proizvodnjo enake toplote, v primerjavi s klasičnimi kotli, za 15 do 20 % manj zemeljskega plina. Zamenjava klasičnih kotlov s kondenzacijskimi je potrebna tako zaradi manjše porabe slednjih, kot tudi zaradi zahtev pripadajoče zakonodaje.

Teoretično dosegajo kondenzacijski kotli izkoristke večje od 100%! Boljši izkoristki pa pomenijo nižje stroške ogrevanja in tudi manjše onesnaževanje okolja. Po statistiki nemškega združenja za industrijo so kondenzacijske plinske peči najbolje prodajani ogrevalni sistemi v Nemčiji.

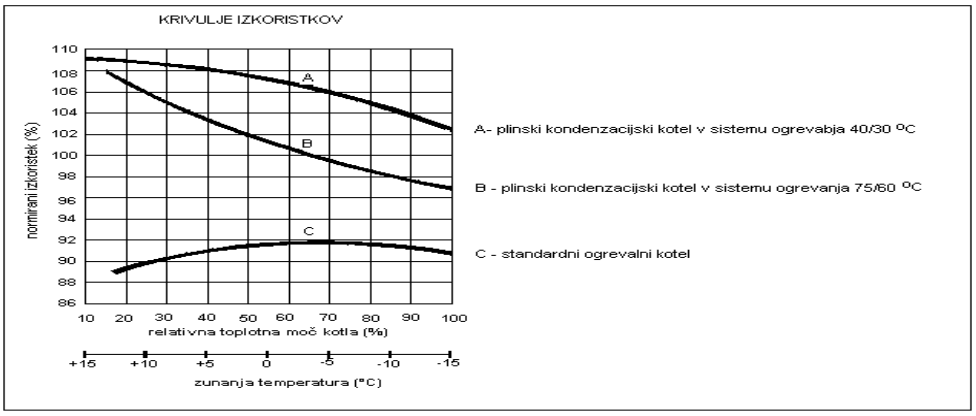
Izkoristek večji od 1 oziroma 100%

Izkoristek kurilne naprave **η** definiramo kot razmerje med odvedeno in dovedeno energijo.

$$\eta = Q_{ODVEDENA} / Q_{DOVEDENA}.$$

Dovedena energija pomeni energijo plina, ki ga dovajamo v kotel. Odvedena energija pa pomeni toploto, ki služi ogrevanju stavbe.

Karakteristike izkoristkov za standardne (klasične) in sodobne kondenzacijske kurilne naprave v odvisnosti od relativne toplotne moči, prikazuje slika 1.



Slika 1 Vir: spletne strani Buderus

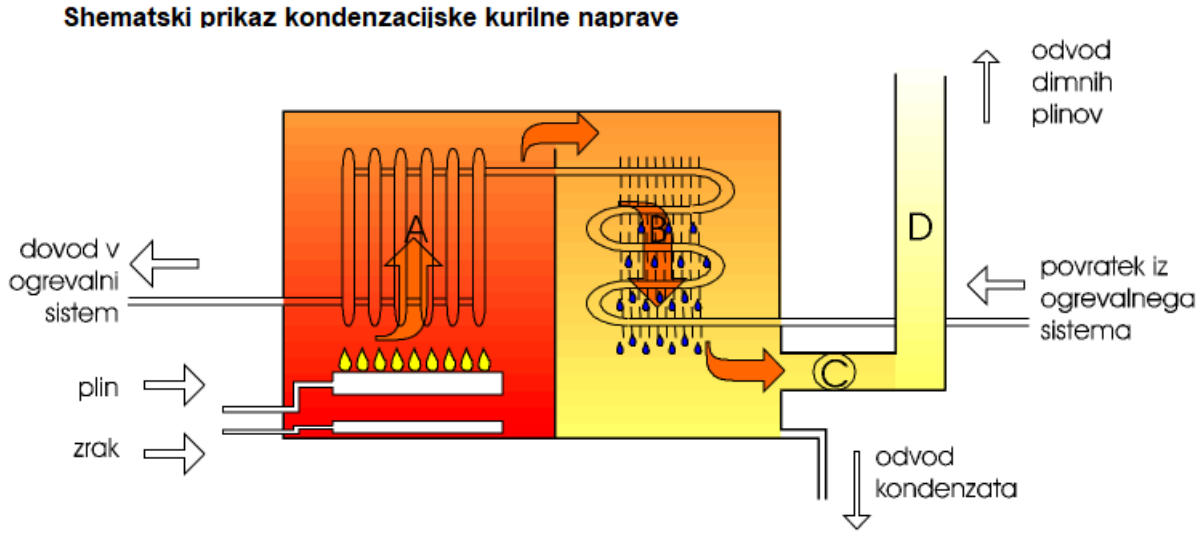
Iz slike 1 vidimo, da znaša izkoristek klasičnih kurilnih naprav največ 92% (celoletni letni izkoristek je manjši, okoli 88%), izkoristek sodobnik kondenzacijskih kotlov pa prekoračuje 100% (krivulja A - ploskovno ogrevanje (talno, stensko,..) in krivulja B - radiatorsko ogrevanje). Zaradi tega bo ogrevanje s tem kotlom cenejše.

