



FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
INSTITUT ZA ENERGETIKU, PROCESNU TEHNIKU I ZAŠTITU OKOLINE
NOVI SAD

MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA ENERGETSKOG POTENCIJALA GEOTERMALNIH VODA U VOJVODINI

NOVI SAD
JUN 2005. GODINA

UDK: 502.171: 662 997 (497.113)

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

INSTITUT ZA ENERGETIKU, PROCESNU TEHNIKU I ZAŠTITU OKOLINE

Trg Dositeja Obradovića 6

21000 NOVI SAD

Telefon: (021) 459 981

Telefax: (021) 63 50 775

Broj: 017-17/92-1

Datum: 14.06.2005. godina

Naziv elaborata:

**STUDIJA
MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA ENERGETSKOG
POTENCIJALA GEOTERMALNIH VODA U
VOJVODINI**

Naručilac:

POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA
ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE
Bulevar Mihajla Pupina 16
21000 Novi Sad

Ugovor broj:

01-1348/1 od 29. novembra 2004. godine

Studiju sastavili:

Prof. dr Đorđe Bašić
Prof. dr Mića Marić
Prof. dr Gordan Dragutinović
Mr. Jovan Petrović, dipl. ing.
Petar Varga, dipl. ing.
Branka Gvozdenac, dipl. ing.
Dragana Štrbac, dipl. ing.

Stručni konsultanti:

Prof. dr Dušan Gvozdenac, FTN, Novi Sad
Slobodan Vidović, dipl. ing., "NIS Naftagas", Novi Sad
Zorica Vukićević, dipl. ing., "NIS Naftagas", Novi Sad

Studija je vlasništvo naručioca posla. Nije dozvoljeno koristiti i prezentovati rezultate iz Studije bez saglasnosti nadležnih lica iz Sekretarijata.

Rukovodilac Instituta:

Prof. dr Đorđe BAŠIĆ

Rukovodilac posla:

Dekan:

Mr. Jovan PETROVIĆ, dipl. ing.

Prof. dr Ilija ĆOSIĆ

M.P.

SADRŽAJ

	Strana
LISTA TABELA	7
LISTA SLIKA	8
UVOD	10
REZIME	11
1 ENERGETSKI POTENCIJAL GEOTERMALNIH BUŠOTINA	17
1.1 Pregled postojećih bušotina geotermalne vode	17
1.2 Klasifikacija bušotina u zavisnosti od temperature vode i izdašnosti bušotina geotermalne vode	18
1.3 Klasifikacija bušotina prema geotermalnom potencijalu	29
1.4 Komentar podataka o karakteristikama bušotina	31
2 ANALIZA POTENCIJALNOG KONZUMA	33
2.1 Postojeći konzum geotermalne vode	33
2.2 Potencijalni konzum i način korišćenja energije geotermalne vode	36
2.3 Selekcija potencijalnog konzuma za priključenje	38
2.4 Mogućnosti i opravdanost priključenja	39
3 ANALIZA CENA	41
3.1 Cena geotermalne energije	41
3.1.1 Cena geotermalne vode	42
3.1.2 Cena bušotina geotermalne vode	43
3.2 Cena toplotne i električne energije iz konvencionalnih izvora	44
3.3 Prognoza cena energije	45
4 SAVREMENE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE ZA KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE	49
4.1 Izvorišta GTV – bušotine	49
4.1.1 Pregled resursa GTV	49
4.1.2 Teorijski termodinamički potencijali bušotine GTV	50
4.1.3 Tehničke mogućnosti eksploatacije potencijala GTV	52
4.1.4 Smernice za tehnoekonomske ocene eksploatacije GTV	53
4.1.5 Zaključci i predlozi	57
4.2 Spregnuta proizvodnja toplotne i električne energije	58
4.2.1 Strukturne realizacije termodinamičkih mogućnosti	58
4.2.2 Praktične realizacije postrojenja SPETE	63
4.2.3 Postrojenje SPETE u eksploataciji potencijala GTV i zaštita životne sredine	67
4.2.4 Smernice za tehnoekonomsku analizu postrojenja SPETE u eksploataciji GTV	67
4.2.4 Preporučena shema integrisanja postrojenja SPETE u eksploataciji potencijala GTV	72
4.3 Priprema energije za hlađenje objekata	73
4.3.1 Strukturne realizacije termodinamičkih mogućnosti	73
4.3.2 Praktične realizacije levokretnih kružnih procesa	76

4.3.3	Hlađenje objekata i zaštita životne sredine	78	
4.3.4	Smernice za tehnoekonomsku analizu		79
4.3.5	Preporučena shema integrisanja rashladne mašine u kontekstu eksploatacije potencijala GTV	84	
4.4	Priprema energije za zagrevanje objekata	86	
4.4.1	Teorijske mogućnosti korišćenja potencijala GTV za zagrevanje objekata		86
4.4.2	Praktična realizacija aparata i postrojenja u pripremi energije za zagrevanje objekata korišćenjem GTV	88	
4.4.3	Priprema energije za zagrevanje objekata i zaštita životne sredine		90
4.4.4	Smernice za tehnoekonomsku analizu postrojenja u pripremi energije za zagrevanje objekata		90
4.4.5	Preporuke u vezi pripreme energije za zagrevanje objekata	90	
4.5	Priprema sanitarne vode i vode za bazene		92
5	TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA REALNO PRIMENLJIVIH POSTROJENJA		95
5.1	Šema potrošača industrijske tople vode		96
5.2	Šeme složenih postrojenja		100
5.3	Ekonomska ocena predloženih tehničkih rešenja		109
6	EKOLIŠKI UTICAJI KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE		125
6.1	Analiza korišćenja geotermalne vode na zagađenje okoline		125
6.2	Predlog mera za saniranje posledica zagađenja okoline		126
7	ZAKLJUČAK		129
8	LITERATURA		131

PRILOZI:

PRILOG 1: PODACI O BUŠOTINAMA

PRILOG 2: PODACI I PRORAČUN UZ POGLAVLJE 4

LISTA TABELA

Osnovni tekst

- Tabela 1: Temperatura voda hidrotermalnih bušotina
Tabela 2: Izdašnost hidrotermalnih bušotina
Tabela 3: Temperatura voda negativnih naftnih i gasnih bušotina
Tabela 4: Izdašnost negativnih naftnih i gasnih bušotina
Tabela 5: Rezultati ispitivanja geotermalnih bušotina (1979.-1996.) godina
Tabela 6: Klasifikacija hidrotermalnih bušotina po temperaturi vode na izlivu
Tabela 7: Klasifikacija hidrotermalnih bušotina po vodoizdašnosti
Tabela 8: Klasifikacija hidrotermalnih bušotina po energetsom potencijalu
Tabela 9: Pregled bušotina koje su u proizvodnji ("NIS Naftagas", maj 2005. godina)
Tabela 10: Opsezi temperatura i protoka, i broj bušotina po naznačenim opsezima, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji
Tabela 11: Opsezi temperatura i protoka, i toplotna snaga [MW] po naznačenim opsezima, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji
Tabela 12: Opsezi temperatura i protoka, i teorijski najveća mehanička snaga (eksergija), [MW], po naznačenim opsezima, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji
Tabela 13: Opsezi temperatura i protoka, i termodinamički najveći stepen iskorišćenja toplote GTV, %, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji
Tabela 14: Realizacija postrojenja sa kružnim procesom visokog temperaturnog nivoa u funkciji izabranog goriva
Tabela 15: Struktura rashoda (troškova) i prihoda zavisno od načina integrisanja potencijala GTV u postrojenja SPETE
Tabela 16: Moguće kombinacije integrisanja instalacije rashladnih mašina u uslovima korišćenja potencijala GTV kod hlađenja objekata
Tabela 17: Prosečna temperatura, t_g °C, dovođenja toplote za "pogon" rashladne mašine, za bušotine naznačenih opsega protoka i temperatura GTV
Tabela 18: Odnos cena snage hlađenja, C_h c€/kWh, i cene toplote kondenzacije, $C_k = C_q$ c€/kWh, za litijum bromidsku ARM
Tabela 19: Odnos cena snage hlađenja, C_h c€/kWh, i cene toplote kondenzacije, $C_k = C_q$ c€/kWh, za KRM
Tabela 20: Odnos cena snage hlađenja, C_h c€/kWh, i cene toplote kondenzacije, $C_k = C_q$, c€/kWh, za KRM sa pogonskom energijom iz komercijalne električne mreže
Tabela 21: Ostvarena dobit po varijantama i cenama električne energije €/a
Tabela 22: Ekonomski proračun za bušotinu sa sl.37.
Tabela 23: Ekonomski proračun za bušotinu sa sl.38

Prilog 1

- Tabela 1: Podaci o hidrotermalnim bušotinama, koje su trenutno u proizvodnji
Tabela 2: Hidrotermalne bušotine sa izgardenim hidrotermalnim sistemima, koji nisu u proizvodnji
Tabela 3: Bušotine koje nikada nisu bile u proizvodnji, a perspektivne su

Prilog 2

- Tabela 1: Moguća sprežanja visokonivoskog (Joule) i niskonivoskog (Rankine) kružnog procesa kod kombinovanih postrojenja dualnog (binarnog) tipa

LISTA SLIKA

Osnovni tekst

- Slika 1: Lokacije hidrotermalnih bušotina
Slika 2: Šema sistema za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda
Slika 3: Cena geotermalne vode
Slika 4: Cena bušotina geotermalne vode
Slika 5: Uobičajene oblasti korišćenja potencijala geotermalne vode zavisno od njene temperature (tzv. Lindal dijagram)
Slika 6: Mrežni dijagram sprezanja toka GTV i potrošača (korisnika) toplotne energije
Slika 7: Vreme proste otplate postrojenja, u funkciji snage bušotine i cene prodaje toplote
Slika 8: Vreme proste otplate postrojenja u funkciji snage i dubine proizvodne bušotine
Slika 9: Vreme proste otplate postrojenja u funkciji proizvedene mehaničke snage i dubine proizvodne bušotine
Slika 10: Kaskadna distribucija potencijala i količina GTV po različitim temperaturnim nivoima
Slika 11: Integrisanje postrojenja SPETE (sa konvencionalnim resursima) u eksploataciji toplotnih potencijala GTV
Slika 12: Integrisanje postrojenja SPETE (sa konvencionalnim resursima) u eksploataciji toplotnih potencijala GTV
Slika 13: Integrisanje postrojenja SPETE (sa konvencionalnim resursima) u eksploataciji toplotnih potencijala GTV
Slika 14: Postrojenja SPETE u eksploataciji toplotnih potencijala GTV
Slika 15: Osnovni kružni procesi i njihovi radni opsezi temperatura "izvora" i "ponora" toplote
Slika 16: Kombinovano termoenergetsko postrojenje
Slika 17: Kombinovano postrojenje Joule+Rankin kružni procesi
Slika 18: Specifična cena različitih postrojenja
Slika 19: Vreme proste otplate, godina, bušotine i postrojenja SPETE
Slika 20: Odnos rashoda - troškova (R) i prihoda (P)
Slika 21: Odnos rashoda (R) i prihoda (P), R/P
Slika 22: Proizvodnja mehaničke energije (ili struje) i toplote (kogeneracija) sa gasnim motorom uz podršku potencijala (toplotne energije) GTV
Slika 23: Apsorpciona rashladne mašine (ARM) u pripremi energije za hlađenje objekata
Slika 24: Kompresiona rashladna mašina (KRM) u pripremi energije za hlađenje objekata
Slika 25: Radni opsezi temperatura levokretnih kružnih procesa zavisno od radnog (rashladnog) fluida
Slika 26: Cena apsorpcionog rashladnog postrojenja (Litijum bromidske ARM) i odgovarajuće opreme za hlađenje kondenzatora
Slika 27: Cena kompresionog rashladnog postrojenja i odgovarajuće opreme za hlađenje kondenzatora
Slika 28: Korišćenje potencijala GTV i konvencionalnih resursa u pripremi energije za hlađenje objekata
Slika 29: Raspodela toplotnog potencijala GTV na različite nivoe potrošača
Slika 30: Raspodela toplotnog potencijala GTV na različite nivoe potrošača
Slika 31: Toplotne pumpe u pripremi energije za zagrevanje objekata
Slika 32: Koeficijent prelaza toplote za pločaste toplotne razmenjivače
Slika 33: Cene površine pločastih toplotnih razmenjivače od nerđajućeg čelika sa nosećim ramom
Slika 34: Cene površine za pločaste toplotne razmenjivače sa tvrdo lemljenim pločama
Slika 35: Šema pripreme energije za zagrevanje objekata
Slika 36: Potrošač tople vode
Slika 37: Šema postrojenja za bušotinu 45°C i izdašnosti 60 m³/h
Slika 38: Šema postrojenja za bušotinu 55°C i izdašnosti 60 m³/h
Slika 39: Zavisnost temperature na izlazu iz bušotine i njene dubine
Slika 40: Varijante dobiti (gubitka) za bušotinu t = 40°C, V = 60 m³/h
Slika 41: Varijante specifične dobiti (gubitka) za bušotinu t = 40°C, V = 60 m³/h
Slika 42: Varijante dobiti za bušotinu t = 55°C, V = 60 m³/h
Slika 43: Varijante specifične dobiti za bušotinu t = 55°C, V = 60 m³/h
Slika 44: Dobiti za šeme bez gasnog motora za bušotine 40, 45, 50 i 55°C var. (A)
Slika 45: Dobiti za šeme bez gasnog motora za bušotine 40, 45, 50 i 55 °C var. (B)

Prilog 2

- Slika 1: Shema i oznake u vezi razmatranja potencijala geotermalne vode (GTV) u odnosu na okruženje
- Slika 2: Desnokretni kružni proces između toka GTV i trenutnog ambijenta (okruženja)
- Slika 3: Shema integrisanja GTV i parno-turbinskog termoenergetskog postrojenja
- Slika 4: Realna neto efikasnost postrojenja sa parnim kružnim procesom
- Slika 5: Cena postrojenja sa vazdušnim hladnjakom (kao kondenzatorom) u funkciji snage postrojenja i ulazne temperature GT
- Slika 6: Uticaj snage na relativnu cenu struje
- Slika 7: Uticaj temperature izvora GTV na relativnu cenu struje
- Slika 8: Uticaj dubine proizvodne bušotine na cenu proizvodnje struje
- Slika 9: Kombinovano gasno-turbinsko/parno-turbinsko termoenergetsko postrojenje sa kotlom utilizatorom (HRSG)
- Slika 10: Specifična cena i efikasnost u funkciji izlazne mehaničke snage za gasno-turbinsko/parno-turbinsko postrojenje sa kotlom utilizatorom
- Slika 11: Odnos cene hlađenja i cene toplote kondenzacije, c_h / c_q , u funkciji vremena proste otplate, τ , god.; $c_q = 20 \text{ €/MWh}$
- Slika 12: Odnos cene hlađenja i cene toplote kondenzacije, c_h / c_q , u funkciji odnosa Rashoda i Prihoda, R/P ; $c_q = 20 \text{ €/MWh}$
- Slika 13: Odnos cene hlađenja i cene toplote kondenzacije, c_h / c_q , u funkciji vremena proste otplate, τ , god.; $c_q = 20 \text{ €/MWh}$
- Slika 14: Odnos cene hlađenja i cene kondenzacije, c_h / c_q , u funkciji odnosa Rashoda i Prihoda, R/P ; $c_q = 20 \text{ €/MWh}$

UVOD

Za mineralne i tremalne vode u Panonskoj niziji se znalo od davnina. Zapisi ukazuju da su ih koristili još stari Rimljani i kasnije Turci. Međutim, prva naučna saznanja o geološkoj građi i hidrološkim prilikama u Vojvodini potiču iz XIX veka. Geolozi mađarskih državnih institucija su vršili istraživanja ovih potencijala u drugoj polovini XIX veka.

Prva bušenja arterskih bunara u Vojvodini su započeta u Banatu. Još 1848. godine pominje se bušenje arterskih bunara u Pavlišu kod Vršca, a 1850. godine izvršena su bušenja u Banatskom Karlovcu i 1852. godine u Alibunaru. Od 1883. do 1895. godine bušen je arterski bunar u Zrenjaninu dubine 452,48 m. Postoje podaci o bušenju arterskih bunara u Novom Sadu 1880. godine, Inđiji 1885. godine, Somboru 1882. godine, Subotici 1889. godine. Od 1890. godine do početka prvog svetskog rata 1914. godine izbušen je znatan broj kavlitetnih bunara, čija je dubina dostizala i do 400 metara. Neki od ovih bunara su još i danas u eksploataciji: arterski bunar u Bezdanu iz 1893. godine, arterski bunar jednog kupatila u Novom Sadu, čiji je prvi bunar izbušen 1898. godine, arterski bunari u Temerinu, Zmajevu, Bečeju, Senti, Adi i drugim mestima.

Prema katastru javnih bunara Vojvodine krajem XIX veka bušeni su bunari u: Senti, Adi, Bačkom Petrovom Selu, Molu, Gajdobri, Odžacima, Bačkoj Topoli, Titelu (1893. godine i tom prilikom je došlo do erupcije gasova na dubini oko 400 metara). Početkom XX veka dolazi do malog zastoja u bušenju da bi se u periodu od 1910. do 1914. godine nastavilo sa bušenjem bunara u: Alibunaru, Banatskom Novom Selu, Grebencu, Baricama, Bašaidu, Mokrinu, Iđošu, Plandištu, Kikindi, Jermenovcima, Jaša Tomiću, Seleušu, Srpskoj Crnji, Itebeju, Tordi, Melencima, Uzdinu, Novom Bečeju, Krsturu, Lokvama, Mošorinu, Titelu i drugim mestima Banata i Bačke kao i u sremskim mestima: Jakovu, Kleku i Sremskoj Mitrovici.

Arterski bunari su prevashodno bušerni radi vodosnabdevanja, ali mnogi od njih davali su toplu vodu pa su se koristili u banjama i javnim kupatilima. Prema katastru javnih bunara Vojvodine, u periodu između dva rata izbušeno je oko 600 bunara: najviše u Banatu 384, u Bačkoj 153 i 54 u Sremu. Intenzivno bušenje bunara je nastavljeno oko 1965. godine.

