

Energija zemlje v stavbah

Intenzivna raba omejenih zalog primarnih energetskega virov, pomeni njihovo pospešeno izčrpavanje, pri čemer nastaja vrsta škodljivih stranskih učinkov, med ostalimi tudi trajno povečano stopnjo emisij v ozračje in posledično učinek tople grede. V tem kontekstu, pridobivajo pobude za izrabo trajnih in obnovljivih virov vse večji pomen.

Izkoriščanje geotermalne energije (toplote zemlje) kot vira energije, ki glede na količino virov izpolnjuje merilo trajnosti, pri izkoriščanju ne povečuje globalnega sevanja zaradi emisij CO₂ in ga lahko zaradi tega prištevamo k obnovljivim virom energije).

Toploto, ki je shranjena v Zemljini notranjosti lahko izkoriščamo na več načinov. Tako razlikujemo med geotermalnim izkoriščanjem (vrelci vroče vode in pare), hlajenjem vročih kamenin in geotlačnim izkoriščanjem geotermalne energije. Možnosti uporabe geotermalne energije so različne. Koristimo jo lahko za proizvodnjo električne energije, ogrevanje (neposredno ali toplotnimi črpalkami) ter v balneologiji.

Pričujoči članek se nanaša na izrabo toplote zemlje z horizontalnimi zemeljskimi kolektorji in vertikalnimi zemeljskimi kolektorji (geosondami) ter toplotnimi črpalkami z elektromotornim pogonom. Geotermalno energijo odvezemajo horizontalni ali vertikalni kolektorji iz suhih zemeljskih vrtin. Možen je tudi odzem toplote iz podtalnice, ki jo prav tako s toplotnimi črpalkami izrabljamo za ogrevanje.

Uporaba toplotnih črpalk, se povečuje v vseh evropskih državah in tudi pri nas. Za takšno stanje obstajata dva bistvena razloga. Prvi je ta, da toplotne črpalke pomenijo bolj učinkovito tehnologijo pri izrabi primarnih energetskega virov s prihranki približno 20 - 35 % v primerjavi z kotli na olje in plin. Drugi razlog je ta, da za razliko od oljnih in plinskih kotlov, toplotne črpalke ne ustvarjajo nikakršnih primarnih emisij, temveč le emisije v elektrarnah. Iz tega razloga, pomembno prispevajo k zmanjšanju emisij v gosto naseljenih področjih. S spodbujanjem rabe geotermalne energije ohranjamo domače rezerve konvencionalnih energentov in zmanjšujemo njihov uvoz.

Osnove načrtovanja sistemov z geosondo

Sistem izrabe geotermalne energije z geosondo tvorita vrtina z vstavljenimi geosondami in toplotna črpalka. Uporaba toplote črpalke za ogrevanje omogoča tudi hlajenje prostorov in ogrevanje sanitarne vode. Za odzem toplote kameninam za toplotne moči do nekaj 100 kW, lahko uporabimo vertikalne zemeljske kolektorje - geosonde. Vertikalni zemeljski kolektor je dejansko toplotni prenosnik, sestavljen iz cevi in vstavljen v vrtino vertikalno. V kolektorju kroži medij, ki hladi okoliško kamenino. V notranjosti kamenin se medij segreje ter se po vzporedni cevi segret vrača na površje. Geosonde se

polagajo v zemljo na globini 30 do 100 m (največ 150 m), pri čemer se kot material uporablja PE (polietilen), ki zagotavlja dobro izmenjavo toplote in je odporen na tlak, vlago, glodalce in mikroorganizme. Vse votle prostore med cevmi in zemljo je potrebno zapolniti z dobro prevodnim materialom, suspenzijo vode in cementa (betonitom). Globina in premer ene ali več energetskih sta odvisni od toplotnih potreb objekta in moči vgrajene toplotne črpalke.

V vrtino se najpogosteje vstavljajo sonde v dveh osnovnih izvedbah:

- kot dvojna U cevna sonda (skozi en krak vstopa ohlajeni delovni medij, skozi drugi krak se v TČ vrača segret delovni medij),
- kot koaksialna cev, (notranja cev je iz PE, skozi njo teče hladni delovni medij, medtem ko je zunanja cev iz jekla in skozi njo teče do TČ segret delovni medij).

Osnovne značilnosti zemeljske sonde:

- ne potrebujemo veliko prostora,
- celoletna visoka temperatura vira,
- možno neposredno hlajenje (Direct - Cooling).

V odvisnosti od kakovosti zemeljskih tal potrebujemo za 1 kW toplotne črpalke približno 15 - 20 m globoko izvrtino. Pri vgradnji zemeljske sonde z je potrebno upoštevati:

- najmanjša razdalja med izvrtinama: 5 do 6 m,
- najmanjša oddaljenost od temeljev zgradbe: 2 m,
- upoštevati moramo kvaliteto oziroma vrsto tal,
- globina izvrtine je odvisna tudi od kakovosti zemeljskih tal,
- izbrati ustrezno mešanico delovnega medija glikol/voda.