Izkoristek večji od 100% ali večji od 1 pomeni, da smo na izstopu iz kurilne naprave pridobili več energije, kot smo jo vložili na vhodu v to napravo. Navedeno je seveda skregano z logiko in je tudi v nasprotju z zakoni termodinamike, saj take kurilne naprave praktično ni mogoče izdelati. Zaradi navedenega je potrebno trditev, da je izkoristek kurilne naprave večji od 100%, obrazložiti.

Pri ugotavljanju izkoristkov, to je energijske učinkovitosti kurilnih naprav, moramo poznati podatek o količini toplote (kWh/enoto), ki jo pridobimo pri popolnem zgorevanju dane količine (volumenske ali masne) danega goriva.
Vso toploto, ki se sprosti pri zgorevanju danega goriva imenujemo **zgorevalna toplota** ali **zgornja kurilnost** ali **kalorična vrednost** goriva in jo označimo s H_S (indeks »S« pomeni superior – najvišji). Pri zemeljskem plinu znaša ta vrednost 10,55 kWh/Sm^3 (Sm^3 – standardni kubični meter).
Različne kurilne naprave »znajo« zgornjo kurilnost različno izkoristiti. Pri zgorevanju zemeljskega plina nastane kot stranski produkt zgorevanja tudi nekaj vode, ki se med zgorevanjem upari. Pri zgorevanju 1 Sm^3 zemeljskega plina nastane 1,6 kg vodne pare.

Pri klasičnih kotlih zapušča ta vodna para kotel skozi dimnik in s tem odnaša s sabo določeno količino neizkoriščene toplotne energije, ki ji pravimo **latentna toplota**. Energijo, ki jo dobimo (ki nam preostane), če toplote vodne pare ne izkoristimo oziroma z dimnimi plini pomešano vodno paro ne kondenziramo (ne ohladimo pod temperaturo rosišča), imenujemo **kurilnost** ali **spodnja kurilnost** danega goriva in jo označimo s H_I (indeks »I« pomeni inferior – spodnji). Pri zemeljskem plinu znaša vrednost H_I 9,5 kWh/Sm^3. Klasične kurilne naprave na zemeljski plin toploto vodne pare niso znali izkoristiti, zato so lahko v najboljšem primeru izkoristili le energijo spodnje kurilne vrednosti.
Kondenzacijski kotli nastalo vodno paro kondenzirajo in s tem »poberejo« tudi toplotno energijo te vodne pare, ki jo pri klasičnih kotlih izgubimo. Zaradi navedenega postanejo izkoristki kondenzacijskih kotlov boljši (večji) od izkoristkov klasičnih kotlov. Izkoristek kotla bo torej možno izboljšati, če s pomočjo kondenzacije »ulovimo« to latentno toploto oziroma uparjalno toploto vodne pare, nastali kondenzat pa odstranimo iz kotla skozi posebno odprtino – izpust (odvod kondenzata). Izkoristek teh kotlov pa je boljši tudi zaradi manjših sevalnih izgub in izgub produktov zgorevanja skozi dimnik.