Celovitija saznanja o geotermalnom potencijalu bušotina su sticana počev od 1949. godine, u procesu istraživanja nafte i gasa na teritoriji Vojvodine. Istraživanje geotermalnog potencijala Vojvodine je doživelo punu afirmaciju 80.-tih godina prošlog veka. Iz tog perioda potiče i masovnija primena ovog resursa, pre svega, u banjama i na poljoprivrednim dobrima. U poslednjih 15-ak godina je evidentan zastoj u istraživanju i korišćenju geotermalne energije što se može objasniti političkim turbulencijama i opštim poteškoćama u koje je zapala ekonomija u našoj državi.

Izrada studije je inicirana od strane Sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine sa ciljem da se sagledaju mogućnosti za intenziviranje korišćenja geotermalnog potencijala Vojvodine. Time bi se određeni konzum obezbedilo energijom iz domaćih i obnovljivih resursa što je u skladu sa energetskom politikom u našoj državi, ali i globalnim opredeljenjima za što sveobuhvatnije i intenzivnije korišćenje obnovljivih izvora energije.

Svi originalni podaci i zapisi dobijeni od naručioca posla koji su korišćeni za analize čuvaju se u arhivama Sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine i Instituta za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline sa Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada. Ovim putem se zahvaljujemo "NIS Naftagas"-u koji nam je stavio na raspolaganje dragocene podatke za obradu studije.

Institut

REZIME

Uvod

Za mineralne i termomineralne vode u Panonskoj niziji se znalo od davnina. Zapisi ukazuju da su ih koristili još stari Rimljani i kasnije i Turci. Prva bušenja arterskih bunara, u novijoj istoriji, su započeta u Banatu. Još 1848. godine pominje se bušenje arterskih bunara u Pavlišu kod Vršca. Dubine prvih bunara su dostizale i do 400 m, a neki od njih su i danas u upotrebi: Bezdan, Temerin, Zmajevu, Bečej, Senta, Ada, jodna banja u Novom Sadu i dr. Početkom 20-og veka dolazi do izvesnog zastoja u bušenju da bi se ono u periodu 1910.-1914. godine ponovo intenziviralo, a puni procvat doživelo između dva svetska rata. Tada je izbušeno oko 600 bura, najviše u Banatu 384, Bačkoj 153 i Sremu 54. Osnovna namena tih bunara je bilo snabdevanje pijaćom vodom mada su korišćeni i u banjske svrhe.

Geotermalni potencijal Vojvodine

Celovitija saznanja o geotermalnom potencijalu bušotina su sticana nakon 1949. godine. U periodu od (1969.-1996.) godine izbušene su 73 hidrotermalne bušotine ukupne dubine 62,678.60 m. Bušenje je finansirao i realizovao "Naftagas". Najintenzivnija istraživanja su obavljena 80-tih godina prošlog veka kada je izbušeno 45 bušotina ukupne dubine 34,840 m ili oko 56% svih bušotina.

Teritorija Vojvodine, kao deo Panonskog bazena, pripada velikoj evropskoj geotermalnoj zoni koja ima povoljne uslove za istraživanje i korišćenje geotermalne energije. Za sada se istražuje i koristi hidrotermalna energija. To su tople vode prirodnih izvora i vode u stenskim masama do kojih se može doći bušotinama. U Vojvodini su uočena i sistematizovana četiri hidrogeološka sistema. Hidrološki sistemi su ispitani i definisane su njihove osnovne karaktersitike: litološki sastav, stratigrafska pripadnost, vrsta i kvalitet kolektor-stena, temperaturni i hidrodinamički uslovi, fizička i hemijska svojstva termalnih i termomineralnih voda i pratećih slobodnih gasova.

Generalno govoreći, u svim sistemima su akumulirane geotermalne vode pogodne za korišćenje. Međutim, njihova: temperatura, izdašnost, kolektorska svojstva, hemijski sastav, gasni faktor i druge karakteristike im daju različitu perspektivnost i određuju specifičnosti uslova za korišćenje. Zbog toga se svaka bušotina pojedinačno mora detaljno proučiti pri izboru načina i opreme za korišćenje.

Opšta slika značajnih i relevantnih karakteristika ovih geotermalnih voda ukazuje:

- ❖ bušotine uglavnom rade samoizlivno, a najčešća vodoizdašnost je (10-20) l/s
- ❖ izlazna temperatura je najčešće (40-60) °C
- ❖ geotermisjki gradijenti su (4.5-7.5) °C/100 m
- ❖ skoro sve vode sadrže izvesne količine gasova, najčešće metana
- ❖ vode sadrže rastvorene minerale (0.42-13.94) g/l
- ❖ sadržaj minerala u bušotinama bušenim na naftu i gas je (0.40-40.18) g/l

Od 73 izbušene bušotine 65 je pozitivno. Najdublja bušotina od 2,520 m je u Banatu kod mesta Vrbice i dala je najtopliju vodu 82 °C sa dubine (1,749-1,854) m, a najplića bušotina od 305.5 m koja je dala vodu temperature od 25 °C se nalazi u Novom Sadu.

Ukupna toplotna snaga hidrotermalnih bušotina računato sa hlađenjem na 25 °C, prema podacima iz 1997. godine, iznosi 85,605 kW, a prema podacima "NIS Naftagas"-a iz 2005. godine to je 72,579 kW. Od 65 pozitivnih bušotina samo 15 je aktivirano za proizvodnju toplotne energije. Ukupna raspoloživa snaga ovih bušotina iznosi 18,763 kW ili 25.85% ukupnog potencijala svih hidrotermalnih bušotina u Vojvodini.

Korišćenje geotermalne energije

Najvažniji i po kapacitetu najveći korisnici energije hidrotermalnih bušotina su banje "Junaković" kod Apatina i "Kanjiža" u Knajiži koje koriste cca 150,000 m³ odnosno 110,000 m³ termalnih voda godišnje. To su uglavnom celogodišnji korisnici koji termalnu vodu koriste sezonski za zagrevanja objekata. Sledeća po značaju su grupa korisnika u Bečeju: OSC "Mladost", DZ "Predrag Hadnađev" i hotel "Bela lađa" sa cca 100,000 m³ termalnih voda godišnje kod kojih je sezonsko korišćenje ipak dominantno. U kategoriji sličnih korisnika su još bazeni u Temerinu, Vrbasu i na Paliću.

Sledeća grupa, isključivo sezonskih korisnika energije hidrotermalnih voda, je iz oblasti poljoprivredne proizvodnje. Najznačajniji su svinjogojske farme: DP "Kozara" iz Banatskog Velikog Sela, DP "Mokrin" iz Mokrina, a do pre par godina i "Jedinstvo" iz Kikinde koje je, kao i DP "Elan" iz Srbobrana za zagrevanje plastenika prestalo da je koristi.

Posebno su pogodni korisnici iz industrije kao što su DD "Kulski štofovi" i Fabrika kože "Eterna" iz Kule, jer je reč o celogodišnjem korišćenju za tehnološke potrebe.

Kada je reč o konzumu koji je pogodan za korišćenje energije geotermalnih voda uvek su to potrošači toplote koji zahtevaju dovoljno nisku temperaturu i u po mogućnostima kontinualno korišćenje. Zbog toga se geotermalna energija tradicionalno koristi: za bazno zagrevanje u radiatorima ili kompletno zagrevanje sa sistemom podnog odnosno vazdušnog grejanja, pripremu sanitarne tople vode i zagrevanje bazena ili ribnjaka. Postojeći konzum to potvrđuje, a po svemu sudeći ne očekuju se u dogledno vreme značajne promene. U sve navedene kombinacije se odlično uklapa primena toplotne pumpe, jer omogućava dodatno hlađenje geotermalne vode i celovitije korišćenje ovog energetskog potencijala. Za sagorevanje gasova izdvojenih iz geotermalne vode pogodan je gasni motor uz dodatno korišćenje prirodnog gasa. U svakom slučaju za zadovoljenje vršnih potreba neophodan je vršni kotao.

Aktuelne cene bušotina i energije

Aktuelne cene energije iz aktivnih geotermalnih bušotina u Vojvodini, na bazi cena vode, zavise od temperature vode na izlivu i kreću se u dijapazonu (0.1-0.24) €/m³. Na bazi poznatih cena postojećih bušotina ustanovili smo aktuelni dijapazon cena u zavisnosti od dubine bušotine i iznosi (220,000,-500,000) € za dubine bušotina od (600-1,100) m. Za potrebe uporednih analiza u studiji ustanovljene su i aktuelne srednje cene konkurentnih energija energiji geotermalnih voda u Vojvodini. To su cena prirodnog gasa od 2.0 c€/kWh, cena električne energije od 3.5 c€/kWh i cena toplotne energije 4.4 c€/kWh iz toplana.

Savremene tehnologije za korišćenje geotermalne energije

Pazmatrane mogućnosti i opravdanost primene savremenih energetskih tehnologija za eksploataciju raspoloživih, i očekivanih, resursa naših geotermalnih voda (GTV) obuhvataju konvencionalna rešenja, iskustveno već negde proverenih, ali i potencijalno moguća. Pod

resursima GTV smatraju se kako energetske, tako i tzv. supstancijalni resursi. Energetski su oni koji mogu biti alternativa konvencionalnim resursima (fosilnim gorivima, na primer), a supstancijalni resursi su sam fluid kao takav - sa mogućnostima primene u različite svrhe. Implementacija savremenih tehnologija razmatrana je u kontekstu rešavanja 4 globalna zadatka: a) spegnuta proizvodnja toplotne i električne energije, b) priprema energije za hlađenje objekata, c) priprema energije za zagrevanje objekata i d) priprema sanitarne vode i vode za bazene. Izbor je napravljen na bazi 3 kriterijuma: i) preporukama za korišćenje potencijala GTV (prema tzv. Lindal dijagramu), ii) pregledu naših potencijala GTV, i iii) pregledom i analizom potencijalnih korisnika (konzumenata) raspoloživih resursa.

Razmatranja su teorijske prirode i odnose se prvenstveno na termodinamičke procene energetske potencijala GTV u odnosu na okruženje. Strategija analize mogućnosti korišćenja GTV strukturirana je tako da se traže odgovori na pitanja u vezi: a) teorijske mogućnosti eksploatacije, b) praktične realizacije mogućih rešenja na datom nivou (konvencionalnih) tehnologija, c) posledice izbora konkretne, teorijske i praktične mogućnosti na životno okruženje, i d) tehno-ekonomski aspekti celishodnosti konkretnog izbora, u smislu realizacije najvećeg profita u uslovima datih ograničenja. Neposredno dalje daje se globalni presek i glavni rezultati analize pojedinih tema.

Energetski potencijali naših GTV su dominantno niskotemperaturni toplotni. Konvencionalna termoenergetska postrojenja, ili dualna postrojenja (prema Lindal kategorizaciji) sa resursima naših GTV kao pogonskim potencijalom nisu investiciono prihvatljiva, niti su rentabilna sa stanovišta komercijalne proizvodnje mehaničke (odnosno električne) energije. Ovo je razlog da se u daljim razmatranjima potencijal GTV prihvati samo kao moguća alternativa u eksploataciji drugih (konvencionalnih) resursa, odnosno kao njihov mogući supstituent.

U vezi sa integrisanjem potencijala GTV u postrojenjima za spregnutu proizvodnu mehaničke (električne) i toplotne energije, nameće se izbor gasnog motora SUS. Naime, pod uslovom da postoje potrošači toplotne energije relativno niskog nivoa, da se prihvatljivim rokom proste otplate (bez kamata) postrojenja može smatrati (6-8) godina, opravdana je instalacija gasnog motora SUS čak do max 5 MW mehaničke snage. Instalacija je rentabilna nakon otplate, a i sasvim praktični razlozi u vezi nabavke, montaže, eksploatacije i održavanja opravdavaju ovakav izbor u odnosu na druge mogućnosti.

Uz napomenu da su detaljno razmotreni samo slučajevi hlađenja objekata iznad 0°C, ovde se ističu dva bitno različita rešenja hlađenja. Prvo, ako je korišćenje potencijala GTV imperativni zahtev, on se može prihvatljivo rešiti jedino primenom apsorpcionih rashladnih mašina (ARM). Drugo, ako se dopuštaju primene drugih resursa, tada je primena kompresionih rashladnih mašina (KRM) sa pogonom na električnu energiju iz komercijalne mreže rešenje superiorno u svakom pogledu u odnosu na druge mogućnosti: tada su, međutim, sasvim isključeni potencijali GTV u pripremi energije za hlađenje. Istovremeno, oba rešenja prihvatljivija su tim pre za slučaj - da se toplota kondenzacije prodaje.

U vezi pripreme energije za zagrevanje objekata korišćenjem resursa GTV, ovde su razmatrana klasična rešenja: potpuna eksploatacija toplotnog potencijala GTV na potrebnom, a mogućem, nivou posredstvom toplotnih razmenjivača, uz instalaciju vršnih dogrejača radi podmirivanja eventualnog manjka energije. Uobičajena rešenja su, međutim, instalacije sa gasnim kotlovima kao vršnim dogrejačima, što je najjeftinije ali termodinamički najgore rešenje. Nasuprot tome, ovde se sugeriše da funkciju vršnih dogrejača treba da obavljaju hladnjaci postrojenja odgovarajućeg nivoa, npr. postrojenja spregnute proizvodnje toplotne i mehaničke energije, zatim kondenzatori rashladnih mašina, ili kondenzatori toplotnih pumpi. Argument za ovakav stav nalazi se u mogućnosti prodaje "otpadne" toplote (u kontekstu grejanja - korišćenje te toplote za zagrevanje), što izuzetno poboljšava njihove tehnokonomske performanse. Razume se, konačno merilo prihvatljivosti svakog rešenja su

tehnoekonomski pokazatelji, te se kao mogućnost ne mogu izbeći i termodinamički najgora rešenja – vršno dogrevanje spaljivanjem goriva - gasni kotlovi.

Ovakve činjenice nedvosmisleno sugerišu instalaciju kombinovanih, ili višenamenskih postrojenja. Osim upravo naznačenih postoji, međutim još jedan razlog u prilog predloga kombinovanih šema. Naime, mora se imati u vidu da su potrebe za grejanjem donekle komplementarne sa potrebama za hlađenjem jednih te istih objekata: sezone grejanja i hlađenja kalendarski su različite. Stoga, i sa stanovišta korišćenja potencijala GTV, zavisno od trenutnog stanja okruženja (ambijenta), jednom može biti sasvim prihvatljiva instalacija toplotne pumpe, a u drugačijim okolnostima sasvim suprotno - instalacija rashladne mašine.

Osvrt na korišćenje resursa naših GTV u svetlu pripreme sanitarne vode i vode za bazene obrađen je okvirno, a razlozi su sledeći. Prvo: u slučajevima kada u primenama GTV nije dopušteno mešanje, ili se hemijsko-tehnološka priprema GTV apriori isključuje, raspoloživa GTV jeste samo energetske (toplotni) resurs. Tada se priprema sanitarne vode i vode za bazene svodi na problem zagrevanja objekata globalno razmatran. Drugo: zavisno od hemijskih svojstava GTV moguće je neposredno korišćenje (supstancijanih resursa), ali najčešće su nužne posebne pripreme GTV. Tehnologije pripreme bitno su različite od slučaja do slučaja, toliko različite da skoro nema mogućnosti za analitičko praćenje karakterističnog "zajedničkog" svojstva. Iz tih razloga se ovde ne razmatra eksploatacija ovih "supstancijalnih" resursa GTV, tim pre što naše GTV nisu kategorisane sa aspekata ovakvih primena (bila bi nesumnjivo nužna posebna studija u cilju davanja smernica sa korišćenje supstancijalnih potencijala naših GTV).

Ekonomsko sagledavanje

Konkretna ekonomska analiza, koja uvažava najnovije smernice ekoloških zahteva (neophodnost bušenja i opremanja povratne bušotine), pokazuje da su bušotine iznad 40 °C i jakog izliva (oko 60 m³/h) rentabilne pod uslovom da je potrošač sposoban koristiti ceo potencijal bušotine preko 6,000 h/a. Pri tome se pod pojmom "ceo potencijal" podrazumeva eksploataciono hlađenje geotermalne vode do oko 15 °C, što se ostvaruje samo ugradnjom toplotne pumpe. Takvo obilato godišnje korišćenje bušotine može ostvariti samo potrošač koji će, osim sezone grejanja objekata, značajno zaći u prelazni period (proleće i jesen), ali i rad tokom noći u grejnoj sezoni. To znatno sužava izbor realnih potrošača, pa i primene geotermalnih voda u energetske svrhe.

Posebnu i nekakvu "poluekonomske" analizu zahtevaju postojeće opremljene bušotine koje se ne koriste. U njih su davno već uložena relativno velika sredstva koja niko ne vraća (ekonomski gledano njihova geotermalna energija nema nikakvu vrednost). Da bi se pokrenula njihova eksploatacija potrebno je dodatno investiranje u izgradnju na tom mestu mogućeg potrošača toplotne energije. Kako je izbor tih potrošača sasvim mali, ne treba isključiti ni prodaju geotermalne vode po znatno nižim cenama (pa i besplatno), barem u periodu uhodavanja pogona i ovladavanja tržištem.

1 ENERGETSKI POTENCIJAL GEOTERMALNIH BUŠOTINA

Teritorija Vojvodine, kao deo Panonskog bazena, pripada velikoj evropskoj geotermalnoj zoni koja ima povoljne uslove za istraživanje i korišćenje geotermalne energije. Za sada se istražuje i koristi hidrotermalna energija. To su tople vode prirodnih izvora i vode u stenskim masama do kojih se može doći bušotinama.

U Vojvodini su uočena i sistematizovana četiri hidrogeološka sistema. Izvršena je njihova reonizacija po hidrotermalnoj perspektivnosti na:

- I hidrološki sistem,
- II hidrološki sistem
- III hidrološki sistem i
- IV hidrološki sistem

Hidrološki sistemi su ispitani i definisane njihove osnovne karaktersitike: litološki sastav, stratigrafska pripadnost, vrsta i kvalitet kolektor-stena, temperaturni i hidrodinamički uslovi, fizička i hemijska svojstva termalnih i termomineralnih voda i pratećih slobodnih gasova.