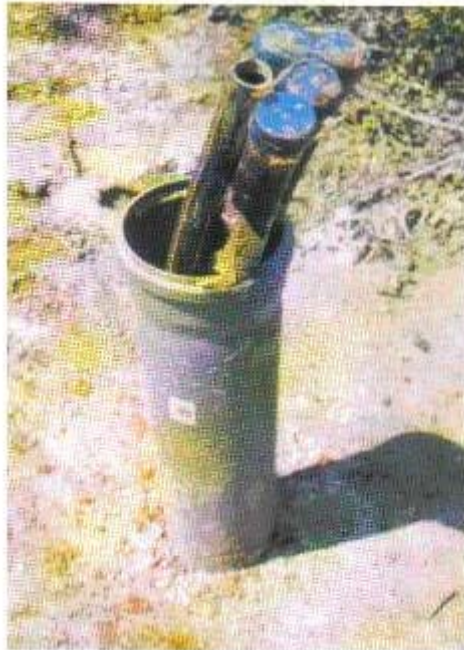
Odvzem toplote iz kamenin

Odvizno od lastnosti zemlje, je odvzem toplote na tekoči meter povprečno od 50 do 100 W/m dolžine sonde oziroma globine tal. Če se nahajamo na vodnatem področju, so možne večje vrednosti. Količina vode in poroznost tal ima velik vpliv na toplotno prevodnost. Odvzem toplote je sledeč:

- suha peščena tla: 20 W/m,
- vlažna peščena tla: 40 W/m,
- vlažna kamnita tla: 60 W/m,
- tla s podtalnico: 80 - 100 W/m.

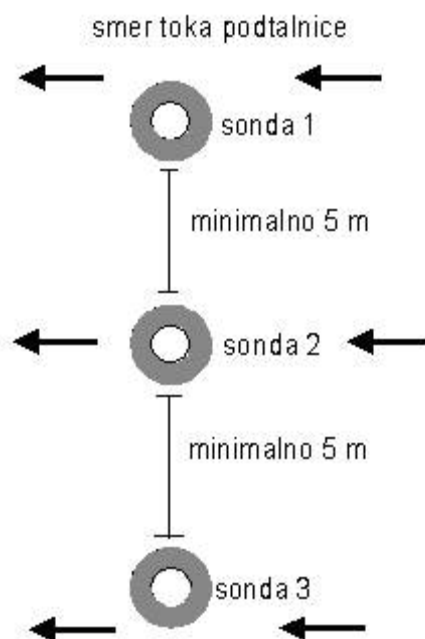
Slika 3 prikazuje potek temperature zemlje v različnih globinah. Temperatura zemlje je globini 15 m in več preko celega leta 10 °C. Število in globina vrtin je odvisna od toplotne potrebe objekta in sestave tal. Zunanjo premer vrtine je 126 mm. V vrtino se vgradijo štiri cevi PE 32 od katerih

sta dve povezani z zanko. Ko so cevi vgrajene, se vrtina od spodaj navzgor, preko injekcijske cevi, napolni s betonitom (Slika 1).



[Slika 1: Vgradnja geosonde v globino](#)

Povezavo do toplotne črpalke izvedemo na globini 0,8 m s PE cevmi. Če je potrebno izvesti več vrtin, cevi združimo v posebnem jašku in priključimo na zbiralni kolektor. Razdalja med posameznimi sondami mora znašati vsaj 5 m, da preprečimo medsebojni vpliv in zagotovimo regeneracijo zemljišča v poletnem času. V primeru vgradnje več sond, jih postavimo prečno na smer podzemnih tokov (Slika 2).



[Slika 2: Razmak med sondami](#)

Osnovne smernice za izbiro moči TČ

Z uveljavitvijo novega Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije (Ur.l.št. 42/2002) je predpisana največja letna raba energije za ogrevanje. Za stavbe to pomeni letno rabo med 60 in 80 kWh/m²a. Nizkoenergijske hiše (NEH), porabijo za ogrevanje 20 - 55 kWh/m²a. Mednje prištevamo tudi tako imenovane 3 - litrske hiše, ki porabijo letno za ogrevanje manj kot 30 kWh/m²a. Še manjšo letno rabo energije za ogrevanje imajo pasivne hiše (PH) in sicer manj kot 15 kWh/m²a.

Pri približnem ugotavljanju ogrevalne moči toplotne črpalke na osnovi ogrevane površine upoštevamo naslednje vrednosti za specifične toplotne izgube:

- obstoječa hiša s primerno toplotno izolacijo 70 W/m²,
- novogradnja z dobro toplotno izolacijo 50 W/m²,
- nizkoenergijska hiša 40 W/m²,
- pasivna hiša 10 W/m².