Shematski prikaz kondenzacijske kurilne naprave podaja slika 2



Slika 2; Vir Gradbeni center Slovenije

Na sliki pomenijo:
A – primarni toplotni izmenjevalec – kurišče. Plinski plamen segreva ogrevalno vodo. Produkt zgorevanja so razen toplote tudi dimni plini pomešani z vodno paro, ki nastane zaradi kemične sestave zemeljskega plina.
B – sekundarni toplotni izmenjevalec – kondenzacijski del. Vroči dimni plini, pomešani z vodno paro, predgrejejo povratno vodo, ki se vrača iz grelnih teles ogrevalnega sistema. Povratna voda sprejme latentno toploto v dimnih plinih pomešane vodne pare, ki se zaradi tega ohladi in kondenzira. Kondenzat zapušča kotel skozi posebni odvod. Preostali dimni plini zapuščajo kotel s pomočjo posebnega ventilatorja C skozi dimnik D.

Pri gorivih poznamo torej *zgornjo kurilno vrednost* $\boldsymbol{H_s}$ in *spodnjo kurilno vrednost* $\boldsymbol{H_i}$, ki se razlikujeta za uparjalno toploto vodne pare v dimnih plinih (latentna toplota). Zgornja kurilna vrednost goriva upošteva tudi toploto, ki se porabi za uparjanje med procesom zgorevanja nastale vode, spodnja kurilna vrednost pa te toplote ne upošteva.

Tabela 1 prikazuje vrednosti Hs in Hi, njuno razmerje in temperaturo kondenzacije zemeljskega plina

Za zemeljski plin

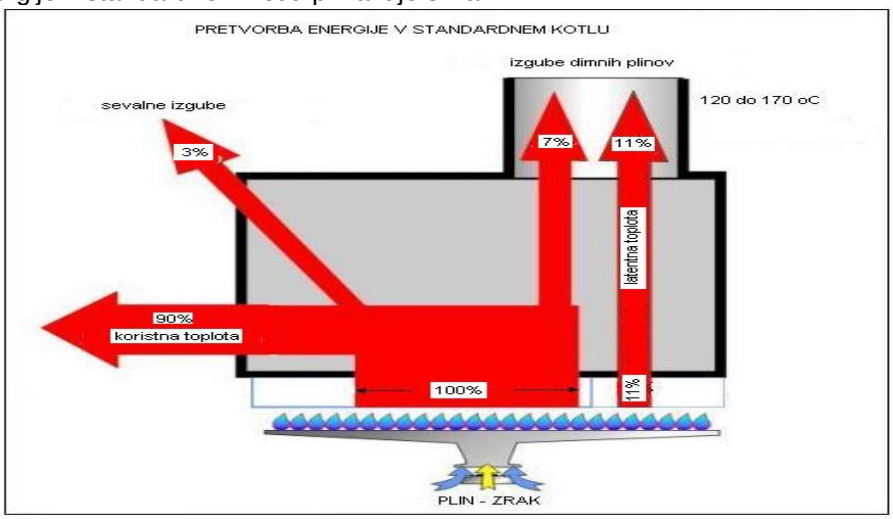
H_s (kWh/m^3)	10,55
H_i (kWh/m^3)	9,5
H_s/H_i	1,11
Temperatura kondenzacije	56

Tabela 1

Vidimo, da s »pobegom« latentne toplote izgubimo pri zgorevanju zemeljskega plina 11% energije glede na Hi.
Standardni kotli so bili izdelani pred sodobnimi kondenzacijskimi kotli in je bil tudi izračun njihovega izkoristka prej definiran. Zaradi konstrukcije in vgrajenih materialov ne izkoriščajo uparjalne toplote vodne pare (latentna toplota). Pogoj za brezhibno obratovanje in dolgo življenjsko dobo teh kotlov so namreč suhe površine kurišča in tudi kanalov, po katerih potujejo dimni plini. Pri izračunu njihovega izkoristka je upoštevana spodnja kurilna vrednost, uparjalna toplota med zgorevanjem nastale vode (11%) pa je zanemarjena, kot da je sploh ni.