Prvi hidrološki sistem je razvijen na gotovo čitavoj teritoriji ravničarskog dela Vojvodine. Najrazvijeniji je u severnom i srednjem Banatu, i sitočnoj Bačkoj. Najdeblji je u severnom Banatu (oko 2,000 m) da bi se stanjivao po obodima Panonskog basena na svega nekoliko desetina metara.

U najdubljim delovima severnog Banata slojne temperature dostižu i do 120 °C. Izlazne temperature na istim bušotinama su pretežno (45-55) °C. Maksimalna temperatura je 82 °C (Vbc-1/H). Slojni pritisci su uglavnom na nivou hidrostatičkih ili nešto niži pa je samoizlivna vodoizdašnost najčešće (7-13) l/s, a maksimalno oko 28 l/s (Bč-2/H). Ove termalne vode uglavnom prate metanski gasovi. Najčešće veličine gasnog faktora su (0.5-1.5) m³_n/m³, a najveća, jednokratno izmerena vrednost je iznosila 2.135 m³_n/m³ (Bč-2/H)¹. Akumulirane vode u ovom sistemu uglavnom pripadaju tipu NCO₃-Na, znatno ređe tipu NCO₃-Cl-Na. Ukupna mineralizacija je pretežno (2.5-4) g/l, a maksimalno 6.68 g/l (Vbc-1/H). Salinitet je najčešće (0.3-1.3) g/l, a najviše 6.19 g/l (So-1/H).

Od svih hidroloških sistema ovom se pridaje najveći hidrotermalni značaj. Razlozi za to su brojni, a pre svega: dimenzija njegovog razvića, veliki broj vodonosnih slojeva, njihova široka rasprostarnjenost, dobra kolektorska svojstva, međusobna hidrodinamička povezanost, mogućnost prihranjivanja, velike rezerve geotermalnih voda, relativno mala mineralizacija, manja sklonost agresivnosti i istaložavanja kamenca i manji uticaj na ekologiju okoline u odnosu na vode iz drugih hidrogeoloških sistema. Prvi hidrološki sistem je najperspektivniji i u pogledu korišćenja niskotemperaturnih voda za rekreativne i balneo-terapeutske svrhe (oko 40 °C) i energetske potrebe (od 40 °C i do oko i nešto iznad 70 °C). Ovaj sistem je najznačajniji i sa aspekta vodosnabdevanja. Skoro sva naselja u Vojvodini se snabdevaju podzemnom vodom za piće iz najblićeg dela ovog sistema (oko 300 m), gde temperatura ne prelazi 30 °C.

Drugi geološki sistem leži neposredno ispod prvog. Ima široku rasprostranjenost sa ukupnom dubinom od oko 1,500 m u severnom, 1,300 m u srednjem, 1,000 m u južnom Banatu, 800 m u Bačkoj i 700 m u Sremu. U najvećim dubinama ovog sistema se očekuju temperature od oko 160 °C. Izlazne temperature vode su oko 53 °C, najviše 79 °C (Ho-2), koja je ispitivana na ugljovodonike i negativna je. Slojni pritisci su uglavnom u nivou hidrostatičkih. Vodoizdašnost na samoizliv je, na osnovu ispitivanja desetak bušotina)

¹ Oznake i lokacije bušotina su date u tabeli 3, a njihov raspored na terenu je prikazan na slici 1.

prosečno 1.8 l/s, a maksimalno 4.2 l/s (Je-17). Gasni faktor nije meren. Ove vode uglavnom pripadaju Cl-HCO₃-Na tipu. Ukupna mineralizacija u proseku iznosi 7.56 g/l, a najviše 13.88 g/l (Je-17).

Zbog: loših kolektorskih kvaliteta ovih slojeva, ograničenog prostiranja i nemogućnosti prihranjivanja, male vodoizdašnosti i rezervi, povećane mineralizacije vode sa visokim sadržajem štetnih pa i otrovnih komponenata, ovom sistemu se pridaje manji značaj. Za sada se ne računa na njegovo praktično korišćenje osim za neke specifične, pre svega balneološke svrhe.

Treći hidrološki sistem leži ispod drugog i delimično ispod prvog. Podeljen je u dva hidrološka kompleksa "M" i "N" koji su strukturno i dubinski izdiferencirani ali vode su im u hidrodinamičkoj vezi. Hidrogeološki kompleks "M" je razvijen u južnom Banaru debljine (500-1,000) m, delu srednje Bačke i srednjeg Banata debljine (300-700) m, u južnoj Bačkoj debljine (400-700) m i u delovima severne Bačke debljine (400-600) m. Hidrogeološki kompleks "N" je razvijen u zapadnom delu južnog Banata, srednjem Banatu, srdenjoj Bačkoj, i delovima zapadnog Srema. Najveću debljinu dostiže u južnom i delovima srednjeg Banata od oko 1,000 m.

Temperature u rezervoar stenama dostižu i do 160 °C, a u dubljim delovima sistema verovatno i do 175 °C. Prosečna temperatura vode na ustima geotermalne bušotine iznosi 46 °C, a najviša je 72 °C (Kps-1/H). U delovima Srema i Bačke, gde postoji hidrodinamička veza sistema sa prvim i drugim sistemima pritisci su na nivou hidrostatičkih. U delovima južnog i srednjeg Banata, gde su ove veze otežane ili ne postoje pritisci su povišeni. U južnom i srednjem Banatu povišeni su (120-160)%, a u srednjoj i severnoj Bačkoj i severnom Banatu (120-140)%. Prosečna vodoizdašnost bušotina je 5.6 l/s, a maksimalna je 25 l/s (Pb-3/H). Gasni faktor je mali i kreće su u granicama 0.009 m³_n/m³ (NS-1/H) do 0.535 m³_n/m³ (Pb-1/H).

Vode ovog sistema su agresivne na metale i beton i imaju posebno visoke mineralizacije pa su vrlo nepovoljne za korišćenje. Međutim, zbog velikog saržaja: joda, fluora, broma, stroncijum sumporvodonika, metaborna, metasilicinske kiseline i drugih sastojaka mogu biti pogodne za korišćenje u banleološke svrhe. Pripadaju tipu Cl-Na (Ca, Mn) i ređe Mg, Ca tipu. Upupna sadržina minerala je u proseku 11 g/l, a najviše 40.2 g/l (SR-1). Prosečni salinitet je oko 8.75 g/l, a maksimalni oko 38 g/l (SM-1). Sistem se odlikuje i: visokim početnim kapacitetima i intenzivnim padom izdašnosti, neizvesnim mogućnostima prihranjivanja i obnavljanja rezervi, izrazitim razlikama u tipovima i kvalitetu hidrogeoloških kolektora i drugo što otežava korišćenje.

Četvrti hidrogeološki sistem obuhvata stene mezozoika i paleozoika i nije u vezi sa trećim, a uglavnom ni preostalim sistemima. Najmanje je istražen. Prema dosadašnjim istraživanjima temperature u ovom sistemu se kreću i do 200 °C. Srednja izlazna temperatura je 49 °C, a najviša 73 °C (BM-1). Pritisci u akviferima su u nivou hidrostatičkih u delovima gde ovaj sistem ima vezu sa površinom terena, a u izolovanim sredinama su pritisci povišeni. Prosečna vodoizdašnost bušotina je 9.1 l/s, a maksimalna 41.7 l/s (Kup-1/H). Gasni faktor je mali 0.006 m³_n/m³ (Kup-1/H), odnosno 0.377 m³_n/m³ (Indi-1/H). Izvršena su merenja samo na ovim dvema bušotinama. Geotermalne vode pripadaju tipu Cl-Na, ređe Ca, a samo u nekim slučajevima NCO₃-Na tipu voda. Ukupna mineralizacija voda varira u vrlo širokom dijapazonu (0.6-26.98) g/l (Lež-1/H i Td-2), a salinitet varira u granicama (0.02 -25.94) g/l.

Geotermalne vode četvrtog sistema imaju pogodan hemijski sastav, pogodne su za korišćenje u balneologiji i energetici (posebno one iz južnog i istočnog Srema). Vrlo su izdašne i povoljnih temperatura. Pogodne su i za vodosnabdevanje u nekim slučajevima.

Generalno, sa stanovišta praktične primene prvi i donekle četvrti hidrološki sistem imaju najveći značaj i to pre svega zbog: dobre izdašnosti, vrlo značajnih geoloških rezervi, mogućnosti prihranjivanja i relativno povoljnih hemijskih karakteristika za deponovanje u prirodne recipijente posle njihovog korišćenja. Geotermalne vode koje su akumulirane u sistemu dva i tri su po hemijskom sastavu i prvenstveno zbog sadržaja terapeutsko aktivnih komponenti pogodne za banleološke tretmane, pre svega radi lečenja reumatizma i rehabilitaciju posle preloma kostiju i ranjavanja ali zahtevaju odgovarajuće mere zaštite.

1.1 PREGLED POSTOJEĆIH BUŠOTINA GEOTERMALNE VODE

U periodu (1969.-1996.) godine izbušeno je 72 hidrotermalne bušotine ukupne dubine 62,678.6 m. Bušenje je realizovao i finansirao Naftagas. Bušotine, pored skraćenog naziva lokaliteta nose oznaku H. Najviše buština je izbušeno u periodu 1980.-1986. godina (5-6 godišnje), odnosno ukupno 45 bušotina ukupne dubine 34,840 m što čini 56% svih izbušenih hidrotermalnih bušotina. Potom bušenje jenjava, pa je nakon devedesetih godina broj izbušenih bušotina sasvim simboličan.

Distribucija bušotina je neravnomerna. Bušenje je uglavnom prilagođavano potrebama i zahtevima potencijalnih korisnika, a ne dugoročno i generalno usvojenoj koncepciji istraživanja. Najveći broj bušotina je izbušen u Bačkoj (42), Banatu (18) i Sremu (12). Najdublja hidrotermalna buština u Vojvodini od 2,520 m se nalazi u Banatu, kod mesta Vrbice (Vbc-1/H). Dala je i najtopliju vodu. Sa dubine (1,749-1,854) m izlazna temperatura geotermalne vode je 82 °C. Najplića buština je 305.5 m i nalazi se u Novom Sadu (NSb-1/H). Dubina većine bušotina je između (800-1,200) m.

Ispitivanjem buština prikupljeni su podaci o: hidrodinamičkim, hidrohemijskim i termalnim karakteristikama geotermalnih voda i podaci važni za ocenu kvaliteta voda i rezervi. Najznačajniji podaci o bušotinama, sa aspekta korišćenja ovog energetskog potencijala dati su u Prilogu 1. Podatke je dao NIS Naftagas-a upitnikom koji je pripremljen za tu namenu.

Sistematizacijom i obradom podataka ispitivanja dobijena je opšta slika o svim značajnim i za eksploataciju relevantnim osnovnim karakteristikama geotermalnih voda, njihovim akviferima i bušotinama. To su:

- ❖ vodoizdašnost bušotina je najčešće (10-20) l/s
najveća do sada registrovana 41.7 l/s (Kup-1/H) i
sve bušotine rade samoizlivno,
- ❖ izlazne temperature su najčešće (40-60) °C
najviša temperatura je 82 °C (Vbc-1/H)
- ❖ geotermiski gradijenti su (4.5-7.5) °C/100 m
najveći geotermiski gradijent je zabeležen u Sremu
u okolini Stare Pazove i iznosi (oko 7.5) °C/100 m
- ❖ skoro sve vode sadrže izvesne količine gasova, u njima najčešće preko 90% metana
gasni faktor na nekim bušotinama dostiže i do 2.135 m³_n/m³ (Bč-2/H)
- ❖ vode sadrže rastvorene minerale (hidrokarbonati, hloridi, sulfati i dr.)
- ❖ sadržaj rastvorenih minerala u hidrotermalnim bušotinama je (0.42-13.94) g/l
- ❖ sadržaj rastvorenih minerala u geotermalnoj vodi u
bušotinama bušenim na naftu i gas je (0.42-40.18) g/l

Bušenjem 73 bušotine, odnosno ispitivanjem 65 pozitivnih hidrotermalnih bušotina geotermalna voda je dobivena iz 73 akvifera (ležišta) od toga 43 pripadaju prvom, 10 drugom, 15 trećem i 5 četvrtom hidrotermalnom sistemu.

Geotermalne vode su se do sada proizvodile iz 23 akvifera, sa 24 hidrotermalne bušotine od kojih 21 pripada prvom, a 2 trećem hidrotermalnom sistemu. Iz jedne bušotine (Tus-1/H) dobivena voda se koristi za utiskivanje u naftno ležište (sekundarna metoda eksploatacije naftnih ležišta).

Generalno grupisanje hidrotermalnih bušotina i negativnih naftnih i gasnih bušotina prema temperaturama voda i izdašnosti dato je, na osnovu podataka iz [1], u tabelama 1 do 4.

Tabela 1: Temperatura voda hidrotermalnih bušotina [1]

№	Temperature [°C]	Broj bušotina [kom.]
1.	do 20	2
2.	20-40	21
3.	40-60	35
4.	60-80	6
5.	80 i više	1
6.	ukupno	65

Tabela 2: Izdašnost hidrotermalnih bušotina [1]

№	Izdašnost [l/s]	Broj bušotina [kom.]
1.	do 5	23
2.	5-10	17
3.	10-20	20
4.	20-30	4
5.	30 i više	1
6.	ukupno	65

Tabela 3: Temperatura voda negativnih naftnih i gasnih bušotina [1]

№	Temperature [°C]	Broj bušotina [kom.]
1.	do 20	-
2.	20-40	16
3.	40-60	7
4.	60-80	12
5.	80 i više	-
6.	ukupno	35

Tabela 4: Izdašnost negativnih naftnih i gasnih bušotina [1]

№	Izdašnost [l/s]	Broj bušotina [kom.]
1.	do 5	33
2.	5-10	1
3.	10-20	1
4.	20-30	-
5.	30 i više	-
6.	ukupno	35

1.2 KLASIFIKACIJA BUŠOTINA U ZAVISNOSTI OD TEMPERATURE VODE I IZDAŠNOSTI BUŠOTINA GEOTERMALNE VODE

Lista svih hidrotermalnih bušotina i rezultati njihovih ispitivanja su data u tabeli 5, a na slici 1 je prikazan njihov raspored na terenu. Za korišćenje energetskog potencijala geotermalnih voda odlučujuće su važni temperatura vode na izlivu, izdašnost bušotine, (kapacitet bušotine), geološke rezerve, mogućnost prihranjivanja i hemijski sastav vode. Poslednji parametar je posebno važan zbog korozivnog dejstva vode i deponovanja kamenca u sistemima za pripremu, predaju i korišćenje energije vode i prateće instalacije. Osim toga, ovaj parametar je važan i sa stanovišta zaštite okoline, a pre svega zbog uslova i mogućnosti ispuštanja iskorišćene vode u prirodne recipijente površinskih voda. Ostali parametri definišu energetski potencijal bušotine.

U ovom poglavlju postojeće bušotine hidrotermalne vode će biti detaljnije analizirane samo sa aspekta energetskog potencijala u cilju iznalaženja najpovoljnijih, dokazanih rešenja za njihovo korišćenje u energetske svrhe.

Zbog toga su hidrotermalne bušotine klasifikovane po temperaturi vode na mestu izliva i po njihovoj izdašnosti. Ovako klasifikovane bušotine su prikazane u tabelama 6 i 7. Klasifikacijom su obuhvaćene sve postojeće hidrotermalne bušotine.

RASPORED HIDROTERMALNIH OBJEKATA U VOJVODINI



Slika 1: Lokacije hidrotermalnih bušotina

Tabela 5: Rezultati ispitivanja geotermalnih bušotina (1979.-1996.) godina [1]

№	Bušotina i lokalitet	Godina ispitivanja	Dubina	Ispitivani interval	Hidrogeološki sistem	Vodoizdašnost	Nivo vode	Temperatura	Mineralizacija	Salinitet	Gasni faktor
			[m]	[m]		[l/s]					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	S-1 Subotica	1970.	1,453.8	1,228.0-1,241.0 1,253.0-1,265.0 1,358.0-1,379.0 1,386.0-1,453.8	II IV	- 0.1	-457 E	- 33	- 13.94	- 2.92
2.	Šm-1/H Šumice - Kikinda	1974.	950.0	865.0-881.0 907.0-926.0	I	6.7	E	50	3.38	0.61	0.394-0.464
3.	Kđ-2/H Bačko Karađorđevo	1975.	500.0	440.0485.0	III/M	5.7	-24.6	34	-	-	...
4.	Kž-1/H Kanjiža	1977.	1,147.0	664.0-679.0 724.0-744.0	I	2.8	E	41	3.63	1.52	...
5.	Šid1-/H Šid	1977.	850.0	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	Mc-1/H Melenci	1978.	850.0	445.24-559.99	I	10.3	E	33	2.59	0.22	0.082
7.	Db-1/H Devojački bunar	1978.	600.0	356.42-488.56	I	10.0	-58.6	25	0.54	0.11	...
8.	Bajmok-1/H Bajmok	1978.	678.0	520.13-554.67 611.37-625.59 652.40-658.00	III/M IV	1.0	-100	35	6.28	2.57	
9.	Pj-1/H Paličko jezero	1978.	701.0	611.9-695.0	I	12.2	E	48	3.11	0.24	1.039*
10.	Pgr-1/H Prigrevica	1978.	590.0	559.0-565.0	III/M	1.5	E	43	6.09	4.00	
11.	NS-1/H Novi Sad	1978.	573.0	470.0-530.0	III/M	2.0	E	42	1.76	0.44	
12.	Krđ-1/H Bačko Karađorđevo	1978.	1,075.0	924.84-949.0	III/M	0.1	E	
13.	Vrb-1/H Vrbas	1979.	1,033.2	728.21-788.59 850.29-900.00	I	15.8	E	55	3.14	0.53	1.260*
14.	Lež-1/H Ležimir	1979.	350.0	260.0-350.0	IV	1.0	-85	18	0.60	0.01	
15.	BP-1/H Bački Petrovac	1979.	803.0	643.0-740.0	I	10.8	E	46	0.79	0.13	0.041-0.052*
16.	Er-1/H Erdevik	1979.	352.0	245.0-260.0	III/N	1.0	-42	16	2.64	0.95	
17.	KI-1/H Kula	1980.	750.0	646.26-683.95 695.55-718.99 724.14-735.50	I	9.5	E	50	3.63	1.40	1.180*
18.	NS-1/H Novi Sad	1980.	809.9	492.0-519.0	III/M	2.7	-42	35	2.17	0.51	0.009
19.	Vbc-1/H Vrbica	1980.	2,520.0	2,430.68-2,400.57 2,419.56-2,429.53 2,455.96-2,496.20	II	1.2	E	46	6.62	3.39	...
				1,799.00-1,810.00 1,824.00-1,829.00 1,845.00-1,854.00	I	4.3	E	74	6.55	3.41	
				1,743.00-1,753.00 1,766.00-1,773.00 1,783.00-1,791.00 1,799.00-1,810.00 1,824.00-1,829.00 1,845.00-1,854.90	I	16.7	E	82	6.86	3,39	