Načrtovanje tople sanitarne vode

Upoštevati moramo sledeče:

- maksimalna poraba sanitarne vode je približno 50 litrov na osebo pri temperaturi 45°C. Za to potrebujemo dodatno toploto, ki znaša približno 0,25 kW po osebi,
- dodatno toploto moramo prišteti k ogrevalni moči, razen ogrevanja sanitarne vode ponoči, ko to toploto ne porabljamo za ogrevanje. Cirkulacijski vod moramo dobro izolirati, sicer se lahko dodatne potrebe po toploti povečajo tudi do 50 %.

Vgradnja geosond v svetu in pri nas

Geosonde predstavljajo trenutno eno najhitreje rastočih tehnologij obnovljivih virov energije v svetu. Trenutna kapaciteta vgrajenih geosond v svetu je ocenjena na 9500 MWth, letna poraba energije pa je 52.000 TJ (14.400 GWh). Dejansko število geosond je ocenjeno na 800.000 enot. V ZDA število geosond konstantno narašča z letno rastjo 12%, večinoma v srednje-zahodnih in vzhodnih državah od severa Dakote do Floride. Letno je vgrajenih približno 50.000 enot. Od tega je 46% vgrajenih vertikalno, 38% horizontalno, 15% pa jih je odprtega sistema (koriščenje podtalnice). V zahodnih in srednje evropskih državah je neposredna uporaba geotermalne energije za pridobivanje toplote omejena z specifičnimi geološkimi značilnostmi. Težko je najti zanesljive vire, ki bi poročali o dejanskem številu že vgrajenih geosond v Evropi. Na splošno lahko rečemo, da je tržni delež geosond še vedno skromen, z izjemama to velja za Švico in Švedsko. Sistem geosonda v Švici ima letno rast 15%. Trenutno delujočih je preko 25.000 geosond. Pojavljajo se trije tipi sistemov, ki pridobivajo toploto iz zemlje:

- plitki vodoravni (horizontalni) cevni sistemi (5%),
- 100 - 400 m globoke vrtine (65%),
- toplotne črpalke na toplo podtalnico (30%).

Samo v letu 2002 je bilo za potrebe geosond zvrtnih 600 km vrtin. Sistemi geosonda so idealno nameščeni za izkoristek geotermalne energije.

Rast novih sistemov je neverjeten; število novo vgrajenih sistemov se letno poveča za več kot 10%. Mali sistemi (pod 20kW) imajo največjo rast (več kot 15%). Leta 2001 je bila skupna kapaciteta sistemov geosonda 440 MW_{th}, pridobljena toplotna energija pa okoli 660G Wh. Leta 2002 je bilo izvrtnih več tisoč; povprečna vrtina je globoka 150 - 200m, vrtine z globino nad 300m pa postajajo vse pogostejše. Glavni razlog za prodor sistema geosond na trg v Švici se nahaja v dejstvu, da tam skorajda ni drugih naravnih virov, razen tistih, ki jih ponuja Zemljino površje. Medtem ko večina vgrajenih sistemov služi za gretje prostorov enodružinskih hiš (tudi sanitarne vode), število inovativnih rešitev strmo narašča. To vključuje tudi večkratne (multi) geosonde, kombinirane s toplotno shrambo, npr. solarno energijo, geotermalnim ogrevanjem/hlajenjem in energetskimi temelji (temelji zgradb opremljeni s cevmi kot so v vrtinah). Gostota geosond znaša 2 kom/km². Na Švedskem so geosonde pridobile na popularnosti v zgodnjih 80 letih, leta 1985 je bilo vgrajenih že 50.000 enot. Nato pa je zaradi nizkih cen energije in težav s kvaliteto trg upadel in jih je bilo v naslednjih 10 letih vgrajenih okoli 2000 letno. Nato pa sta leta 1995 ozaveščenost prebivalstva in sprejem geosond začela zopet naraščati, tudi zaradi podpore same države. Leta 2001 in 2002 jih je bilo vgrajenih okoli 27.000 enot. Tako je danes vgrajenih že približno 200.000 enot. Geosonde so trenutno najbolj priljubljen način ogrevanja za manjše stanovanjske stavbe na Švedskem in nadomeščajo oljno kurjavo zaradi trenutnih cen olja, prav tako električne peči in zaradi cen lesa tudi kamine. Nekaj je tudi večjih vgrajenih sistemov (zaprtih in odprtih) za omrežno gretje. Povprečna moč enote je 10 kW. Ocenjeno je, da je bilo okoli 70% vseh vgradenj z vertikalnimi vrtinami. V bivanjskem sektorju je povprečna globina vrtine 125 m, povprečna dolžina horizontalnega sistema pa 350 m. V Sloveniji so se geosonde pričele vgrajevati v letu 2003. Vsa dela izvaja firma Geosonda d.o.o iz Kranja, ki s kooperanti izvede vse dela in sicer od priprave dokumentacije in pridobitve dovoljenja, do izvedbe vrtin in montaže ogrevalnega sistema. V tem letu so bile izvedene vrtine za štiri objekte, montaža toplotne opreme pa se je izvajala v naslednjem letu. V letu 2004 je bil sistem vgrajen v prvi javni objekt in sicer v podružnično šolo Hruševje pri Postojni. V letu 2005 je bilo zaključenih 10 individualnih stanovanjskih objektov, med njimi dve montažni hiši.