Zaradi medsebojne primerjave klasičnega in kondenzacijskega kotla je tudi pri izračunu izkoristka kondenzacijskega kotla upoštevana spodnja kurilna vrednost **H_I,** ki je vzeta kot 100%,

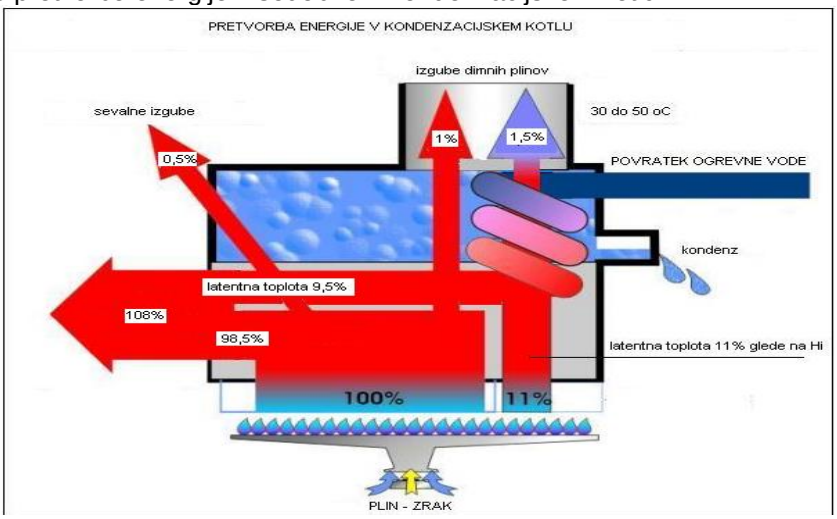
Pretvorbo energije v standardnem kotlu prikazuje slika 2.



Slika 2, Vir: spletne strani

Izkoriščanje uparjalne toplote vodne pare v dimnih plinih je možno le z ohladitvijo oziroma kondenzacijo le-teh. Navedeno se odvija v kondenzacijskih kotlih. Zaradi normalnega obratovanja in dolge življenjske dobe morajo biti ti kotli ustrezno projektirani. V posebnem toplotnem izmenjevalcu povratek ogrevne vode ohlaja dimne pline. Pri tem pride do kondenziranja vodne pare in seveda do oddajanja velikega deleža kondenzacijske toplote ogrevni vodi - predgrevanja povratne vode iz grelnih teles. Zaradi zagotovitve dobrega prenosa toplote mora posebna konstrukcija preprečiti nastanek vodnega filma na stenah izmenjevalca in s tem zagotoviti kapljičasto tvorbo kondenzata. Toplotni izmenjevalnik mora biti izdelan iz posebnega materiala (npr. aluminij -silicijeva litina), ki dobro prevaja toploto, hkrati pa prepreči korozijo in s tem zagotavlja dolgo življenjsko dobo.

Slika 3 prikazuje pretvorbo energije v sodobnem kondenzacijskem kotlu.