Mogućnosti korišćenja energetskog potencijala geotermalnih voda u Vojvodini

№	Bušotina i lokalitet	Godina ispitivanja	Dubina	Ispitivani interval	Hidrogeološki sistem	Vodoizdašnost	Nivo vode	Temperatura	Mineralizacija	Salinitet	Gasni faktor
			[m]	[m]		[l/s]	[m]	[°C]	[g/l]	[g/l]	[m ³ /m ³]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20.	DP-1 Bačko Dobro Polje*	1980.	1,659.0	885.5-949.5	I	16.3	E	54	2.89	0.82	...
21.	Kđ-3/H Bačko Karađorđevo	1980.	484.3	359.39-461.40	III/M	2.7	-32	36
22.	Bč-1/H Bečež	1981.	503.	359.39-461.40	III/M	8.3	E	33	4.51	0.61	1.046-1.137
23.	Ulj-1/H Uljma	1981	1,420.0	1,263.24-1,304.70	II	8.3	E	68	13.32	12.45	...
				1,314.68-1,344.77	II	0.3	E	28	2.24	0.59	...
				1,171.00-1,181.00							
				1,187.00-1,197.00							
24.	Vbc-1/H Vrbica*	1981.	2,520.0	1,090.00-1,105.00	II	1.9	E	56	1.93	0.86	...
				1,171.00-1,181.00	I	4.3	E	68	4.50	0.34	...
				1,187.00-1,197.00							
24.	Vbc-1/H Vrbica*	1981.	2,520.0	1,515.00-1,526.00	I	4.8	E	54	4.41	0.21	...
				1,113.00-1,123.00	I	...	-200	...	0.76	0.07	...
				330.00-347.00	III/N	0.8	-50	31	1.05	0.09	...
25.	Vrd-1/H Vrdnik	1981.	600.0	362.00-375.00	III/N	0.8	-50	31	1.05	0.09	...
26.	Sr-1/H Srbobran	1981.	1,207.0	906.25-928.89	I	11.7	E	57	3.15	1.29	1.375-1.423
938.53-948.96											
962.64-968.74											
998.70-1,023.00											
27.	Vrb-1/H Vrbas*	1981.	1,033.2	562.0-578.0	I	4.3	E	39	4.54	1.32	...
28.	Pb-1/H Prigrevica banja	1981.	701.7	604.0-614.0	I	4.3	E	39	4.54	1.32	...
28.	Pb-1/H Prigrevica banja	1981.	701.7	596.00-701.70	III/M+N	20.8	E	51	6.02	4.01	0.500-0.554*
29.	Vrb-2/H Vrbas	1981.	932.0	815.97-830.80	I	5.8	E	52	3.00	0.53	...*
854.20-876.38											
886.08-898.00											
30.	Ži-1/h Žitište	1982.	1,002.0	731.30-761.79	I	3.3	-45	44	4.27	0.22	...
777.66-805.08											
820.94-844.00											
31.	KI-2/H Kula	1982.	787.4	716.46-754.46	I	7.8	E	51	3.95	1.8	...
32.	KI-3/H Kula	1982	602.0	478.77-505.10	I	3.3	E	38	4.62	0.87	...
524.93-554.88											
33.	Kup-1/H Kupinovo	1982	644.0	589.06-644.0	IV	41.7	E	48	0.81	0.08	0.004-0.008
34.	Sr-2/H Srbobran	1982	950.2	820.66-824.75	I	7.5	E	50	3.59	0.76	1.250-1.260
853.19-906.87											
35.	NS-3/H Novi Sad	1982	823.9	380.53-417.60	I	13.3	E	36	1.09	0.53	0.260-0.270
36.	Mk-1/H Mokrin	1983	950.0	886.7-934.7	I	12.5	E	53	2.97	0.06	0.460-0.470
37.	KI-4/H Kula	1983	820.0	706.1-746.74	I	9.5	E	51	3.95	1.80	1.007-1.118
751.19-794.96											

Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline

№	Bušotina i lokalitet	Godina ispitivanja	Dubina	Ispitivani interval	Hidrogeološki sistem	Vodoizdašnost	Nivo vode	Temperatura	Mineralizacija	Salinitet	Gasni faktor
			[m]	[m]		[l/s]	[m]	[°C]	[g/l]	[g/l]	[m ³ /m ³]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
38.	DŠ-2/H Dudova šuma Subotica	1983	650.0	432.0-564.0	I	7.3	-2.8		2.90	0.32	...
39.	Pt-1/H Platičevo	1983	1207.2	318.4-369 318.4-830.0	III/N III/N	1.0 1.0	E E	22 26	1.86 1.66	0.13 0.20	...
40.	Er-1/H Erdevik*	1983	352.0	245.0-260.0	III/N	SD		16	2.64	0.98	...
41.	BK-1/H Banatski Karlovac	1984	509.7	283.48-310.56 336.47-345.82 352.77-358.77 368.00-377.00	I	15.7	-13.7	26	0.42	0.05	0.006
42.	Ja-1/H Janošik	1984	742.0	499.29-566.84 593.85-615.32	I	5.0	E	34	3.51	2.13	0.397- 0.481
43.	Te-1/H Temerin	1984	914.0	525.7-537.7 555.7-573.7 595.0-607.0	I	20.0	E	41	3.61	0.94	1.250- 1.270
44.	Kž-2/H Kanjiža	1984	1123.0	895.22-919.22 937.88-965.00	I	11.7	E	65	4.13	0.10	0.980- 1.067
45.	Lež-1/H Ležimir*	1984	350.0	260.0-350.0	IV	1.0	-87	23	0.55	0.02	
46.	Nsb-1/H Novi Sad	1984	300.5	200.0-247.4	I	20.0	-7.7	25	1.54	0.51	0.205- 0.238
47.	Ki-2/H Kikinda	1984	1200.0	902.88-914.08 932.90-947.90 955.00-970.00	I	16.7	E	51	2.78	0.06	0.622- 0.670
48.	BP-2/H Bački Petrovac	1985	800.0	658.20-676.27 681.22-687.24 696.15-710.23 716.33-727.31 737.37-758.43 765.50-780.56	I	11.3	-24.9	45	0.82	0.19	0.025- 0.041
49.	Bč-2/H Bečej	1985	1020.0	889.99-943.99 946.96-971.00	I	28.3	E	63	4.01	2.28	1.855- 2.135
50.	Pb-2/H Prigrevica banja	1985	800.0	720.22-756.18	III/M	9.2	E	59	6.45	4.09	
51.	Kup-2/H Kupinovo	1985	663.0	512.0-642.0	III/N	14.2	E	45	1.10	0.13	0.009- 0.024
52.	SK-1/H Sremski Karlovci	1985	498.2	162.2-215.0	IV	3.2	-2.3	23	1.18	0.24	-
53.	So-1/H Sonta	1985	923.0	619.4-652.4	III/M	2.5	-7.5	43	6.66	6.19	
54.	VS-1/H Banatsko veliko selo	1986	925.0	762.0-783.0 819.0-846.0	I	10.0	E	43	1.69	0.01	0.145- 0.156
55.	Bajmok -1/H Bajmok*	1986	678.0	520.13-554.67 611.37-625.50 652.40-658.00	III/M +	1.0	-50.5	47	7.91	2.69	...
56.	NL-1/H Novi Ledinci	1986	808.0	70.8-83.93 91.13-104.35	I	5.2	-14.6	20	0.90	0.09	...
57.	Pj-2/H Palic jezero	1986	750.0	588.37-609.51 625.26-643.53	I	6.7	-15	44	3.34	0.70	1.039

Mogućnosti korišćenja energetskog potencijala geotermalnih voda u Vojvodini

№	Bušotina i lokalitet	Godina ispitivanja	Dubina	Ispitivani interval	Hidrogeološki sistem	Vodoizdašnost	Nivo vode	Temperatura	Mineralizacija	Salinitet	Gasni faktor
			[m]	[m]		[l/s]	[m]	[°C]	[g/l]	[g/l]	[m ³ /m ³]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
58.	VS-2/H Banatsko veliko selo	1987	895.0	791.08-830.35 849.48-879.70	I	12.0	-21.5	45	2.07	0.01	0.175-0.182
59.	Ki-4/H Kikinda	1987	1203.0	1089.0-1110.0 1122.0-1128.0 1133.0-1142.0	I	4.7	E	57			...
60.	Vrb-3/H Vrbas	1987	947.0	842.74-872.77 882.33-891.33 907.24-924.24	I	14.7	E	56	2.94	0.58	1.050-1.300
61.	Pb-3/H Prigrevica banja	1987	711.7	601.0-676.0	III/M	25.0	E	56	5.94	3.97	0.450-0.5000
62.	Kps-1/H Kupusina	1987	1600.0	1245.0-1382.0	III/M	3.3	E	72	6.94	3.92	
63.	Ne-1a/H Neuzina	1988	866.0	761.55-770.55 781.45-796.45 806.55-815.55 825.75-834.75 845.00-860.00	I	3.9	-11.3	47	3.50	0.64	... **
64.	Zr-1/H Zrenjanin	1988	870.0	771.0-792.0 799.0-838.0	I	4.2	-14.2	47	4.28	0.47	... **
65.	Ind-1/H Indija	1988	975.0	661.68-812.6	IV	16.7	E	57	4.09	2.51	0.377
66.	Če-1/H Čelarevo	1989	1134.0	374.6-389.6 405.6-444.6	I	15.0	-17.6	34	0.68	0.03	0.013
67.	BT-1/H Bačka Topola	1989	886.0	814.0-856.0	III/M	SD		22	10.70	5.70	...
68.	Zr-2/H Zrenjanin	1989	503.25	342.0-368.0 280.0-304.0	I	2.2 3.3	-9.72 -11.25	24 22	3.32 2.60	0.15 0.11
69.	Cr-5 Srpska Crnja**	1990	2052.0	1442.0-1517.0	I	18.3	E	75	4.61	2.69	...
70.	BT-2/H Bačka Topola	1990	541.0	427.0-467.0 471.0-496.0	I	8.3	-17.5	37	3.84	0.67	1.300
71.	Ind-3/H Indija	1991	1594.8	1290.0-1594.8	IV	BD					...
72.	Zob-1/H Zobnatica	1993	543.0	421.0-464.0 475.0-492.0	I	6.7	-20	37	3.96	0.29-	0.391
73.	Tus-1/H Turija sever	1996	1175.0	901.65-913.65 934.42-967.00	i	9.2	E	54	3.43	1.37	1.595

Napomena: ... Podatak nije poznat,
 * Bušotina je ispitivana u više navrata (godina),
 ** Bušotina je nagativana na ugljovodonike,
 + kontrolna hidrodinamička merenja
 ++ dopunska hidrodinamička merenja
 E eruptivno – samoizlivanje vode,
 SD slab dotok,
 BD bez dotoka,
 salinitet vode je izražen preko NaCl

Tabela 6: Klasifikacija hidrotermalnih bušotina po temepraturi vode na izlivu

№	Temperaturni opseg [°C]	Broj bušotina [kom]	Karakteristike bušotina		
			Oznaka	Temperatura [°C]	Izdašnost [l/s]
1.	do 30	9	Er-1/H	16	1.0
			NL-1/H	20	5.2
			Lež-1/H	23	1.0
			SK-1/H	23	3.2
			Zr-2/H	24	2.2
			NSb-1/H	25	20.0
			Db-1/H	25	10.0
			Pt-1/H	26	1.0
			Bk-1/H	26	15.7
2.	30-35	8	Vrd-1/H	31	0.8
			S-1	33	0.1
			Mc-1/H	33	10.3
			Bč-1/H	33	8.3
			Kd-2/H	34	5.7
			Ja-1/H	34	5.0
			Če-1/H	34	15.0
			NS-2/H	35	2.7
3.	35-40	6	NS-3/H	36	13.3
			Kđ-3/H	36	2.7
			BT-2/H	37	8.3
			Zob-1/H	37	6.7
			KI-3/H	38	3.3
			Vrb-1/H	39	4.3
4.	40-45	11	Kž-1/H	41	2.8
			Te-1/H	41	20.0
			NS-1/H	42	2.0
			Prg-1/H	43	1.5
			So-1/H	43	2.5
			VS-1/H	43	10.0
			Ži-1/H	44	3.3
			Pj-2/H	44	6.7
			BP-2/H	45	11.3
			Kup-2/H	45	14.2
			VS-2/H	45	12.0
5.	45-50	9	BP-1/H	46	10.8
			Ne-1a/H	47	3.9
			Bajmok-1/H	47	1.0
			Zr-1/H	47	4.2
			Kup-1/H	48	41.7
			Pj-1/H	48	12.2
			Šm-1/H	50	6.7
			KI-1/H	50	9.5
6.	50-55	9	Sr-2/H	50	7.5
			Ki-2/H	51	16.7
			Pb-1/H	51	20.8
			KI-2/H	51	7.8
			KI-4/H	51	9.5
			Vrb-2/H	52	5.8
			Mk-1/H	53	12.5
			DP-1/H	54	16.3
			Tus-1/H	54	9.2
Vrb-1/H	55	15.8			

№	Temperaturni opseg	Broj bušтина	Karakteristike bušтина		
			Oznaka	Temperatura	Izdašnost
	[°C]	[kom]	-	[°C]	[l/s]
7.	55-60	6	Vrb-3/H	56	14.7
			Pb-3/H	56	25.0
			Ki-4/H	57	4.7
			Sr-1/H	57	11.7
			Ind-1/H	57	16.7
			Pb-2/H	59	9.2
8.	60-65	2	Bč-2/H	63	28.3
			Kž-2/H	65	11.7
9.	65-70	2	Ulj-1/H	68	3.2
			Vbc-1/H	68	4.3
10.	70-75	2	Kps-1/H	72	3.3
			Cr-5	75	18.3
11.	75-80	-	-	-	-
12.	više od 80	1	Vbc-1/H	82	16.7

Tabela 7: Klasifikacija hidrotermalnih bušтина po vodoizdašnosti

№	Opseg izdašnosti	Broj bušтина	Karakteristike bušтина		
			Oznaka	Izdašnost	Temperatura
	[l/s]	[kom]	-	[l/s]	[°C]
1.	do 5	23	S-1	0.1	33
			Vrd-1/H	0.8	31
			Er-1/H	1.0	16
			Lež-1/H	1.0	23
			Pt-1/H	1.0	26
			Bajmok-1/H	1.0	47
			Prg-1/H	1.5	43
			NS-1/H	2.0	42
			Zr-2/H	2.2	24
			So-1/H	2.5	43
			NS-2/h	2.7	35
			Kđ-3/H	2.7	36
			Kž-1/H	2.8	41
			SK-1/H	3.2	23
			Ulj-1/H	3.2	68
			KI-3/H	3.3	38
			Ži-1/H	3.3	44
			Kps-1/H	3.3	72
			Ne-1/H	3.9	47
			Zr-1/H	4.2	47
			Vrb-1/H	4.3	39
			Vbc-1/H	4.3	68
			Ki-4/H	4.7	57
2.	5-10	10	Ja-1/H	5.0	34
			NL-1/H	5.2	20
			Kd-2/H	5.7	34
			Vrb-2/H	5.8	52
			Zob-1/H	6.7	37
			Pj-2/H	6.7	44
			Šm-1/H	6.7	50
			Sr-2/H	7.5	50
			KI-2/H	7.8	51
			Bč-1/H	8.3	33

Tabela 7: Nastavak

№	Opseg izdašnosti	Broj bušotina	Karakteristike bušotina		
			Oznaka	Izdašnost	Temperatura
	[l/s]	[kom]	-	[l/s]	[°C]
2.	5-10	7	BT-2/H	8.3	37
			Tus-1/H	9.2	54
			Pb-2/H	9.2	59
			KI-1/H	9.5	50
			KI-4/H	9.5	51
			Db-1/H	10.0	25
			VS-1/H	10.0	43
3.	10-15	13	Mc-1/H	10.3	33
			BP-1/H	10.8	46
			BP-2/H	11.3	45
			Sr-1/H	11.7	57
			Ka-2/H	11.7	65
			VS-2/H	12.0	45
			Pj-1/H	12.2	48
			Mk-1/H	12.5	53
			NS-3/H	13.3	36
			Kup-2/H	14.2	45
			Vrb-3/H	14.7	56
			Če-1/H	15.0	34
			Vrb-1/H	15.8	55
4.	15-20	7	Bk-1/H	15.7	26
			DP-1/H	16.3	54
			Ki-2/H	16.7	51
			Ind-1/H	16.7	57
			Vbc-1/H	16.7	82
			Cr-5	18.3	75
			Te-1/H	20.0	41
5.	20-25	3	Nsb-1/H	20.0	25
			Pb-1/H	20.8	51
			Pb-3/H	25.0	56
6.	25-30	1	Bč-2/H	28.3	63
7.	više od 30	1	Kup-1/H	41.7	48

1.3 KLASIFIKACIJA BUŠOTINA PREMA GEOTERMALNOM POTENCIJALU

Toplotna snaga hidrotermalnih bušotina se računa (u JP "NIS Naftagas" koje je zaduženo za gazdovanje ovim resursima) prema sledećoj formuli.

$$Q = \frac{1}{1000} \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2) \text{ [kW]}$$

gde su:

Q [kW]	toplotna snaga geotermalne vode,
V [l/s]	vodoizdašnost bušotine,
ρ [kg/m ³]	gustina vode (usvojena je srednja vrednost 1000 kg/m ³),
c_p [kJ/kg]	izobarna specifična toplota vode (usvojena je srednja vrednost 4.1868 kJ/(kg K)
t_1 [°C]	temperatura vode na glavi bušotine i
t_2 [°C]	temperatura vode nakon korišćenja (usvojeno je 25 °C).