Stroški vgradnje in prihranki energije, emisija CO₂

Primerjavo bomo naredili med sistemom geosonda in med najpogosteje uporabljenima viroma energije, to je zemeljski plin in kurilno olje.

Za osnovo bomo vzeli enodružinsko hišo Letna raba energije za ogrevanje je ocenjena na 60 kWh/m²a. Če upoštevamo še pripravo sanitarne vode, za kar potrebujemo 0,2 kW po osebi, pomeni to vgradnjo toplotne črpalke z 11 kW toplotne moči. Električna moč takšne črpalke znaša 2,75 kW. Hladilna moč črpalke, ki je razlika med ogrevalno močjo in vloženo električno močjo znaša 8,25 kW.

Primerjava je narejena med sistemom geosonda in med najpogosteje uporabljenima viroma energije, to je plinom (ZP, UNP) in kurilnim oljem. Za osnovo je vzeta individualna zgradba z letno rabo energije za ogrevanje 60 kWh/m²a. Energija, ki jo potrebujemo za ogrevanje objekta, ne glede na vir ogrevanja, je ocenjena na 18.000 kWh. Upoštevano je približno 1800 ur obratovanja kurilne naprave (izkoristek NT kotla na LKO je ocenjen na 85 %, stenskega plinskega kotla na 90 %).

Pri toplotni črpalci je upoštevano 1800 ur obratovanja in grelni število 4. Pri električni moči toplotne črpalke 2,75 kW, znaša poraba električne energije 4.950 kWh. Toplotna moč črpalke znaša 11 kW in hladilna moč črpalke $Q_k = 8,25$ kW. Potrebno število in globino sonde določimo iz enačbe $L_{\text{sonde}} = Q_k/q_e = 825/55 = 150$ m. Pri tem je upoštevan toplotni odvzem iz zemlje $q_e = 55$ W/m. Odločimo se za dve s dvojni »U« sondi na globini 75 m.

Pri izračunu stroškov investicije (diagram Slika 3) ni upoštevana montaža kurilnih naprav in izvedba ogrevalnega sistema. Ti stroški so pri vseh sistemih podobni in so odvisni predvsem od želja investitorja. Pri geosondi znaša cena izvedbe vrtin 12.000 SIT/m (cca 50 EUR/m). Stroški za pridobitev rudarske dovoljenja in dokumentacije znašajo 295.000 SIT. Slaba stran ogrevanja z geosondo je vsekakor znatno višja investicija v primerjavi s klasičnim ali kompaktnim zemeljskim kolektorjem.

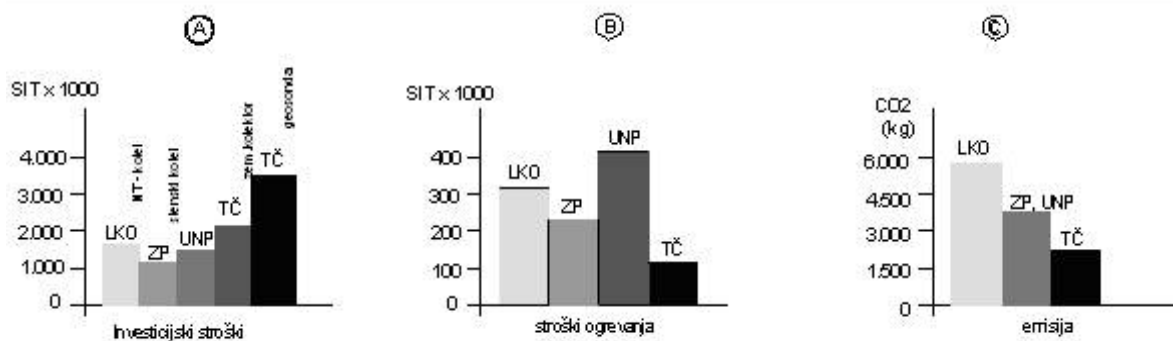
Stroški za gradbene ukrepe pri ogrevanju na LKO so sestavljeni iz stroškov za prostor kurilnice, rezervoarja za olje (notranja ali zunanja postavitve) in dimnika. K tem stroškom v primeru ogrevanja na ZP moramo prišteti še morebitne stroške za priključek. Omenjeni stroški so različni pri posameznih ogrevalnih sistemih. Tako pri ogrevanju s toplotno črpalco in zemeljskim plinom ne potrebuje prostora za rezervoar. Pri monovalentnem načinu obratovanja TČ tudi ne potrebujemo dimnika.

Za primerjavo stroškov ogrevanja smo uporabili naslednje cene energentov (na dan 25.3.2006):

- ELKO 146,50 SIT/l,
- zemeljski plin 125,16 SIT/m³,
- UNP 152 SIT/l,
- električna energija 21 SIT/kWh.