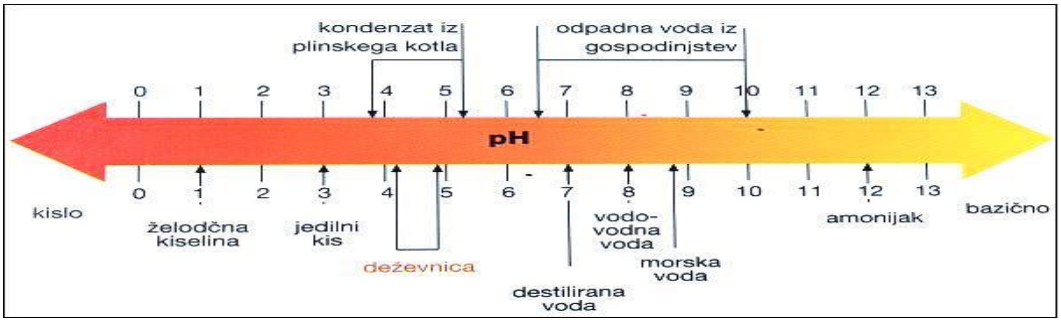


Slika 3, Vir: spletne strani

Vidimo, da kondenzacijski kotel, v nasprotju s standardnim kotlom, izkorišča tudi latentni del zgorevalne toplote (povratna voda ohlaja dimne pline in se zaradi tega predgreje). Zaradi primerljivosti klasičnega in kondenzacijskega kotla moramo tudi pri izračunu izkoristka kondenzacijskega kotla upoštevati spodnjo kurilno vrednost goriva ***Hi***, kar pa kondenzacijskim kotlom omogoča doseganje izkoristkov nad 100%. Izkoristek večji od 100% je torej le teoretičnega značaja. Navajanje tega izkoristka je torej smiselno le zaradi primerjave.

Dejanski izkoristek sodobnih kondenzacijskih kotlov na zemeljski plin znaša okoli 98 %. Pri upoštevanju dejstva, da izkoriščajo zgornjo kurilno vrednost (10,55 kWh/Sm^3), pridobimo iz njih po pretvorbi končne energije v koristno energijo okoli 10,13 kWh/Sm^3 koristne energije.
Bistvena razlika med klasičnim in kondenzacijskim kotlom je torej v dejstvu, da porabi slednji za proizvodnjo enake količine toplote za 15 do 20 % manj zemeljskega plina.

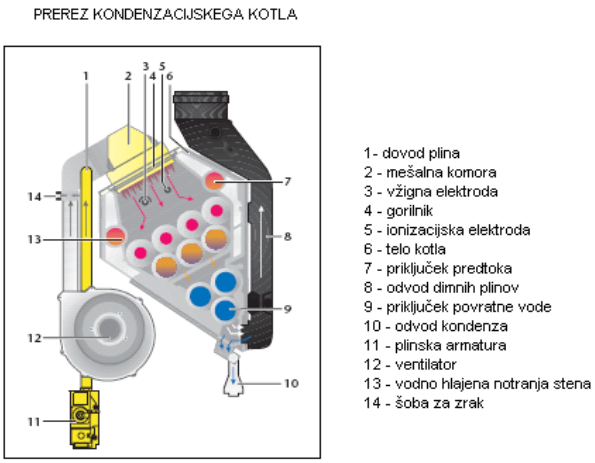
Ekološka neoporečnost kondenzata
Kondenzat iz kondenzacijskih plinskih kotlov vsebuje razen vode tudi raztopljeni ogljikov dioksid ter nekatere okside, ki z vodo tvorijo kisline. Zaradi tega je kondenzat iz teh kotlov kisel.
Na sliki 4. je podana pH vrednost tega kondenzata in pH vrednost nekaterih drugih voda.



Slika 4, Vir: spletne strani

Kondenzat iz manjših kurilnih naprav (pod nazivno močjo 50 kW) smemo izpuščati v kanalizacijo, saj se tam nevtralizira z bazičnimi odpadnimi vodami iz gospodinjstev. Pri kurilnih napravah z nazivno močjo nad 50 kW pa je potrebna posebna nevtralizacija.

Delovanje kondenzacijskega kotla
Slika 5 prikazuje prerez enega od obstoječih tipov kondenzacijskega kotla, ki je izdelan v skladu z zahtevami po maksimalni kondenzaciji, dobrem prenosu kondenzacijske toplote na povratek ogrevne vode, vgradnji kvalitetnih materialov in seveda tudi dolgotrajni ekološki in ekonomičnosti obratovanja. Toplotni izmenjevalnik je izdelan iz narebrene cevi; izločene kapljice kondenzata in dimni plini se gibljejo v isti smeri, zato ni možnosti ponovnega uparjanja izločene vode, smer pretoka dimnih plinov in povratka ogrevne vode skozi toplotni izmenjevalnik je protitočna; delovanje kotla je modulirano.