Ukoliko se u sitem korišćenja geotermalne vode uključe i toplotne pumpe moguće je dodatno ohladiti vodu pre ispuštanja u recipijente ili vraćanja nazad u podzemlje. Ovo je pogodno i sa stanovišta održanja postojeće ravnoteže u prirodi, jer eventualno kontinualno ispuštanje vode od 25 °C remeti mikroklimatske uslove.

Ovom studijom se predlaže hlađenje geotermalne vode do 15 °C i korišćenje i tog dodatnog energetskog potencijala koji donosi razlika temperatura od 25 °C do 15 °C. Energetski potencijal geotermalne vode hidrotermalnih bušotina je dat u tabeli 6.

Tabela 8: Klasifikacija hidrotermalnih bušotina po energetskom potencijalu

№	Opseg toplotne snage* [kW]	Broj bušotina [kom]	Oznaka	Temperatura t_1 [°C]	Izdašnost V [l/s]	Toplotna snaga	
						Q_N	Q_S
						[kW]	
1.	do 500	21	Er-1/H	16	1.0	-	4
			S-1	33	0.1	3	8
			Lež-1/H	23	1.0	-	33
			Pt-1/H	26	1.0	4	46
			Vrd-1/H	31	0.8	20	54
			Zr-2/H	24	2.2	-	83
			SK-1/H	23	3.2	-	107
			NL-1/H	20	5.2	-	109
			Bajmok-1/H	47	1.0	92	134
			Prg-1/H	43	1.5	113	176
			NS-2/H	35	2.7	113	226
			NS-1/H	42	2.0	142	226
			Kđ-3/H	36	2.7	124	237
			So-1/H	43	2.5	188	293
			Kž-1/H	41	2.8	188	305
			KI-3/H	38	3.3	180	318
			Ja-1/H	34	5.0	188	398
			Ži-1/H	44	3.3	263	401
			Db-1/H	25	10.0	0	419
Vrb-1/H	39	4.3	252	432			
Kd-2/H	34	5.7	215	453			
2.	500-1,000	15	Ne-1a/H	47	3.9	359	523
			Zr-1/H	47	4.2	387	563
			Zob-1/H	37	6.7	337	617
			Bč-1/H	33	8.3	278	626
			Ulj-1/H	68	3.2	576	710
			Bk-1/H	26	15.7	66	723
			BT-2/H	37	8.3	417	765
			Mc-1/H	33	10.3	345	776
			Kps-1/H	72	3.3	649	788
			Pj-2/H	44	6.7	533	813
			Ki-4/H	57	4.7	630	826
			NSb-1/H	25	20.0	0	837
			Vrb-2/H	52	5.8	656	898
			Vbc-1/H	68	4.3	774	954
Šm-1/H	50	6.7	701	982			
3.	1,000-1,500	6	Sr-2/H	50	7.5	785	1,099
			NS-3/H	36	13.3	613	1,169
			VS-1/H	43	10.0	754	1,172
			KI-2/H	51	7.8	849	1,176
			Če-1/H	34	15.0	565	1,193
			KI-1/H	50	9.5	994	1,392

Tabela 8: Nastavak

№	Opseg toplotne snage* [kW]	Broj bušotina [kom]	Oznaka	Temperatura t_1 [°C]	Izdašnost V [l/s]	Toplotna snaga	
						Q_N	Q_S
						[kW]	
3.	1,000-1,500	3	BP-1/H	46	10.8	950	1,402
			BP-2/H	45	11.3	946	1,419
			KI-4/H	51	9.5	1,034	1,432
4.	1,500-2,000	6	Tus-1/H	54	9.2	1,117	1,502
			VS-2/H	45	12.0	1,005	1,507
			Pj-1/H	48	12.2	1,175	1,686
			Pb-2/H	59	9.2	1,310	1,695
			Kup-2/H	45	14.2	1,189	1,784
			Mk-1/H	53	12.5	1,465	1,989
5.	2,000-2,500	3	Te-1/H	41	20.0	1,340	2,177
			Sr-1/H	57	11.7	1,568	2,057
			Ka-2/H	65	11.7	1,959	2,449
6.	2,500-3,000	5	Ki-2/H	51	16.7	1,818	2,517
			Vrb-3/H	56	14.7	1,908	2,523
			Vrb-1/H	55	15.8	1,985	2,646
			DP-1/H	54	16.3	1,979	2,662
			Ind-1/H	57	16.7	2,237	2,937
7.	3,000-3,500	1	Pb-1/H	51	20.8	2,264	3,135
8.	3,500-4,000	0	-	-	-	-	-
9.	4,000-4,500	1	Pb-3/H	56	25.0	3,245	4,291
10.	4,500-5,000	2	Cr-5	75	18.3	3,831	4,597
			Vbc-1/H	82	16.7	3,985	4,685
11.	više od 5,000	2	Bč-2/H	63	28.3	4,502	5,687
			Kup-1/H	48	41.7	4,016	5,761
12	UKUPNO:					60,181	85,605

Napomena: * Opseg toplotne snage je dat po Q_S
 Q_N Toplotna snag računata po metodologiji "NIS Naftagas"-a (za $t_2 = 25\text{ °C}$)
 Q_S Toplotna snag računata prema predlogu autora studije (za $t_2 = 15\text{ °C}$)

1.4 KOMENTAR PODATAKA O KARAKTERISTIKAMA BUŠOTINA

Navedeni podaci o bušotinama su dati na bazi informacija prikupljenih do 1996. godine [1]. Slični ili gotovo identični podaci se mogu naći i u publikacijama [2], [3], [7], i [9].

Iz novijih podataka o karakteristikama bušotina, koji su za potrebe ove studije pripremani u "NIS Naftagas"-u, uočavaju se izvesne razlike u podacima (videti prilog 1). Najizraženije su razlike u izdašnosti bušotina. Generalno, po ovim podacima su manje te je i njihova toplotna snaga nešto manja. Ovo se u određenoj meri može objasniti smanjenjem njihovog kapaciteta zbog starosti bušotina i neadekvatnim održavanjem sistema bušotina. U svakom slučaju izvesna promenljivost karakteristika tokom veka bušotine je moguća i očekivana. Zbog toga se za konkretno projektovanje i korišćenje energetskog potencijala hidrotermalnih voda svaka bušotina, koja nije u proizvodnji, mora dodatno analizirati da bi se ustanovili aktualni podaci za projektovanje korišćenja njenog termalnog potencijala.

2 ANALIZA POTENCIJALNOG KONZUMA

Prema podacima iz 1997. godine [1], kojima je obuhvaćeno 65 bušotina hidrotermalne vode u Vojvodini, ukupna toplotna snaga ovih bušotina iznosi (videti tabelu 8):

- prema metodologiji obračuna "NIS Naftagas"-a 60,181 kW
- prema načinu korišćenja koji predlažu autori studije: 85,605 kW

Noviji podaci dobijeni od "NIS Naftagas"-a za potrebe ove studije (maj 2005. godina) obuhvataju 54 hidrotermalne bušotine u Vojvodini. Ukupna toplotna snaga svih ovih bušotina iznosi (videti prilog 1):

- prema metodologiji obračuna "NIS Naftagas"-a 51,843 kW
- prema načinu korišćenja koji predlažu autori studije: 72,579 kW

što je za oko 14% manje od potencijala sa kojim se računalo 1997. godine.

Od ukupno 73 bušotine ili 65 pozitivnih na hidrotermalne vode (navedene su u tabeli 5) samo 15 je aktivirano za proizvodnju toplotne energije, mahom u periodu od 1981. do 1988. godine i nešto kasnije, u 1999. godini, bušotona (KŽ-1/H) (videti tabelu 9). Ukupna raspoloživa toplotna snaga ovih bušotina, po metodologiji obračuna "NIS Naftagas"-a, iznosi 18,763 kW ili to je 25.85% ukupnog potencijala svih hidrotermalnih bušotina u Vojvodini po sadašnjoj evidenciji "NIS Naftagas"-a.

2.1 POSTOJEĆI KONZUM GEOTERMALNE VODE

Struktura sadašnjeg konzuma koji koristi potencijal hidrotermalnih voda je raznovrsna i može se svrstati na sledeći način:

- banje i banjско rekreacioni centri sa višestrukim korišćenjem 43.6%
- zagrevanje objekata 38.8%
- tehnološke potrebe 11.5%
- rekreacija (otvoreni i zatvoreni bazeni) 6.1%

Ovi podaci su orijentacioni. Ekonomska situacija i tranzicija u kojoj se nalazi zemlja dovode do promena u korišćenju energije hidrotermalnih voda. To se posebno odnosi na privredu: fabrike, pojedine farme i druge manje korisnike koji su zbog različitih poslovnih poteškoća, promene vlasništva i drugih okolnosti delimično ili potpuno napuštali korišćenje ovih resursa.

Najveći i istovremeno i najpouzdaniji korisnici su banje. Njih karakteriše celogodišnje korišćenje za bajsko-terapijske potrebe i pripremu sanitarne tople potrošne vode i sezonsko za zagrevanje objekata.

Sledeća pogodna grupa korisnika je privreda za tehnološke potrebe, jer su to po pravilu dugotrajni korisnici. Tipični su DD "Kulski štofovi" i Fabrika kože "Eterna" u Kuli. Termalna voda je korišćena cele godine za ispiranje vune i štavljenje kože. Pad njihove proizvodnje u proteklim godinama je uticao i na skraćenje perioda korišćenja termalnih voda da bi DD "Kulski štofovi" počev od 2001. godine i potpuno prestali da je koriste.

Ostali korisnici su sezonski i samim tim ekonomski nepovoljniji. Pregled svih hidrotermalnih bušotina koje su, prema podacima "NIS Naftagas"-a, u proizvodnji u 2005. godini je dat u tabeli 9.

Mogućnosti korišćenja energetskog potencijala geotermalnih voda u Vojvodini

Tabela 9: Pregled bušotina koje su u proizvodnji ("NIS Naftagas", maj 2005. godina)

№	Mesto	Oznaka bušotine	Godina bušenja	Optimalna izdašnost	Temperatura vode	Toplotna snaga bušotine		Korisnik	Početak korišćenja	Namena
				V	t ₁	Q _N	Q _S		[godina]	
				[l/s]	[°C]	[kW]				
1	Alibunar	Db-1/H	1978.	7.4	24	-31	279	Turistička organizacija (Devojački bunar)	1986	Otvoreni rekreacioni bazen
2	Bačko Karađorđevo	Kđ-1/H	1974.	2.2	34	82	173	Vojska Srbije i Crne Gore	1978	Zagrevanje bazena za rekreaciju
3	Banatsko Veliko Selo	VS-1/H	1986.	11.2	43	844	1,313	DP "Kozara"	1987	Zagrevanje svinjogojske farme
4	Bečej	Bč-2/H	1985.	17.2	65	2,881	3,601	OSC "Mladost", DZ "Predrag Hadnađev" i Hotel "Bela lađa"	1988	Zagrevanje prostorija, tople potrošne vode i bazena
5	Bački Petrovac	BP-2/H	1984.	6.5	46	571	844	Institut za hmelj	1987	Zagrevanje prostorija i sušenje bilja
6	Kanjiža	Kž-1/H	1977.	1.8	41	121	196	"Banja Kanjiža"	1981	Zagrevanje objekta banje i balneoterapija
7	Kanjiža	Kž-2/H	1983.	9.3	65	1,557	1,947	"Banja Kanjiža"	1986	Zagrevanje banje i balneoterapija
8	Kanjiža	Kž-3/H	1996.	12.5	70	2,355	2,878	"Banja Kanjiža"	1999	Zagrevanje objekta banje i balneoterapija
9	Kula	KI-2/H	1982.	5.6	53	656	891	Fabrika kože "Eterna"	1984	Tehnička topla voda
10	Melenci	Me-1/H	1978.	6.9	33	231	520	"Banja Rusanda"	1985	Balneologija
11	Mokrin	Mk-1/H	1983.	7.0	51	762	1,055	DP "Mokrin"	1984	Zagrevanje svinjogojske farme
12	Palić	Pj-1/H	1978.	5.5	48	530	760	JP "Palić-Ludoš"	1984	Otvoreni rekreacioni bazen
13	Palić	Pj-2/H	1986.	6.3	48	607	870	"Elite-Palić"	1989	Zagrevanje objekta i sanitarna topla voda
14	Prigrevica	Pb-1/H	1981.	11.8	53	1,383	1,877	"Banja Junaković"	1984	Zagrevanje objekta banje i balneoterapija
15	Temerin	Te-1/H	1984.	14.9	40	936	1,560	JP "Komunalac"	1987	Otvoreni rekreacioni bazen
16	Ukupno					13,485	18,763			

Napomena: Toplotna snaga bušotine je računata na istim principima kao za tabelu 8 u tački 1.3

Najvažniji i po kapacitetu najveći korisnici termalne energije su banje "Kanjiža" i "Junaković" i sportsko-rekreacioni kompleks u Bečeju.

Banja "Kanjiža" koristi bušotine (Kž-1/H, Kž-2/H i Kž-3/H). U zimskim uslovima se obično koristi bušotina (Kž-3/H), a u letnjim (Kž-1/H). Hidrotermalna voda se koristi višenamenski za: zagrevanje objekata (niskotemperatursko), balneoterapiju, rekreaciju i toplu potrošnu vodu. Ukupna snaga bušotina je 4,033 kW (po metodologiji "NIS Naftagas"-a). Ukupna instalisana snaga konzuma iznosi 2,732 kW. Izgrađena razmenjivačka stanica sa dva pločasta razmenjivača ukupne snage 1650 kW omogućava zadovoljenje svih toplotnih potreba banje do temperature spoljnog vazduha -5°C . Banja je godišnje koristila cca 110,000 m³ termalnih voda.

Banja "Junaković" koristi bušotinu (Pb-1/H). Hidrotermalna voda se koristi višenamenski za: zagrevanje objekata (niskotemperatursko), balneoterapiju, rekreaciju i toplu potrošnu vodu. Ukupna snaga bušotine je 1,877 kW (po metodologiji "NIS Naftagas"-a). Na ovom objektu su prvi put u Vojvodini primenjene i toplotne pumpe za grejanje objekata. Ukupna instalisana snaga konzuma iznosi 1,581 kW. U banji se godišnje koristilo i do cca 150,000 m³ termalnih voda.

Sledeći značajan višenamenski korisnik energije termalnih voda iz bušotine (Bč-2/H) je sportsko-rekreacioni centar u Bečeju. Toplotni kapacitet ove bušotine je 3,601 kW i koristi se za zagrevanje objekata, pripremu sanitarne tople potrošne vode i zagrevanje vode u zatvorenom bazenu u OSC "Mladost", DZ "Predrag Hadnađev" i hotelu "Bela lađa". Ova bušotina je karakteristična po velikom sadržaju sagorivih gasova (videti tabelu 5) koji se mogu koristiti za dogrevanje vode. Energija termalnih voda zadovoljava toplotne potrebe kompleksa do temperature spoljnog vazduha -5°C . U ovom kompleksu se godišnje koristilo i do 100,000 m³ termalnih voda.

U okolini Kikinde energija termalnih voda se koristi za zagrevanje svinjogojskih farmi. Za to se koriste bušotine (VS-1/H) u Banatskom Velikom Selu DP "Kozara" i (Mk-1/H) u Mokrinu DP "Mokrin". Ukupna toplotna snaga ovih dveju bušotina iznosi 2,368 kW. Energija termalnih voda iz ovih bušotina se koristi sezonski za niskotemperatursko (vazdušno) grejanje farmi. Samo farma u Banatskom Velikom Selu koristi godišnje oko 120,000 m³ termalnih voda. Do pre par godina i farma "Jedinstvo" u Kikindi je koristila termalne vode za zagrevanje, ali je prestala zbog visoke cene ove energije. Iz istih razloga i stalnih poteškoća u održavanju sistema i DP "Kozara" razmatra mogućnost prestanka korišćenja energije termalnih voda.

Ranije pomenuta preduzeća u Kuli DD "Kulski štofovi" i Fabrika kože "Eterna" su koristila bušotine (KI-4/H) odnosno (KI-2/H) za svoje tehnološke potrebe i bile su značajan celogodišnji korisnik energije termalnih voda. Korišćena toplotna snaga je iznosila 3,700 kW, da bi se sada svelo samo na korišćenje bušotine (KI-2/H) u Fabrici kože "Eterna" sa toplotnom snagom od 891 kW.

Geotermalna energija se koristila i za povrtarsku proizvodnju u zatvorenom prostoru. Tipičan primer je zagrevanje plastenika površine od 0.5 ha u Srbobranu. Ovaj objekat se više ne koristi i samim tim je obustavljena i eksploatacija bušotine (Sr-1/H). U ovom slučaju se prvi put u eksperimentalne svrhe koristila i eneregija izdvojenih gasova iz geotermalne vode za njeno dogrevanje.

Preostali korisnici energije termalnih voda su letnji sezonski za zagrevanje otvorenih ili zatvorenih rekreacionih bazena. U ovoj grupi korisnika su otvoreni rekreacioni bazeni u Temerinu i na Paliću i zatvoreni rekreacioni bazen u Vrbasu. Prva dva su još uvek u funkciji i koriste termalne vode iz bušotina (Te-1/H), odnosno (Pj-1/H) ukupne toplotne snage 2,320 kW.

Zajedničko za sve korisnike energije termalnih voda je da iskorišćenu vodu ispuštaju u obližnje prirodne recipijente površinskih voda.

Registrovana proizvodnja termalnih voda u Vojvodini [1] doživljava ekspanziju u periodu od 1986. godine do 1990. godine. U tom periodu godišnja proizvodnja stalno raste od početnih cca 650,000 m³ da bi u 1990. godini dostigla maksimum od 1,600,000 m³. Počev od 1991. godine počinje pad proizvodnje i 1996. godine iznosi cca 950,000 m³. Taj, nepovoljan trend je nastavljen do današnjih dana. Sasvim sigurno je da suštinske razloge za to treba tražiti u ukupnoj ekonomskoj i političkoj situaciji u kojoj se našla naša zemlja nakon 1990. godine.