Primerjava je narejena za letne stroške ogrevanja z različnimi energenti, kar je prikazano v diagramu na Sliki 3. Iz tabele je razvidno, da je najcenejše ogrevanje s toplotno črpalko. Ogrevanje s toplotno črpalko zmanjša emisije toplogrednih plinov, predvsem ogljikovega dioksida (CO₂). Upoštevani so bili sledeči parametri:

- emisije za ELKO - 2,6 kg CO₂/l,
- zemeljski plin - 1,9 kg CO₂-e /m³,
- UNP - 1,5 kg CO₂/l,
- emisije za električno energijo - 0,5 kg CO₂/kWh_e.



Slika 3 Investicijski stroški, ogrevalni stroški in emisija CO₂

[Slika 3: Investicijski stroški, ogrevalni stroški in emisije CO₂](#)

Iz tabele je razvidno, da so emisije pri toplotni črpalki s sistemom geosonda daleč najmanjše. Pri ogrevanju s sistemom geosonda imamo najnižji strošek ogrevanja, pa še škodljive izpuste v zrak zmanjšamo. Edina slabost sistema je višja investicija za izgradnjo sistema. Vendar je možno pridobiti za sistem geosonda ugoden ekološki kredit in subvencijo države. Iz diagrama je tudi razvidno, da so emisije pri toplotni črpalki s sistemom geosonda daleč najmanjše.

Stroški za gradbene ukrepe so sestavljeni iz stroškov za prostor kurilnice, rezervoarja za olje (notranja ali zunanja postavitve) in dimnik. K tem stroškom moramo prišteti še morebitne stroške za priključek na plin in stroške za povečanje jakosti glavnih varovalk.

Omenjeni stroški so različni pri posameznih ogrevalnih sistemih. Tako pri ogrevanju s toplotno črpalko in zemeljskim plinom ne potrebuje prostora za rezervoar. Pri monovalentnem načinu obratovanja TČ tudi ne potrebujemo dimnika.

Pri izračunu letnega stroška investicije za različen ogrevalni sistem, je potreben izračun stroškov za amortizacijo in stroškov za obresti. Stroški nakupa za ogrevalni sistem se razdelijo na amortizacijsko dobo in pričakovano življenjsko dobo. Letni stroški investicije so tako odvisni od višine stroškov nakupa, obrestne mere in življenjske dobe ogrevalnega sistema. Pri izračunu stroškov investicije nismo upoštevali montaže kurilnih naprav in izvedbe ogrevalnega sistema, saj so ti stroški pri vseh sistemih podobni in so odvisni predvsem od želja investitorja.

Pa pogledajmo, kaj pomeni za zmanjševanje emisij CO₂, če namesto kurilnega ali plina uporabimo obnovljivi vir energije za ogrevanje.

Izhajali bomo iz podatkov o izdaji gradbenih dovoljenj v Sloveniji. Na leto se izda približno gradbenih dovoljenj 800.000 m² stanovanjske površine. Če računamo, da na m² porabimo 90 kWh energije za ogrevanje, bomo potrebovali za ogrevanje teh objektov 72.000.00 kWh energije.

Če bi to energijo pridobivali s kurilnim oljem, bi pri 80 % izkoristku kurilne naprave pomenilo to 9.000.00 l kurilnega olja, s čimer bi proizvedli 23.400.00 kg CO₂. Če namesto kurilnega olja uporabimo obnovljivi vir (biomasa, geotermalna energija), zmanjšamo emisije vsaj za 75 %, kar pomeni za 17.550.000 kg CO₂ manj na leto.

Zakonodaja

Za izvedbo vrtine je potrebno dovoljenje za izvajanje del (rudarsko dovoljenje). Da SEe lahko vloži vloga za izdajo dovoljenja potrebujemo lokacijsko informacijo, geološko prognozo z energetskega izračunom, rudarski projekt in revizijo rudarskega projekta. Vgradnjo sistema geosond ni direktno opredeljena v slovenski zakonodaji z definicijo in ustrezno obrazložitvijo. Po slovenski zakonodaji je Zakon o rudarstvu (Uradni list RS, št.56/99) v svojem 3.členu definiral geotermični energetski vir pod točko 14. Po Zakonu o rudarstvu štejejo med rudarska dela tudi vrtanje vrtin nad 30 m globine (4.člen, točka 4).V točko 6. navedenega člena sodijo prav tako vsa dela s področja vgradnje in injektiranje geosond. Geosonde se vgrajuje do sedaj v globino med 70 do 150 m. Iz tega sledi, da je vgradnja geosond rudarsko delo in je zato potrebno pridobiti rudarsko dovoljenje (50.člen in 51.člen) za izvajanje del.

Rudarsko delo je sestavljeno iz vrtanja, vgradnje geosond in injektiranja stabilizacijskega materiala. Izdelava kinet za povezavo geosond s toplotno črpalko štejemo med gradbena dela.

Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS 47/04) je v svojem podzakonskem aktu (Pravilnik o manj zahtevnih objektih Ur.l. 114/03) opredelil vgradnjo toplotnih črpalk z nazivno močjo do 50 kW med objekte, za katere ni potrebno pridobiti gradbeno dovoljenje. Za vgradnjo toplotnih črpalk močnejših od 50 kW pa je potrebno pridobiti ustrezno gradbeno dovoljenje. V primeru ko je že izdano gradbeno dovoljenje za posamezni objekt, pa je

potrebno iskati ali ustrezno dopolnitev ali spremembo gradbenega dovoljenja.

Zakon varstvu okolja (Ur.l, RS 41/04) ne definira posebej rabo geotermičnega energetskega vira kot naravnega vira, za ostale naravne vire mora koristnik zaprositi za ustrezno dovoljenje (izraba energije podtalnice) ali si pridobiti ustrezno koncesijo.

Vsekakor bo morala država urediti rabo geotermičnega vira energije z ustreznim upravnim dovoljenjem. Vsako vrтанje v posamezno globino prinaša določene podatke o sestavi tal, kar bi se lahko ustrezno evidentirati na državnem nivoju.

Investitor s pridobljenim rudarskim dovoljenjem lahko kandidira na razpis za nepovratna sredstva za izvedbo investicije in tudi kandidira za sredstva iz eKološkega sklada RS.

Vgradnja zemeljskih kolektorjev za ogrevanje s toplotno črpalko

Zemeljski kolektor dimenzioniramo glede na hladilno moč toplotne črpalke. Kot vir toplote se koristi zemlja, v kateri je shranjena sončna energija. Izkoriščamo samo gornji sloj zemlje, ki dobiva energijo preko sončnega sevanja in s padavinami. Toplotni tok, ki prehaja iz globine zemlje na površino in znaša od 0,2 do 0,5 W/m² ne moremo koristiti kot vir toplote. Toplotna prevodnost zemlje narašča z vsebnostjo vode v zemlji (suha tla so manj prevodna; čim večja je vsebnost vode, tem večja je zmožnost akumulacije toplote). Zaledenitev površine okrog cevi kolektorja vodi k povečanju pridobljene toplote. Odvzem toplote je odvisen od toplotne prevodnosti zemlje (vrednosti za prevodnost znašajo $\lambda = 1$ do 3 W/mK), gostote zemlje in specifične toplotne kapacitete zemlje (W/m²).

Pri dimenzioniranju zemeljskega kolektorja moramo razpolagati s sledečimi podatki:

- sestavo zemlje (toplotna oddaja), možnost regeneracije površine (površina zemlje ne sme biti zazidana ali predvidena za zazidavo),
- temperaturno območje zemlje,
- delovno območje toplotne črpalke,
- razpoložljivost vira: vse leto ali omejitve vira (zaradi premajhne površine prostega zemljišča, preveč razgibanega terena ali nedostopnega terena),
- način ogrevanja s TČ: monovalentno/ bivalentno.

Na osnovi teh osnovnih podatkov je potrebno dimenzionirati cevni razvod, izračunati delovne parametre obtočne črpalke (pretok, padec tlaka skozi kolektor) in izvesti določena zemeljska in gradbena dela.

Kolektorje, kjer v ceveh kroži delovni medij (mešanica vode in glikola) delimo na:

- klasične talne (horizontalni) kolektorje,
- kompaktne vertikalne in horizontalne kolektorje,
- spiralne (»slinky« in »svec« izvedba),
- kolektor v širokem kanalu.

Delež toplote, ki jo naj pokrije toplotna črpalka je odvisen od vira toplote in načina obratovanja. Da dosežemo čim boljše grelno število, naj bo temperatura predtoka čim nižja. Grelno število je višje, če ima vir toplote sorazmerno visoko temperaturo in če je temperatura ogrevnega medija (predtoka) nizka. Da to dosežemo, moramo uporabiti nizkotemperaturne ogrevalne sisteme (talno, stensko, stropno, toplozračno, konvektorsko).

Najpogosteje vgrajujemo v zemljo horizontalni cevni prenosnik. Cevni prenosnik, ki predstavlja uparjalnik, položimo v eni ali več plasteh. V globino približno 1,2 do 1,8 m metra se položijo PE cevi, najpogosteje premera 25 in 32 mm v dolžini 100 metrov/zanko. Glede na moč toplotne črpalke določimo število zank, ki jih potrebujemo.

V primeru, da nimamo dovolj prostora za položitev klasičnega horizontalnega kolektorja, lahko vgradimo t.i. kompaktni kolektor v zemeljski kanal. Pri vgradnji je potrebno upoštevati globino polaganja, razmike med cevmi, dolžine in dimenzije cevi, površino razpoložljivega zemljišča, način polaganja kolektorja ter polnjenje sistema z mešanico glikol/voda.