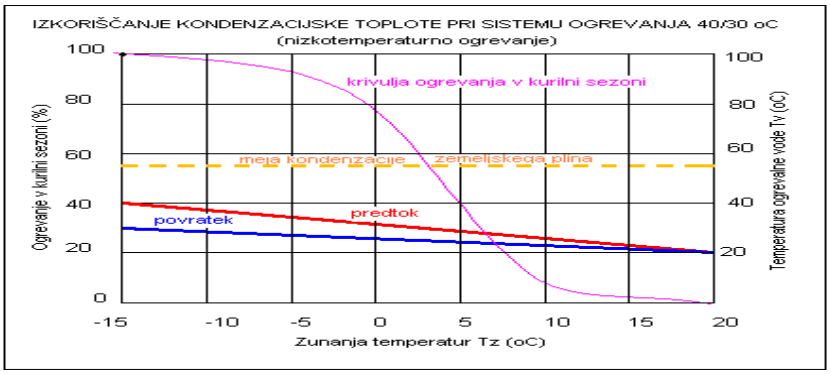


Slika 5, Vir: prospekti proizvajalcev

Standardni kotli, opremljeni s termostatom, ki potrebe po toploti zagotavljajo z vklapljanjem in izklapljanjem gorilnika, ne zadoščajo zgoraj navedenim zahtevam. V nadaljnjem razvoju kotlov so nastali kotli z dvostopenjskimi gorilniki, ti so delovali na principu večji plamen – manjši plamen, ki pa prav tako niso dali želenih rezultatov. Pravo rešitev je dala šele uporaba digitalne tehnike, ki je omogočila modularno delovanje kotla. Pri tem gre za zvezno regulacijo moči kotla v odvisnosti od obremenitve, to je potrebe po toploti. V tem primeru se gorilnik ne ugaša, pač pa se v odvisnosti od potreb spreminja velikost plamena in s tem moč kotla. Velikost plamena pa se spreminja, če se spreminja pretok dovedenega goriva (plina). Zelo pomembno je dejstvo, da določenemu pretoku goriva ustreza točno določen pretok zgorevalnega zraka. Mešanica plin – zrak mora biti optimalna, njuno razmerje pa čim bolj konstantno. Za navedeno skrbi zvezna regulacija dovedenega goriva in zgorevalnega zraka.
Velika prednost teh kotlov je tudi v tem, da temperatura ogrevne vode navzdol ni omejena. Brez težav lahko obratujejo tudi v temperaturnem režimu 40/30 °C, pri tem pa bodo imeli še boljši izkoristek kot pri režimu 75/60 °C, saj je količina nastalega kondenzata pri nižjih temperaturah povratka iz ogrevalnega sistema večja kot pri višjih temperaturah. Navedeno je razvidno iz diagramov na slikah 6 in 7.

Vpliv ogrevalnega sistema na izkoristek kondenzacijskega kotla
Prednost kondenzacijskih kotlov pred standardnimi in nizkotemperaturnimi je v tem, da izkoriščajo kondenzacijsko toploto vodne pare v dimnih plinih. Navedeno se zgodi s kondenziranjem – z odvzemom kondenzacijske toplote in s prenosom le-te na povratek ogrevne vode. Delež izkoriščene kondenzacijske toplote zavisi od temperature povratka ogrevne vode in od časa obratovanja v območju kondenzacije (meja kondenzacije).

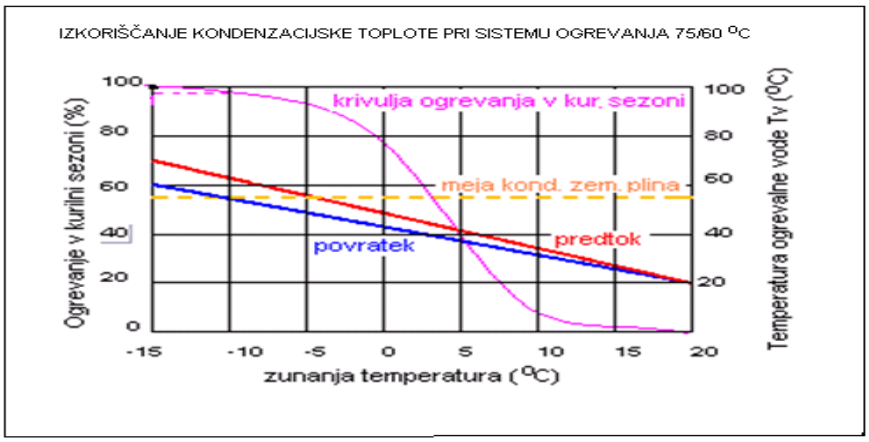
Slika 6 prikazuje izkoriščanje kondenzacijske toplote pri sistemu ogrevanja 40/30 °C.