2.2 POTENCIJALNI KONZUM I NAČIN KORIŠĆENJA ENERGIJE GEOTERMALNE VODE

Generalno govoreći, temperatura termalnih voda i izdašnost hidrotermalnih bušotina u Vojvodini je pogodna za korišćenje u sledeće svrhe:

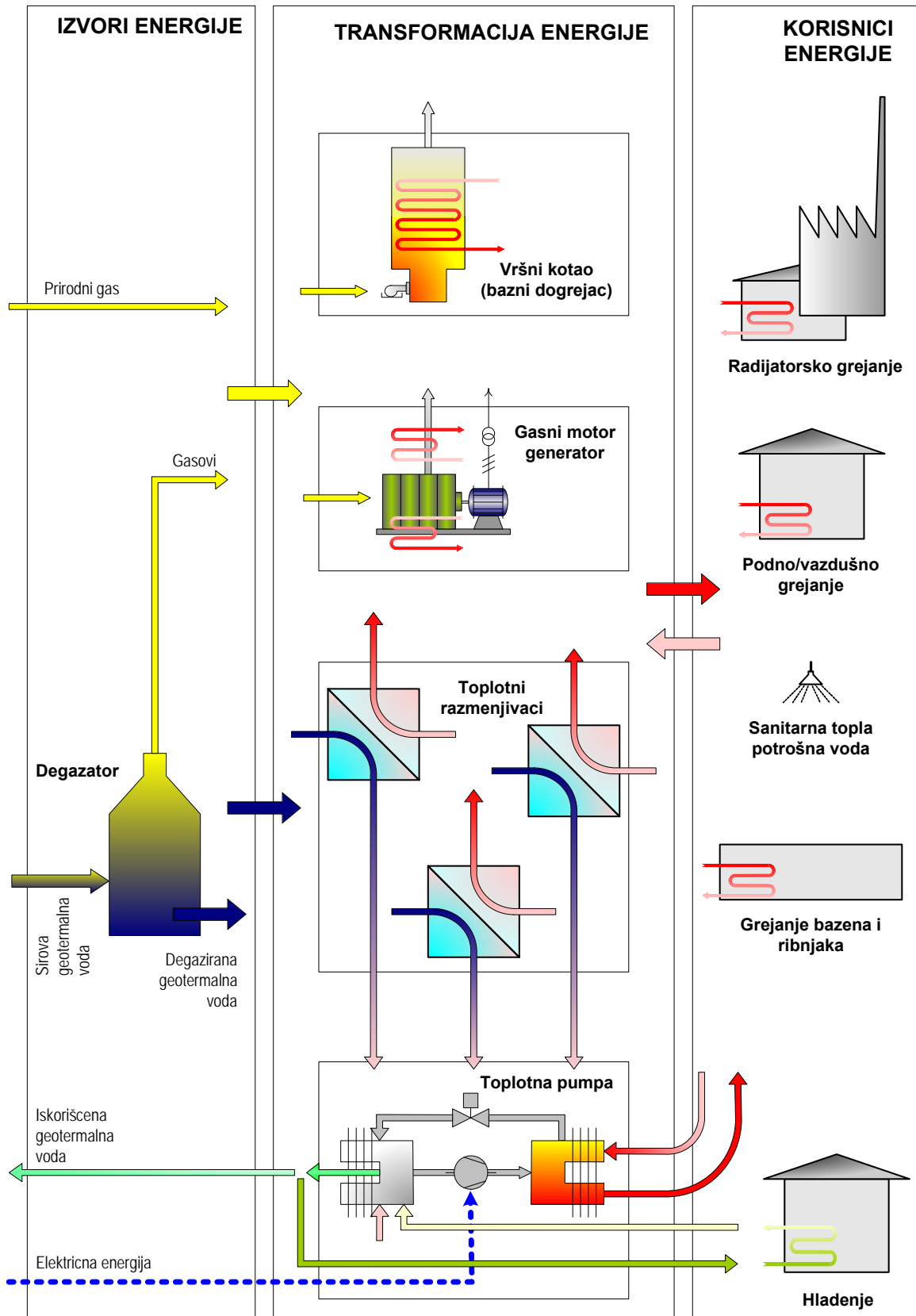
- ❖ zagrevanje sportsko-rekreacionih, banjskih, hotelskih, industrijskih, stambenih, i drugih objekata,
- ❖ za pripremu tople potrošne vode za navedene korisnike,
- ❖ u poljoprivredi, za zagrevanje staklenika i plastenika,
- ❖ u stočarstvu i živinarstvu za zagrevanje farmi i pripremu sanitarne tople vode,
- ❖ u ribarstvu za zagrevanje ribnjaka,
- ❖ u nekim fabrikama za niskotemperaturske tehnološke potrebe za koje se koristi topla voda i sanitarne potrebe i
- ❖ u banjama i sportsko-rekreacionim centrima za banleološke svrhe, zagrevanje bazena i pripremu sanitarne tople vode.

Stepen iskorišćenja toplotnog potencijala geotermalne vode od odlučujućeg je uticaja za ekonomičnost korišćenja ovog energetskeg resursa. Najpovoljnije bi bilo koristiti buštinu neprekidno 8,760 časova godišnje i pri tome stalno "hladiti" geotermalnu vodu na izlazu iz sistema za transformaciju energije do 15 °C. Time bi se postiglo puno korišćenje i ostvarili najpovoljniji ekonomski uslovi za valorizaciju energetske vrednosti termalnih voda. Takav način iskorišćenja ovog energetskeg potencijala bi bio u interesu korisnika i "NIS Naftagas"-a, ovlašćene kompanije za gazdovanje resursima geotermalne energije.

Za korisnika energije termalnih voda je ekonomski izuzetno važno do koje mere koristi taj potencijal. To direktno utiče na njegovu ekonomiju i cenu jedinice preuzete energije. On kupuje energiju iskazanu protokom i razlikom temperatura geotermalne vode i utvrđene temperature vode na izlazu iz njegovih sistema (25 °C po metodologiji "NIS Naftagas"-a ili 15 °C po predlogu autora studije). Pri tome, na cenu ne utiče ostvareni stepen iskorišćenja energije geotermalne vode ili ne. Potpunim korišćenjem "raspoložive" energije korisnik eliminiše nastanak gubitaka energije pri ispuštanju iskorišćene vode. Taj gubitak se plaća, jer kupoprodaja obuhvata ukupni protok energije na izlazu iz bušotine do zamišljene granice hlađenja.

U praksi je ovo praktično nemoguće ostvariti. Teško je i zamisliti takvu strukturu konzuma koji bi omogućio da se 8,760 sati godišnje iskoristi energetskeg potencijal bušotine u celosti i geotermalna voda uvek "hladi" do krajnjih, ugovorenih temperatura pre napuštanja sistema u kom se koristi. Međutim, treba nastojati je da se pogodnom strukturom različitih korisnika energije, u što većoj meri dugotrajnije mogu ostvariti dovoljno povoljni režimi rada sistema koji će, zavisno od pariteta cena energije, omogućiti ekonomično korišćenje. Zbog toga su, za ekonomičnost iskorišćenja raspoložive toplotne energije svake bušotine, pogodni dugotrajni i slojeviti korisnici energije sa što nižim zahtevanim temperaturama.

Na slici 2 je prikazana, za karakteristike Vojvođanskih bušotina, elementarna opšta toplotna šema obezbeđenja, transformacije i korišćenja energije termalnih voda.



Slika 2: Šema sistema za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda

2.3 SELEKCIJA POTENCIJALNOG KONZUMA ZA PRIKLJUČENJE

Analizama "pogodnog" konzuma za ove karakteristike hidrotermalnih bušotina Vojvodine izabrana je kao povoljna sledeća struktura korisnika energije geotermalne vode.

Radijatorsko grejanje podrazumeva obezbeđenje temperature polazne vode za sistem geranja od 60 °C (izuzetno 55 °C za buštine koje ne mogu ostvariti temperaturu od 60 °C). Ovo podrazumeva rad sistema grejanja u baznom režimu u trajanju od cca 3,200 časova godišnje. Time bi se, zavisno od toplotne snage bušotine i projektovane snage konzuma mogle zadovoljiti njegove ukupne potrebe za toplotnom snagom od cca 60%.

Vršno opterećenje se "pokriva" iz vršnog izvora koji istovremeno služi za bazno dogrevanje vode, a sistem grejanja mora da bude prilagođen nižim radnim temperaturama nego što je to do sada uobičajeno. To podrazumeva da se radijatorsko grejanje projektovano za temperaturski režim 90/70 °C mora rekonstruisati na niže projektne temperature. Svaki konkretan, postojeći sistem, mora biti analiziran i površina grejnih tela se mora, u određenoj meri, povećati. Novoprojektovani sistemi se u startu trebaju prilagoditi nižim projektnim temperaturama (recimo 70/50 °C).

Podno i vazdušno grejanje je alternativa ili dopuna radijatorskom grejanju. Projektna temperatura polazne vode ka zagrevačima vazduha bi iznosila (35 – 40) °C, a temperatura povratne vode oko 25 °C. Sistem bi radio 3,200 sati godišnje. Ovakav temperaturski režim je pogodan za najveći broj bušotina. Pogodan je za čitav niz raznih krajnjih korisnika, zagrevanje: svih vrsta objekata za boravak ljudi, uzgajališta na stočnim farmama, staklenika, plastenika i sl.

Priprema tople potrošne vode je pogodna za korišćenje energije geotermalne vode, jer je potrebna čitave godine. Računa se sa njenim korišćenjem od (8,000-8,760) sati godišnje. U studiji se, za ove potrebe, predviđaju toplotne snage od (150-250) kW sa akumulacijom zagrejanje vode temperature (45-50) °C. S druge strane, ovaj potrošač je sposoban ohladiti geotermalnu vodu komotno do 25 °C, a uz nešto veći toplotni razmenjivač čak i do 20 °C.

Zagrevanje bazena ili ribnjaka se veoma pogodno uklapa sa preostalim konzumom, jer ima tzv. "produženu sezonu" u prelaznim periodima krajem proleća (od 15 aprila do kraja juna) i početkom jeseni (od septembra do 15. oktobra). U takvim uslovima moguće je korišćenje geotermalne vode cca 3,200 sati u zimskim uslovima nešto smanjenom snagom i oko 1,400 sati u prelaznim periodima znatno većom snagom. Temperatura polazne vode iznosi 30 °C, a temperatura povratne vode 25 °C.

Posebna pogodnost je da je za ovakvu vrstu konzuma u zimskom periodu moguće i dodatno noćno grejanje sa znatno većom snagom u trajanju od cca 1,600 sati godišnje. Zagrevanje bazena na ovaj način omogućava visok standard grejanja i česte izmene celokupne količine vode iz bazena. To istovremeno prouzrokuje veće troškove za: vodu, njenu obradu i cirkulaciju pa se i ti aspekti moraju imati u vidu kada je reč o ukupnom standardu korišćenja ovako grejanih bazena. Ribljaci su kao potrošač vrlo slični bazenima. U najpovoljnijem slučaju konzum bi trajao 6,200 časova godišnje.

Grejanje i hlađenje toplotnom pumpom omogućava da se toplotni potencijal geotermalne vode za grejanje iskoristi potpunije, a takođe i tokom letnjih meseci za hlađenje. Računa se sa grejanjem od 3,200 sati godišnje i toplotnom snagom od (700-1,000) kW i hlađenjem od 1,400 sati godišnje rashladnom snagom od (510-725) kW. Temperaturski režim hlađenja vode isparivačem iznosi 7/12 °C, a zagrevanja kondenzatorom 40/50 °C. Sigurni smo da je ovaj uređj neophodan u svim energetskim varijantama, jer može geotermalnu vodu ohladiti

lako do 15 °C, pa čak i do 12 °C. U najpovoljnijem slučaju toplotna pumpa bi radila 6,200 časova godišnje u grejanju i dodatnih 1,400 časova godišnje u hlađenju.

Korišćenje gasnih motora u analiziranim rešenjima ima za svrhu sagorevanje gasova izdvojenih iz geotermalne vode uz dodatno korišćenje prirodnog gasa. Gasni motori bi u tim uslovima radili 3,200 sati godišnje, proizvodili električnu energiju i zagrevali vodu na nivo temperatura grejanja. Ovako zagrejanja voda bi se koristila za radijatorsko, podno ili vazdušno grejanje, na isti način kao i ona koja je pripremljena iz geotermalne vode. U slučaju postojanja bazena ili ribnjaka, ovaj uređaj bi radio dodatnih 1,600 + 1,400 = 3,000 časova godišnje, što je za njegovu ekonomičnost odlučujuće važno. Zavisno od veličine ovog agregata deo električne energije bi morala preuzimati javna mreža.

Vršno zagrevanje se obavlja u vršnom kotlu. Ono je neminovno u svakom slučaju. Mora postojati u svim rešenjima i sa istim ili približno istim parametrima. Za poređenje varijantnih rešenja različitost njegovog energetskog i ekonomskog uticaja iskazana je samo cenom kotla, a učešće u troškovima (goriva) i zaradi na prodaji toplotne energije je mala i mnogo zavisi od sezone.

Moguća je različita struktura predloženih, potencijalnih krajnjih korisnika toplotne energije getermalnih bušotina. Sigurno je da izostanak bilo kojeg od njih ima uticaj na ekonomičnost korišćenja ovih energetskih resursa i zato su neophodne detaljne analize svih varijantnih rešenja za svaki konkretan slučaj. Slobodno uopštavanje može dovesti do pogrešnih krajnjih zaključaka.

2.4 MOGUĆNOSTI I OPRAVDANOST PRIKLJUČENJA

Odlučujući parametri za ocenu opravdanosti priključenja su ekonomski interesi korisnika i politička opredeljenost za dodeljivanje pogodnih tzv. "zelenih" kredita sa 5% kamate ili bez kamate za podsticanje korišćenja energetskih potencijala termalnih voda. Pri tome je podjednako važno pitanje da li postoji raspoloživi kapital za uvođenje korišćenja termalnih voda u postojeće objekte sa ciljem supstitucije fosilnih goriva i činjenica da li će ta energija biti konkurentna klasičnim rešenjima. Novi, potencijalni korisnici su u nešto povoljnijem položaju, jer treba iz navedene "ponude" mogućih rešenja samo izabrati ekonomski najpovoljnije rešenje.

Sadašnje intencije svetske zajednice i Evropske Unije su intenziviranje korišćenja svih vidova obnovljivih energetskih izvora. Naša država se pridružuje tom trendu i takvu politiku promovise kroz "Strategiju razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine" koja se nalazi u proceduri usvajanja. Strategijom se podržavaju ovakvi projekti kroz "Program za selektivno korišćenje novih i obnovljivih izvora energije". Očekuje se intenziviranje aktivnosti na ovom području, jer u Strategiji, u delu koji opisuje ovaj Program piše:

(citat) ... "Za realizaciju Programa neophodno je utvrditi podsticajne mere za uvođenje savremenih tehnologija sagorevanja biomase i otpada, za ulaganja u nova postrojenja i kupovinu opreme za korišćenje obnovljivih izvora energije, zatim mere za upoznavanje šire i stručne javnosti o mogućnostima korišćenja različitih obnovljivih izvora i o pogodnostima koje pružaju međunarodni Fondovi za realizaciju konkretnih Projekata, uključujući lokalnu samoupravu o pozitivnim efektima ovih aktivnosti povećanje zaposlenosti i razvoj lokalne infrastrukture. Saglasno najavljenoj harmonizaciji prakse i regulative u ovoj oblasti, sa regulativom EU, u okviru ovog Programa utvrdili bi se zakoni, propisi, standardi i ostali dokumenti kojima se reguliše aktivnost u vezi korišćenja obnovljivih izvora energije.

Slično Programu za racionalnu upotrebu i efikasno korišćenje energije, za realizaciju ovog Programa, potrebno je "razviti" posebne šeme/modele finansijskog podsticaja svim nerama kojim se omogućuje intenzivnije korišćenje novih obnovljivih izvora energije" (kraj citata).

Sasvim je sigurno da verbalno političko opredeljenje postoji. Treba ga samo konkretizovati kroz odgovarajuće dokumente i mere. Dosadašnji način poslovanja i odnos prema korišćenju energije termalnih voda se pokazao neefikasnim, pa je došlo i do skoro potpunog prestanka bušenja hidrotermalnih bušotina i izgradnje hidrotermalnih sistema.

3 ANALIZA CENA

Troškovi za energiju i promena cena energenata u sadašnjem vremenu često vrlo značajno utiču na poslovanje. Zbog toga se izboru tehnologija za snabdevanje energijom i energetskih izvora pristupa sa dužnom pažnjom i studioznošću. Jednom učinjena greška uglavnom isuviše košta. Pri izgradnji novih objekata, nezavisno od njihove namene, uvek se postavljaju isti zadaci. Kako ih snabdeti energijom? Koja tehnološka rešenja za pripremu energije usvojiti i koji energent ili energente koristiti?

U savremenom trenutku je sve prisutnija i dilema da li se odlučiti na spregnutu proizvodnju električne i tolotne energije kao potencijalno najekonomičnije rešenje u dužem vremenskom periodu. Istovremeno, svaka značajnija rekonstrukcija postojeće opreme za snabevanje energijom otvara dilemu da li značajno rekonstruisati postojeće rešenje ili izabrati neko novo, drugačije i savremenije. Za rešavanje ovakvih zadataka osnovni i nezaobilazni podaci su cene svih vidova energije koje su na datom lokalitetu dostupne. Ništa manje nije važna, ali i ne lako ostvariva, prognoza promena cena u što dužem periodu. Najbolje bi bilo znati ih do kraja životnog veku postrojenja koja će se koristiti za snabdevanje energijom.

Sledeći važan aspekt za izbor energetskog resursa je aktuelna i na duži rok programirana politika u oblasti energetike. Tu nije dovoljna samo politika cena već i generalna politička opredeljenja kroz državne mere podrške i podsticaja u izboru rešenja. Primera radi, globalno je usvojeno intenziviranje primena svih vidova obnovljivih izvora energije. Ukoliko je to praćeno i odgovarajućim akcijama države, finansijskih institucija i sl. to može podstaći korisnika i prevagnuti u izboru rešenja.

Ova studija se bavi mogućnostima i opravdanošću primene termalne energije kao konkurentnom i alternativnom rešenju dobro uhodanim, ustaljenim konvencionalnim načinima za snabdevanje energijom. Zbog toga, sa aspekta korisnika primena termalne energije mora biti opravdana povoljnim cenama, subvencijama ili nekim drugim merama koje će omogućiti njegovo bolje poslovanje. Bez toga korisnici nemaju interes da koriste ovaj energetski resurs.