Zaradi morebitne zmrzali kolektor ne vgradimo blizu nosilnih zidu, kanalizacije in vodovodnih cevi. Minimalni odmiki naj znašajo 1 m. V primeru, da se križata vodovodna in kanalizacijska cev, je potrebni cevi izolirati v dolžini enega metra na vsaki strani križanja. Položitev kolektorja pod potmi se izvede pravokotno na pot, kolektor pa zasuje z nekaj decimetrom debelo plastjo drobnega peska. Na plast peska še položimo dodatni izolacijsko ploščo, odporno na vlago. Mesto položitve kolektorja naj bo na prostoru, s katerega ne odstranjujejo sneg, saj sneg ščiti zemljo pred premočnih ohlajevanjem (zagotavlja ugodne pogoje za delovanje TČ). Kanal mora biti delno zasut pred začetkom preizkusnega delovanja. Končno zasutje kanala je potrebno izvesti po tlačnem preizkusu in poskusnem obratovanju.

Kolektor je potrebno napolniti z mešanico vode in glikola v razmerju 70/30 %. Način polnjenja izvesti s posebno pripravo in črpalko. V primeru, če koristimo za ogrevanje toploto zemlje, moramo računati, da bo vegetacija zamujala približno 3 tedne. Glede na velikost parcele imamo različne možnosti pri izbiri kolektorja. Poznati moramo sestavo zemlje (zaradi toplotne oddaje), temperaturno območje zemlje in način ogrevanja (monovalento, bivalento).

Ogrevanje in hlajenje nizkoenergijskih hiš s toplotno črpalko

Toplotne črpalke lahko koristimo tudi za hlajenje. Razlikujemo med aktivnim in pasivnim - prostim hlajenjem. O aktivnem hlajenju govorimo, kadar toplotna črpalka deluje »reverzibilno«, pri čemer sta ogrevalni in hladilni sistem zajeta v eni napravi, kar je iz energijskega vidika sigurno najprimernejša rešitev. Pri aktivnem hlajenju kompresor obratuje, kar pomeni določeno rabo energije in s tem povezane stroške. V letnem času, pri povišanih zunanjih temperaturah se toplotna črpalka lahko koristi za pasivno hlajenje. Takšno hlajenje je najcenejše, skoraj brezplačno, saj potrebujemo pogonsko energijo samo za obratovanje obtočne črpalke. Za hladilne elemente lahko uporabljamo razen ventilatorskih konvektorjev tudi sistem talnega ogrevanja in stropno hlajenje (sistem tople betonske plošče).

Vrednosti za odvzem toplote pri hlajenju:

- iz globinske sonde cca 30 W/m,
- pri stenskem ogrevanju cca 50 W/m²,
- pri talnem ogrevanju cca 25 W/m².

Pri pasivnem hlajenju koristimo razpoložljiv medij na nizkem temperaturnem nivoju (talna voda, zemlja), pri čemer toploto prenašamo preko toplotnega prenosnika na hladilno/ogrevalni sistem (kompresor TČ ne deluje - je pasiven). Pri aktivnem hlajenju kompresor obratuje, medij v ohlajevalnem krogotoku se aktivno ohlaja.

Nizkotemperaturne sisteme površinskega ogrevanja in hlajenja s toplotno črpalko vse več uporabljamo tudi za manjše individualne zgradbe. Cevno mrežo je najbolje dimenzionirati tako, da dosežemo približno enake upore v primarnem in sekundarnem delu, kar pomeni, da pri istih dimenzijah cevne mreže in približno enakih pretokih tople in hladne vode, tudi obtočna črpalka ustreza za zimski in letni režim obratovanja. Pomembno je, da površine za ogrevanje in hlajenje optimalno dimenzioniramo in pri tem upoštevamo toplotne in hidravlične razmere. Takšen sistem ogrevanja in hlajenja je iz vidika toplotno - hidravličnih razmer usklajen v primeru, kadar je toplotna obremenitev v zimskem režimu približno dvakrat večja v primerjavi s hladilno obremenitvijo v letnem času, ter prav tako temperaturna razlika predtoka in povratka tople vode pri ogrevanju, približno dvakrat večja v primerjavi z razliko predtoka in povratka hladilne vode pri hlajenju.

Specifične toplotne izgube so sestavljene iz toplote potrebne za pokrivanje transmisijских in prezračevalnih izgub. Zmanjšanje transmisijских toplotnih izgub dosežemo z primerno toplotno izolacijo ovoja stavbe. Z zmanjšanjem transmisijских izgub narašča delež prezračevalnih izgub. Te izgube je možno zmanjšati z boljšo zatesnitvijo zgradbe. To pomeni, da več ni možno zagotoviti naravno izmenjavo zraka, potrebno za zdravje in prijetno počutje stanovalcev, temveč lahko optimalno izmenjavo zraka in s tem minimalne

prezračevalne izgube, dosežemo le z mehanskim prezračevanjem. S sodobnim prezračevalnim sistemom se tako odpovemo prezračevanju skozi okna in nekontroliranim toplotnim izgubam. Specifične toplotne izgube so prikazane v tabeli 1.