Slika 6 Vir: proizvajalci

V primeru nizkotemperaturnega ogrevanja ima predtok ogrevne vode (pri zunanji temperaturi zraka minus 15°C), 40°C, povratek pa 30°C. Tako temperatura predtoka kot povratka sta ves čas ogrevanja pod mejo kondenzacije zemeljskega plina, zato je izkoriščanje kondenzacijske toplote 100% (vsa med zgorevanjem nastala vodna para kondenzira, s tem pa poberemo vso latentno toploto).

Na sliki 7 vidimo koriščenje kondenzacijske toplote pri sistemu ogrevanja 75/60 °C.



Slika 7 Vir: proizvajalci

Iz slike lahko ugotovimo, da je tudi pri tem sistemu možno koristiti kondenzacijsko toploto približno 90% celoletnega ogrevalnega časa.
Iz zgornjih diagramov vidimo, da je stopnja kondenzacije v veliki meri odvisna od temperature povratne vode. V primeru ploskovnega ogrevanja (talno, stensko,…) je temperatura povratka nižja od temperature mejne kondenzacije zemeljskega plina, zato dosežemo 100% kondenzacijo. V primeru radiatorskega ogrevanja in nizkih temperaturah okolice temperatura povrata prekorači mejo kondenzacije zemeljskega plina, kar pomeni da do popolne kondenzacije ne bo prišlo. V praksi torej obstaja možnost, da se v dimnih plinih pojavi nekaj kondenza, ki bi lahko privedel do poškodb klasičnih dimnikov. Zaradi navedenega potrebujejo kondenzacijski kotli posebne dimnike.

Pridobitev subvencije EKO sklada – javni poziv 74SUB – OB19

Plinski kondenzacijski kotel mora izpolnjevati tehnične zahteve predpisov za okoljsko primerno zasnovo proizvodov, povezanih z energijo in zahteve vseh ostalih predpisov, ki urejajo to področje in mora imeti skupaj z napravo za uravnavanje temperature vrednost sezonske energijske učinkovitosti pri ogrevanju prostorov ηs(%) vsaj 98 % oziroma mora biti komplet plinskega kondenzacijskega kotla in naprave za uravnavanje temperature vsaj v »A+« razredu sezonske energijske učinkovitosti pri ogrevanju prostorov.

Nepovratna finančna spodbuda za naložbo vgradnje plinskega kondenzacijskega kotla za centralno ogrevanje starejše stanovanjske stavbe je lahko dodeljena le na območju občin s sprejetim Odlokom o načrtu za kakovost zraka, in sicer zgolj na tistih območjih teh občin, kjer je skladno z občinskim aktom ali lokalnim energetskim konceptom kot prednostni način ogrevanja določena uporaba zemeljskega plina, ob hkratni priključitvi na sistem distribucije zemeljskega plina. Občina zagotovi Eko skladu podatke o mejah območij, kjer je določen prednostni način ogrevanja, na zemljiško parcelo natančno.

Nepovratna finančna spodbuda je lahko dodeljena le za stanovanjske stavbe oziroma dele stanovanjskih stavb, za katere je bilo gradbeno dovoljenje za gradnjo ali spremembo namembnosti izdano pred 1. 7. 2010, morebitna odločba o legalizaciji stanovanjske stavbe zgrajene pred 1. 7. 2010, oziroma odločba o domnevi izdanega gradbenega in uporabnega dovoljenja po 118. členu Gradbenega zakona (Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17 – popr.); za stavbe zgrajene pred 31. 12. 1967, pa pred izdajo odločbe po tem javnem pozivu.

Višina nepovratne finančne spodbude znaša do 50 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne več kot 2.000 EUR na vgrajen plinski kondenzacijski kotel.

Energetski svetovalec mreže ENSVET
mag. Evgen Gömbös, udie.