Za utvrđivanje opravdanosti primene energije termalnih voda potrebne su informacije o cenama: geotermalne energije, energije dobijene sagorevanjem konvencionalnih goriva (u ovom slučaju to će biti prirodni gas jer je on najrasprostranjenije gorivo u Vojvodini) i električne energije.

3.1 CENA GEOTERMALNE ENERGIJE

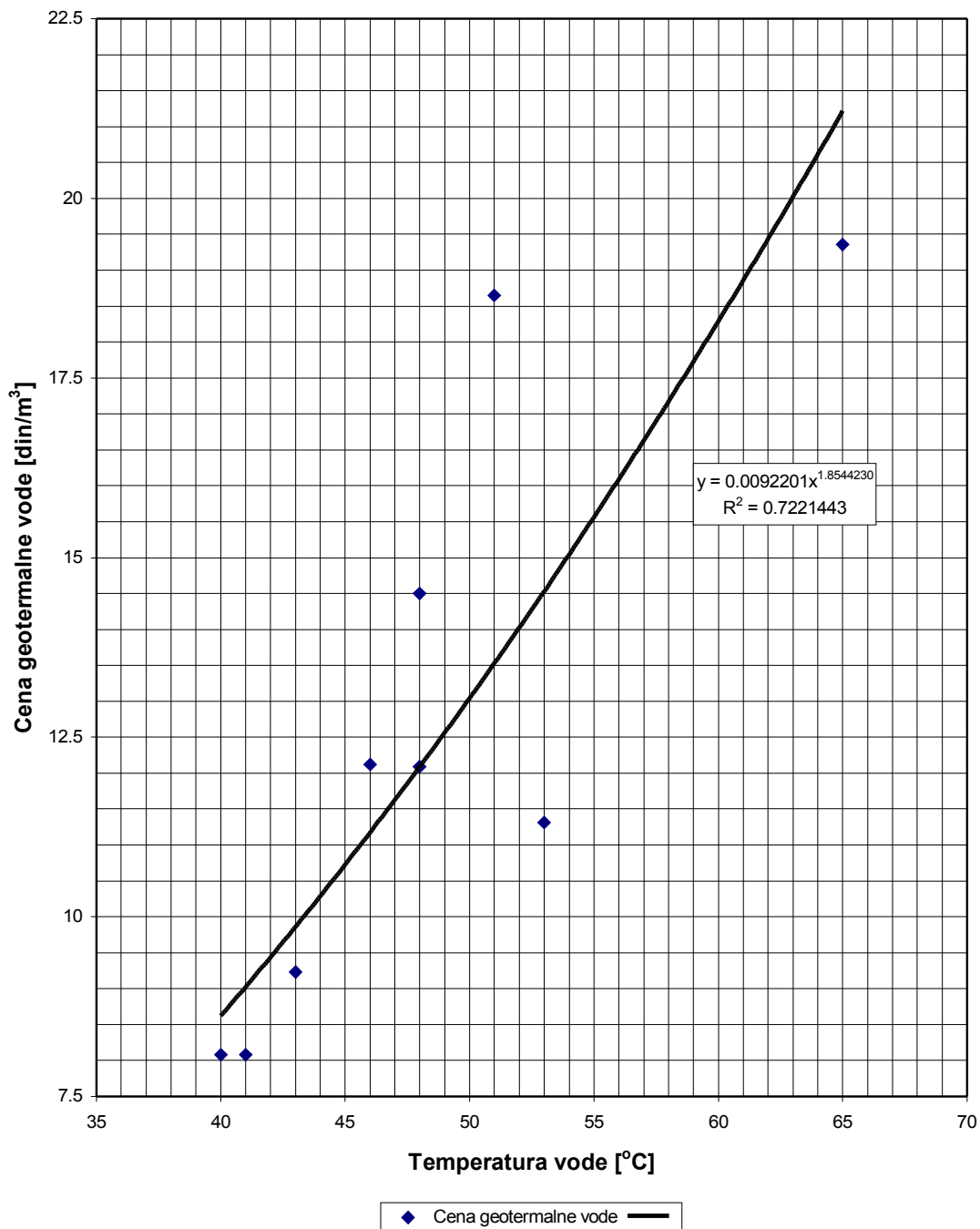
Po sadašnjoj praksi cene geotermalne energije utvrđuje "NIS Naftagas" koji je i ovlašćen da gazduje ovim resursom. Metodologija određivanja cene nije određena državnim aktom. Ona je nastala kao rezultat dosadašnjih iskustava "NIS Naftagas"-a u istraživanju i eksploataciji potencijala termalnih voda. Cena se utvrđuje uvažavajući sledeće troškove:

- istraživanja termalnih potencijala,
- bušenje termalne bušotine,
- ispitivanje termalne bušotine,
- izgradnja podzemne i nadzemne opreme za eksploataciju bušotine,
- eksploatacija opšteg rudnog blaga,
- troškovi saniranja iskorišćene termalne vode (vraćanje u podzemlje, tretmani i sl.),
- amortizacija opreme i
- održavanje bušotine i pripadajuće opreme.

Ova studija nema pretenziju da se bavi tematikom načina utvrđivanja cene termalne energije. Pretpostavka je da je ta materija valjano regulisana. Energija se kupuje uz ispunjenje svih postavljenih uslova i nakon korišćenja termalna voda se sanira po propisanim zahtevima.

3.1.1 Cena geotermalne vode

Za ekonomske analizi u ovoj studiji koristiće se cene termalne vode iz postojećih bušotina. Cene su iz prvog kvartala 2005. godine. Date su za devet aktivnih bušotina koje su već duži period u proizvodnji na slici 3.

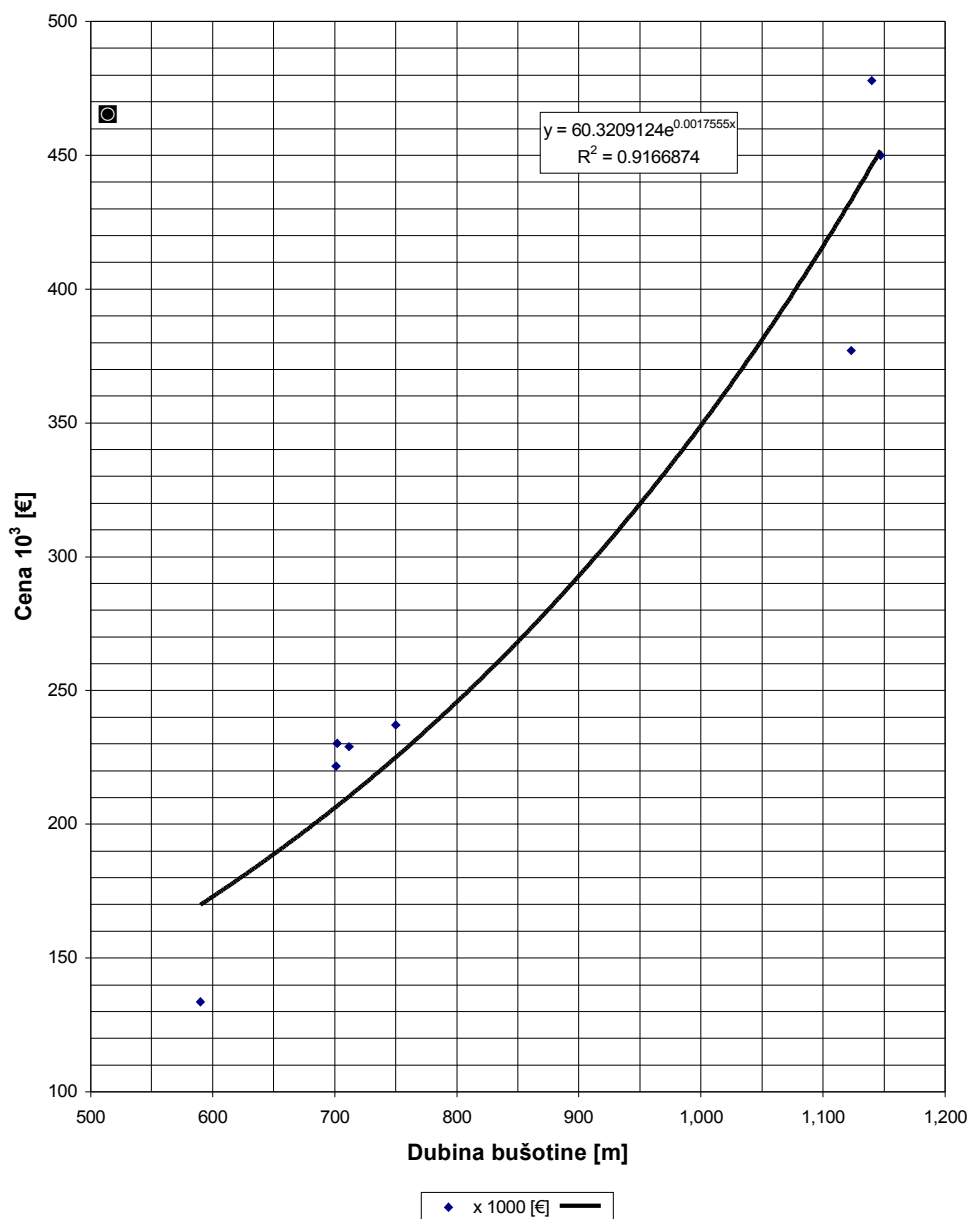


Slika 3: Cena geotermalne vode

Reč je o lokalnim uslovima u Vojvodini i politici privređivanja "NIS Naftagas"-a u ovoj oblasti. Baš zbog toga, dok se to ne reši na neki drugi način, ovi podaci ostaju merodavni za sadašnje stanje korišćenja termalnih voda. Zato su i usvojeni kao pogodni za generalna studijska razmatranja u sadašnjem trenutku.

3.1.2 Cena bušotina geotermalne vode

Najuticajniji faktor za utvrđivanje cene geotermalne energije je svakako cena bušotine. Ona zavisi od dubine bušenja. Za utvrđivanje prosečne jedinične cene bušenja geotermalnih bušotina korišćeni su podaci o realnim cenama za 8 bušotina u Vojvodini (videti tabelu 1 u prilogu 1). Prikazane su na slici 4.



Slika 4: Cena bušotina geotermalne vode
 ■ - markirana cena je data prema [33] i [34]

Sve bušotine su opremljene nadzemnom instalacijom i nalaze se u proizvodnji. Cene su date na bazi utvrđenih dinarskih vrednosti u 2003. i 2004. godini i preračunate u € po odgovarajućem srednjem mesečnom kursu u tom periodu.

Na slici 4 je istaknuta, markirana, cena buštine prema [33] i [34]. Očito je znatno odstupanje ove cene od podataka dobijenih na bazi iskustava iz bušenja na teritoriji Vojvodine. Reč je relativno maloj dubini bušenja, nešto iznad 500 m, a ukupna cena je čak viša od cena naših buštona dubine preko 1,000 m. Ovo bi se moglo pravdati razlikom u ekonomskim prilikama, ali moguće je i da je posledica ipak beneficiranih troškova bušenja u uslovima istarživanja geotermalnih potencijala u našoj zemlji.

3.2 CENA TOPLOTNE I ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ KONVENCIONALNIH IZVORA

Cena **električne energije** se sastoji iz cena aktivne i reaktivne energije i vršne snage. Na ukupni trošak za električnu energiju, a samim tim i prosečnu cenu preračunatu na jedinicu utrošene aktivne energije utiču tarifni sistem i način korišćenja električne energije kroz navedene pojedinačne kvantitativne pokazatelje i jedinične cene. Zbog toga se realna, prosečna cena za svakog pojedinačnog korisnika može dobiti samo na bazi statističke obrade za duži period.

Gvozdenac D., Marić M. i Petrović J. [3] su analizirali promene cena električne energije i prirodnog gasa u više od 40 privrednih subjekata u Vojvodini. Osnova ovih analiza su bili realni mesečni troškovi i utrošene količine energije u periodu 2001. do kraja 2003. godine, a prema fakturama "Elektrovojvodine".

Prosečna cena električne enegije, na srednjem naponu u industriji, u drugoj polovini 2003. godine varirala je u dijapazonu (2.57 – 3.23) c€/kWh utrošene aktivne energije. Pri tome ustanovljena je najniža prosečna cena u indusrtiji građevinskog materijala 2.57 c€/kWh, a najviša u prehrambenoj industriji 3.23 c€/kWh.

Nakon ovog perioda električna energija je poskupela 01.07.2004. godine i taj cenovnik važi i danas (maj 2005. dogine). Za analize u ovoj studiji važne su samo promene cena u kategoriji korisnika na srednjem naponu (1-35) kV. Povećanje cena u ovoj kategoriji iznosi:

- aktivna enegija više tarife 11.89%,
- aktivna energija niže tarife 10.42%,
- obračunska snaga 9.74% i
- reaktivna energija 12.50%.

Precizno utvrđivanje cene električne energije za celu grupaciju podrazumeva analizu svih računa i uticaja svake od tarifnih stavki na ukupnu cenu kupljene električne energije. Za potrebe ove studije analizirana je grupa od 20 korisnika na srednjem naponu i ustanovljen je sledeći prosečan uticaj na ukupan trošak za električnu energiju:

- aktivna energija 59.4%,
- reaktivna energija 4.3% i
- obračunska snaga 36.3%.

Primenom ovih uticaja na važeće cene iz druge polovine 2003. godine ustanovljeno je ukupno povećanje cena električne energije za analizirane grupacije od 11.1%. Važno je napomenuti da u tom periodu industrija nije plaćala porez na električnu energiju.

Uvođenjem poreza na dodatu vrednost (PDV) cena električne energije je za sve ove korisnike dodatno povećana za poresku stopu od 18%, odnosno ukupni koeficijent povećanja cena iznosi $1.111 \times 1.18 = 1.311$, ili ukupno povećanje je 31.1%.

Istovremeno se, od decembra 2003. godine do polovine maja 2005. godine, paritet dinara i eura promenio sa 68.31 din. na 82.0 din. za 1 euro, odnosno euro je poskupeo za 20.04% te je realno povećanja cene električne energije $31.1 - 20.04 = 11.06\%$.

Ova vrednost je približna i utvrđena je za grupaciju od 20 preduzeća različite industrijske delatnosti. Ako se to primeni na utvrđenu cenu iz druge polovine iste grupacije preduzeća može se ustanoviti sadašnja očekivana cena za njih u dijapazonu $(2.57 - 3.23) \times 1.1106 = (2.85 - 3.59)$ c€/kWh.

Ova računica, zasnovana na uslovima iz dva vremenski udaljena perioda, nije sasvim precizna. Na ukupnu cenu električne energije utiču, pored promene cena i promena vremena i načina korišćenja električne energije. Naime, uticaji troškova za aktivnu, reaktivnu energiju i angažovanu snagu su tokom vremena promenljivi. Zbog nepoznavanja promene ovih parametara i uz pretpostavku da njihove promene nisu odlučujuće promenile pojedinačne uticaje na ukupnu cenu ovako utvrđen porast cena se može smatrati dovoljno tačnim za studijske analize ovog tipa. Radi ujednačavanja uslova za dalje analize u ovoj studiji usvojena je sadašnja (maj 2005. godina) zajednička srednja cena električne energije za sve korisnike na srednjem naponu od 3.5 c€/kWh.

Prirodni gas je postao dominantan energetski resurs za zadovoljenje toplotnih potreba u Vojvodini. Zbog toga je za potrebe analiza u ovoj studiji usvojen način konvencionalnog zadovoljenja toplotnih potreba svih korisnika na bazi prirodnog gasa. Istovremeno je usvojeno i da će svi korisnici termalne energije svoje vršne potrebe zadovoljiti korišćenjem prirodnog gasa u vršnim bojlerima.

Skoro sav prirodni gas se obezbeđuje iz uvoza. Najveći broj većih potrošača se nalazi u kategoriji tzv. direktnih kupaca, na srednjem pritisku. Broj ovih kupaca je oko 220 sa oko 500 potrošnih mesta [3]. Ostali potrošači prirodnog gasa se snabdevaju posredstvom lokalnih distributera koji gazduju lokalnim, distributivnim sistemima. Gubici prirodnog gasa nisu ujednačeni u svim distributivnim sistemima. Ovakva situacija i karakter potrošača uzrokuje neujednačene jedinične cene energije iz prirodnog gasa na celoj teritoriji Vojvodine.

Variranja cena prirodnog gasa nisu tako izražena kao kod električne energije međutim ona su evidentna. Prema analizama datim u [3] cena energije iz prirodnog gasa je krajem 2003. godine iznosila (1.50 - 1.91) c€/kWh. Najčešće je to bivalo oko 1.71 c€/kWh. Ova cena po pravilu prati promene cena nafte na svetskom tržištu i zato se ona utvrđuje polovinom i krajem svakog meseca. Ovo je potrebno i zbog usaglašavanja sa promenom kursa dinara u odnosu na US dolar.

Trenutna aktuelna cena (u drugoj polovini maja 2005. godine) za sve potrošače na srednjem pritisku iznosi 13.94 din/m³. Poređenjem cena sa krajem 2004. godine evidentno je da sada svi potrošači prirodnog gasa plaćaju i porez na dodatu vrednost (PDV) u iznosu od 8%. Zbog toga sadašnja cena prirodnog gasa za krajnjeg potrošača na srednjem pritisku iznosi 15.055 din/m³. Odnosno svedeno na donju toplotnu moć 33,338.35 kJ/m³ i sadašnju vrednost od 82.0 dinara za 1 € cena energije iz prirodnog gasa je 1.98 c€/kWh

Zbog toga je za analize u ovoj studiji usvojena zajednička srednja cena energije prirodnog gasa na srednjem pritisku za sve korisnike termalne energije od 2.0 c€/kWh.

Cena **toplotne energije** najviše zavisi od goriva, čijom transformacijom ona nastaje. U konvencionalnim energetskim postrojenjima transformiše se hemijska energija goriva (prirodnog gasa) u entalpiju vodene pare, vrele vode ili tople vode. U ovoj studiji od interesa

je transformacija u entalpiju (uobičajeno se kaže toplota) tople vode (do 100 °C), pošto je to u svim šemama sekundarni fluid. Ona neposredno snabdeva (greje ili hladi) konačnog potrošača.