Tabela 1:Specifične toplotne izgube

Vrsta hiše	Specifične toplotne izgube (W/m²) Izmenjava zraka	
NEH - nizkoenergijska hiša	< 40	$n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$
3 - litrska hiša	20	$n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$
PH - pasivna hiša	< 10	$n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$

Ciljna izmenjava zraka v NEH znaša $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$. Pri PH je izmenjava zraka $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, kar pomeni, da se celotna količina v stavbi zamenja vsaki dve uri. Pri uporabi prezračevalnih naprav z rekuperacijo toplote je potrebna izmenjava zraka $n_{50} < 1,5$.

Kontrolirano prezračevanje, potrebna izmenjava zraka, rekuperacija toplote

Primerno kakovost zraka dosežemo z prezračevanjem, ki je potrebno predvsem zaradi odstranjevanja škodljivih snovi in različnih vonjav. Z povečevanjem izolacije lahko zmanjšamo "U" - vrednost na minimum, zelenih vrednosti porabljene energije za ogrevanje pasivne hiše (pod 15 kWh/m²a) pa ne dosežemo. Šele z uporabo kontroliranega prezračevanja, dosežemo zelene vrednosti glede rabe energije za ogrevanje prostorov. Kontrolirano prezračevanje ponuja še sledeče prednosti:

- prijetno in zdravo klimo (vedno sveži zrak tudi pri zaprtih oknih),
- primerno zvočna izolacijo, ker se okna lahko zaprta,
- preprečevanje nastanka plesni,
- odvod vodne pare in neprijetnih vonjav iz kuhinje in sanitarij,
- prihranek energije pri napravah z rekuperacijo toplote.

Da zmanjšamo izgube zaradi prezračevanja je potrebno samo izrabiti toplotno energijo, ki jo vsebuje že segreti zrak v prostoru in ga moramo zaradi izrabljenosti odvajati. Z realizacijo kontroliranega prezračevanja dovajamo v prostor sveži zrak, ki ga pred vstopom v bivalni prostor segrejemo s toploto izrabljenega zraka in ga nato segretega dovajamo nazaj v prostor. Že ohlajen izrabljen zrak pa odvajamo iz objekta.

Za prezračevanje in hlajenje prostorov se koristi toplotna črpalka in rekuperator toplote. Prostori v stanovanjskem objektu se prezračujejo in sočasno ogrevajo, pri čemer se koristi toplota izrabljenega zraka. Toplotna črpalka še ima vgrajen še grelnik sanitarne vode. V poletnem času pa lahko preko zemeljskega kolektorja zrak tudi ohlajamo (naprava obratuje brez rekuperacije toplote).

Pri projektiranju ogrevanja je pomembno, da izberemo nizko temperaturni sisteme, saj je grelna število toplotne črpalke toliko večji, kolikor je nižja temperatura, ki jo potrebujemo za ogrevanje.

Pri hlajenju se moramo zavedati, da temperatura medija (vode), ki ga uporabljamo za hlajenje, ne more biti nižja, kot je temperatura, ki jo dobimo iz Zemlje. Tej temperaturi, običajno je to 15 do 17°C, moramo prilagoditi sistem hlajenja. Najbolje je, če imamo talno, stensko ali stropno ogrevanje, saj lahko isti sistem uporabimo za gretje in hlajenje.

Zaključek

Raba končne energije v EU v stanovanjskem in terciarnem sektorju predstavlja že preko 40%. Če se omejimo samo na rabo končne energije za ogrevanje in pripravo tople vode, je ta za stanovanjski sektor znaša slabih 60 % za ogrevanje in 25 % za pripravo tople sanitarne vode.

Ker EU postaja vedno bolj odvisna od uvoza energije, bi se po sedanjih napovedih, brez sprejetih ukrepov, uvozna odvisnost od sedanjih nekaj čez 50 % povečala na 70 % leta 2030. Zato je potrebno ukrepati na strani potrošnikov energije, predvsem na področju učinkovite rabe energije na stavbnem sektorju. Osnovni cilj je povečati učinkovitost rabe končne energije predvsem na področju ogrevanja, ker so možnosti za dvig energijske učinkovitosti pri proizvodnji in distribucije energije majhne in delno omejene. Ocenjeni potencial prihrankov znaša za stanovanjski sektor 30 %. V primerjavi z oljem ali plinom se nam stroški ogrevanja zmanjšajo za do 66 %, stroški za hlajenje se nam lahko zmanjšajo tudi do 80 %. Emisije CO₂ lahko zmanjšamo do 75 %, saj so emisije pri kurilnem olju 2,6 kg/l, kar pri 80 % izkoristku kurilne naprave pomeni 0,34 kg/kWh. Če vgradimo toplotno črpalko, bodo emisije le še 0,1 kg CO₂/kWh.

Bojan Grobovšek