Do realno odmerene cene toplotne energije nije jednostavno doći, jer ne zavisi samo od cene goriva, nego i od troškova transformacije, odnosno od uspešnosti vođenja pogona, a pre svega od organizovanosti proizvođača toplotne energije. Kod kotlovske transformacije hemijske energije pripodnog gasa mora se računati sa najmanje 10% gubitaka u okolini (kao godišnji proseki). Pri učestalim prekidima je gubitak i znatno veći. Mi smo se odlučili na pojednostavljen postupak utvrđivanja cene toplotne energije, tako što cenu prirodnog gasa (0.2 c€/kWh) množimo faktorom 1.50. U dobro organizovanom i propisno održavanom pogonu, sa samo neophodnim brojem rukovalaca računamo da će 50% od cene gasa pokriti gubitke i neophodne pogonske troškove i omogućiti minimalnu dobit. Samo smo za rashladni vid energije računali da treba 75% cene gasa za pokrivanje pogonskih troškova.

Kao sasvim gruba orijentacija mogu poslužiti cene ovakve energije koju isporučuju gradske toplane. Ponajbolje organizovana Novosadska toplana tokom 2004. godine imala je sledeće cene:

- ❖ stambene zgrade 12x29 din/m² i
- ❖ poslovni objekti 12x69.91 din/kW + 2.82 din/ kWh.

Sa ovim cenama toplana je upala u pozamašne gubitke, iako nije plaćala porez na promet, a imala je bonificiranu cenu prirodnog gasa. Da ne bi upala u gubitke (uz iste beneficije) morala je imati sledeće cene:

- ❖ stambene zgrade 12x41.96 din/m² i
- ❖ poslovni objekti 12x125.53 din/kW + 1.5 din/ kWh.

Uz povećanje cena gasa za 20% (još uvek beneficirano) i poreza na dodatnu vrednost u 2005. godini, toplana bi pozitivno poslovala sa oko, 3.6 din/kWh (kad se sva naplata podeli sa "aktivnim" kWh isporučene energije). To je oko 4.4 c€/kWh, skoro za 50% viša cena od naše računске. Takva (visoka) cena energije iz toplane ne sme nas povući na ideju da naš račun sa 3 c€/kWh nije ispravan. Gradske toplane imaju ogromne troškove na magistralnoj mreži, što je neuporedivo jednostavnije i kraće kod korisnika bušotine. Jedini ispravan zaključak je da korisnik bušotine ne prihvati uključanje u udaljeni izvor energije iz toplane.

3.3 PROGNOZA CENA ENERGIJE

Svetsko tržište primarne energije u sadašnjem vremenu nije jedinstveno. Intencija je da se ostvari globalni sektorski model svetskog energetskeg sistema. Globalne političke aktivnosti su usmerene u tom pravcu. U sadašnjem trenutku se može reći da je tržište nafte i uglja jedinstveno i tu važe ujednačene cene na svetskom tržištu. Kada je reč o prirodnom gasu važe regionalni uslovi. Značajna stavka u ceni gasa je tošaka za transport. Sada postoje tri velika regiona. Azijsko tržište sa najrazuđenijom mrežom snabdevanja koje ima najviše cene. Američko tržište je pretežno kontinentalnog karaktera, kompaktno i ima najniže cene prirodnog gasa. Evropsko tržište je između ova dva. Cena gasa na ovom tržištu zavisi od brojnih kontradiktornih faktora: uticaja cena nafte, preraspodele tržišta naftinih derivata i gasa, obaveznosti redukcije emisije CO₂ i sličnih uticaja.

Do sada je cena gasa na određeni način pratila cenu sirove nafte. Očekuje se da će se ovakav trend zadržati do sredine sledećeg desetogodišnjeg perioda i da će se nakon toga

ovaj uticaj izgubiti. Tada bi trebalo doći do prelaska sa regionalnih na globalno tržište prirodnog gasa i slobodnog i jedinstvenog formiranja njegovih cena.

Ovakve intencije su sastavni deo POLES modela. To je globalni sektorski model svetskog energetskog sistema. Razvoj modela POLES je delimično investiran iz sredstava EU kroz Joule II i Joule III programe DG XII [37]. Počev od 1997. godine model je u ponji upotrebi i moćiće dugoročno da da (do 2030. godine) projekciju svetske energetike i emisije CO₂ sa potrošnjom, snabdevanjem i projekcijama cena za glavne regione. Svet je podeljen u 26 regiona.

Pretpostavlja se sledeći srednji godišnji porast cena prirodnog gasa [37]:

- (2000. – 2010.) godina 0.08%
- (2010 – 2020.) godina 2.06%
- (2020 – 2030.) godina 1.25%

Očekuje se harmonizacija i našeg energetskog tržišta koje je potpisivanjem Atinskog memoranduma o formiranju regionalnog tržišta energije faktički postalo njegov deo.

Formiiranjem jedinstvenih energetskih tržišta ujadnačavaju se cene svih energenata pa i električne energije. Zbog toga je realno očekivati dalji trend porasta cena električne energije za sve kategorije potrošača i kod nas uključujući i celu grupaciju koja je priključena na srednjenaponski nivo. Sama prognoza dinamike porasta ovih cena je nezahvalna, jer je to politička odluka koja treba da balansira između nužnosti porasta ovih cena i održanja socijalnog mira i održivog razvoja. Zbog toga će se u ovoj studiji sve analize uraditi i sa povišenom cenom električne energije koja je po našoj oceni izvesna u bližoj budućnosti i usvojeno je da to bude 6 c€/kWh.

4 SAVREMENE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE ZA KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE

U studiji u okviru Nacionalnog programa energetske efikasnosti [2] napravljen je pregled geotermalnih resursa, i savremenih tehnologija za njihovu eksploataciju. Kada je reč o energetske potencijalima geotermalnih voda (GTV) ustanovljeno je sledeće.

Potencijali nisu respektivni, u smislu da mogu biti strateško opredeljenje u globalnom nacionalnom programu razvoja energetike. Čak su skromne mogućnosti za autonomno korišćenje u užim, regionalnim okvirima. To međutim ne znači da, bar u pojedinačnim slučajevima, ne može da se računa na neku vrstu podrške u eksploataciji svih drugih raspoloživih i mogućih resursa: korišćenjem gasa, tečnih goriva, biomase i sličnih. Svaka mogućnost tzv. supstitucije konvencionalnih izvora (resursa), pod uslovom da je moguća i opravdana, zaslužuje pažnju. U takvoj kombinaciji očekuje se i korišćenje potencijala GTV, ma kako oni bili skromni, i u tom cilju će ovde biti razmatrano nekoliko aspekata primene:

- spegnuta proizvodnja toplotne i električne energije,
- priprema energije za hlađenje objekata,
- priprema energije za zagrevanje objekata i
- priprema sanitarne vode i vode za bazene.

Strategija analize mogućnosti eksploatacije potencijala (resursa) biće oslonjena na nekoliko celina:

- teorijske mogućnosti eksploatacije,
- praktične mogućnosti realizacije na datom nivou (konvencionalnih) tehnologija,
- posledice izbora konkretne, teorijske i praktične, mogućnosti na životno okruženje i
- tehno-ekonomski aspekt celishodnosti konkretnog izbora, u smislu ostvarenja najvećeg mogućeg profita u uslovima datih ograničenja.

U narednim izlaganjima, svaka celina koja se razmatra biće stukturirana tako da sadrži odgovore na svaku od naznačenih celina (ili etapa) strategije.

4.1 IZVORIŠTA GTV - BUŠOTINE

U okviru svake od nagoveštenih tema, imperativni zahtev će uvek biti mogućnost korišćenja potencijala GTV, nezavisno od specifičnosti pojedinačnih tema. U tom cilju prvo će se dati detaljan pregled zaista raspoloživih potencijala GTV, i sve što je u vezi sa tim potrebno: to će biti podloga za uključivanje u dalja specifična razmatranja mogućih kombinacija.

4.1.1 Pregled resursa GTV

Klasifikacija prema nivoima termodinamičkih potencijala (stanja)

Osim izvorišta koja su već angažovana (u proizvodnji su), u Vojvodini ima 12 bušotina sa izgrađenim hidrotermalnim sistemima, ali nisu u proizvodnji, kao i 25 bušotina koje nikad nisu bile u proizvodnji, a perspektivne su. Ukupno, dakle 37 bušotina koje se ovde posebno razmatraju. Ona mogu da se kategorišu prema temperaturnim i protočnim opsezima, i u tabeli 10 se daje broj bušotina po naznačenim opsezima.

Tabela 10: Opsezi temperatura i protoka, i broj bušotina po naznačenim opsezima, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji

		Opseg temperature GTV iz bušotine, t_{GTV} , °C												
		20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85
Opseg protoka, l/s	0-2													
	2-4			1	2	3							1	
	4-6		1	1				2	2	1		1		
	6-8				2	1	1							
	8-10				1		3							
	10-12				1		1			1				
	12-14								1	1				
	14-16		1					1	1	1				
	16-18	1					1							1
	18-20												1	
	20-42													
	42-44								1					

Kada je reč o prisustvu prirodnog gasa, respektivnih količina u izvorištima nema. Svejedno, ono s čim se raspolaze dato je u Prilogu 1 ovog izveštaja.

Najveći broj hidrotermalnih sistema ima GTV veoma niske aktivnosti kiseonika (oxygen activity) i ti sistemi uglavnom sadrže redukovane vrste H_2S , NH_3 i CH_4 u gasnoj fazi. Vodoni sulfid (H_2S) može biti u umerenim koncentracijama u parama nastalim na nekim geotermalnim poljima, a neki sistemi sadrže i do 2% masenih u separisanoj parnoj fazi. Za detalje imati u vidu Prilog 1.

4.1.2 Teorijski termodinamički potencijali bušotina GTV

Teorijski potencijal bušotina (izvorišta) biće procenjen na osnovu maksimalne radne sposobnosti pojedinih klasa (eksergije klasa). Pri tome se ima u vidu ograničenje tehničke prirode: voda (pa i GTV) ne može da se hladi ispod $0^\circ C$ (problem smrzavanja), te se za najnižu temperaturu hlađenja GTV u korišćenju njenog potencijala uzima:

$$t_a = \min t_2 = \max(0, t_o), \text{ gde je } t_o = t_{\text{AMBIJENTA}} = t_{\text{OKOLINE}}.$$

Odmah se naglašava da pritisci i brzine isticanja naših GTV u odnosu na ambijent nisu potencijali od značaja. Potencijali su isključivo toplotni, zbog činjenice da su temperature GTV, t_{GTV} , više od temperature ambijenta t_o .

Za slučaj da je temperatura ambijenta jednaka $15^\circ C > 0^\circ C$, prema proceduri datoj u Prilogu 2, Dodatak 1, toplotna snaga bušotina, MW, u svakoj klasi data je tabelom 11/1. Ovim snagama u datim uslovima odgovaraju mehaničke snage (tačnije eksergije), u MW (tabela 12). Konačno, termodinamički stepen iskorišćenja toplotne energije GTV je (videti takođe

Prilog 2, Dodatak 1) $\eta = 1 + \frac{T_o}{T_{GTV} - T_o} \ln \frac{T_o}{T_{GTV}}$, i u procentima (%) prikazan je tabelom 13.

Za slučajeve sa temperaturama ambijenta $30^\circ C$, i $-15^\circ C$ (kada se GTV se hladi samo do $0^\circ C$), toplotne snage bušotina u svakoj klasi, eksergije i odgovarajući termodinamički stepeni iskorišćenja su nešto manji, odnosno veći, ali odstupanja u odnosu na date nisu veća za više od oko 5%. Stoga će se globalnim analizama uvek imati u vidu podaci prema prethodnim tablicama.

1 Uporediti sa pregledom u tačkama 1.1 i 1.2 ove studije.

Tabela 11: Opsezi temperatura i protoka, i toplotna snaga [MW] po naznačenim opsezima, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji

$t_0=+15^\circ\text{C}$		Opseg temperature GTV iz bušotine, $^\circ\text{C}$											
		20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
Opseg protoka, l/s	0-2												
	2-4			0.2	0.3	0.3						0.7	
	4-6		0.3	0.4			0.7	0.8	0.9		1.1		
	6-8				0.7	0.8	0.9						
	8-10				0.8		1.2						
	10-12				1.0		1.5		1.9				
	12-14							2.0	2.3				
	14-16		0.8				2.0	2.3	2.7				
	16-18	0.5					2.3						4.8
	18-20											4.9	
	20-42												
	42-44							6.7					

Tabela 12: Opsezi temperatura i protoka, i teorijski najveća mehanička snaga (eksergija), [MW], po naznačenim opsezima, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji

$t_0=+15^\circ\text{C}$		Opseg temperature GTV iz bušotine, $^\circ\text{C}$											
		20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
Opseg protoka, l/s	0-2												
	2-4			0.01	0.01	0.02						0.06	
	4-6		0.01	0.01			0.04	0.05	0.06		0.09		
	6-8				0.02	0.04	0.05						
	8-10				0.03		0.06						
	10-12				0.04		0.08		0.13				
	12-14							0.12	0.15				
	14-16		0.02				0.11	0.14	0.18				
	16-18	0.01					0.12						0.48
	18-20											0.47	
	20-42												
	42-44							0.40					

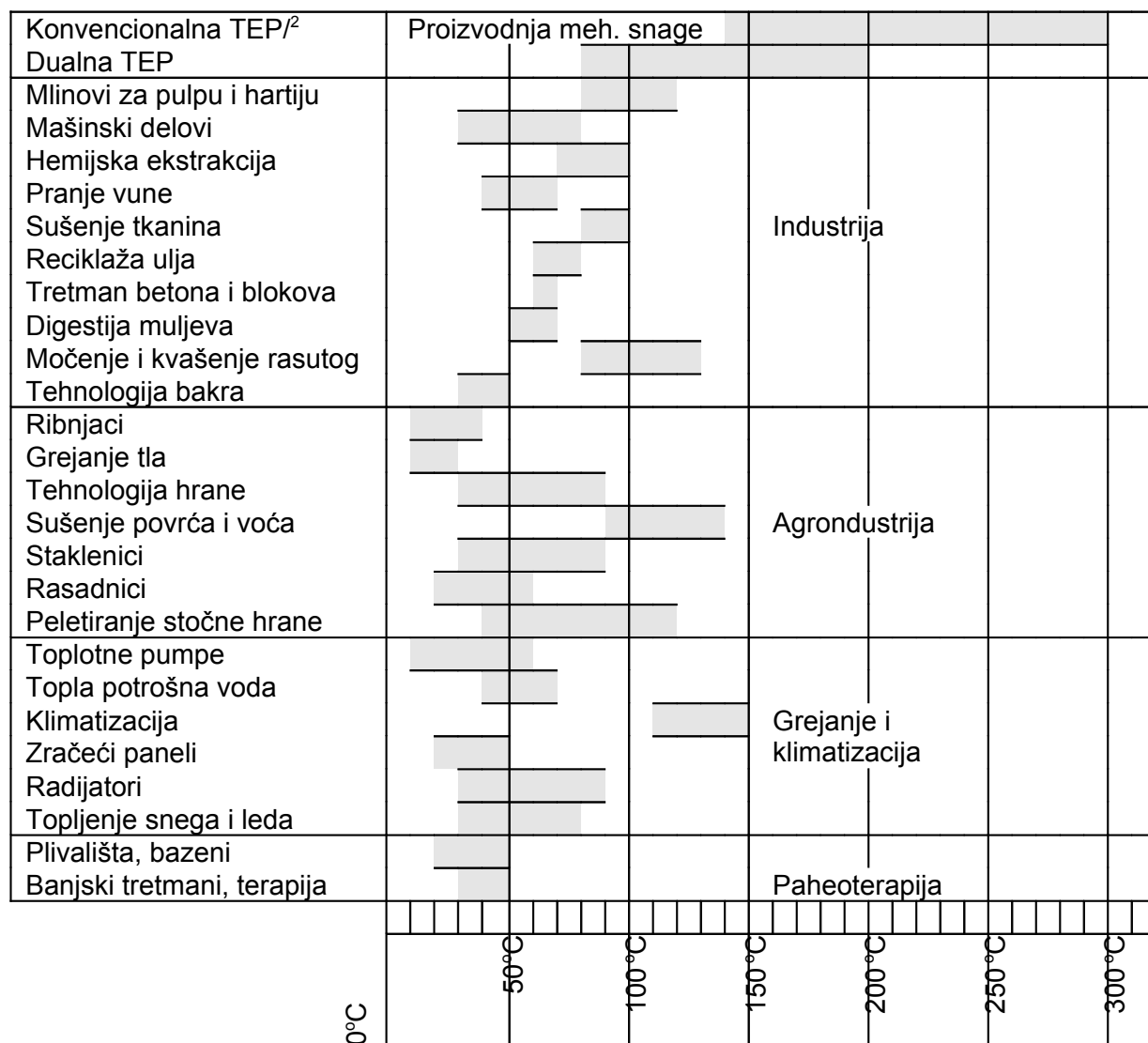
Tabela 13: Opsezi temperatura i protoka, i termodinamički najveći stepen iskorišćenja toplote GTV, %, za bušotine GTV koje nisu u eksploataciji

$t_0=+15^\circ\text{C}$		opseg temperature GTV iz bušotine, $^\circ\text{C}$											
		20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
opseg protoka, l/s	0-2												
	2-4			2.9	3.7	4.5						8.8	
	4-6		2.1	2.9			5.2	6.0	6.7		8.1		
	6-8				3.7	4.5	5.2						
	8-10				3.7		5.2						
	10-12				3.7		5.2		6.7				
	12-14							6.0	6.7				
	14-16		2.1				5.2	6.0	6.7				
	16-18	1.3					5.2						10.2
	18-20											9.5	
	20-42												
	42-44							6.0					

Jasno je, svaka energija sa potencijom iznad (potencijala) konkretnog ambijenta može da se proda kao roba, pod uslovom da je konkurentna. Konkretno, toplota po najnižoj ceni toplote dobijene eksploatacijom drugih resursa (po svoj prilici - sagorevanjem komercijalnog prirodnog gasa), a mehanička snaga po najnižoj ceni eksergije (naime - komercijalnoj ceni energije električne struje iz mreže).

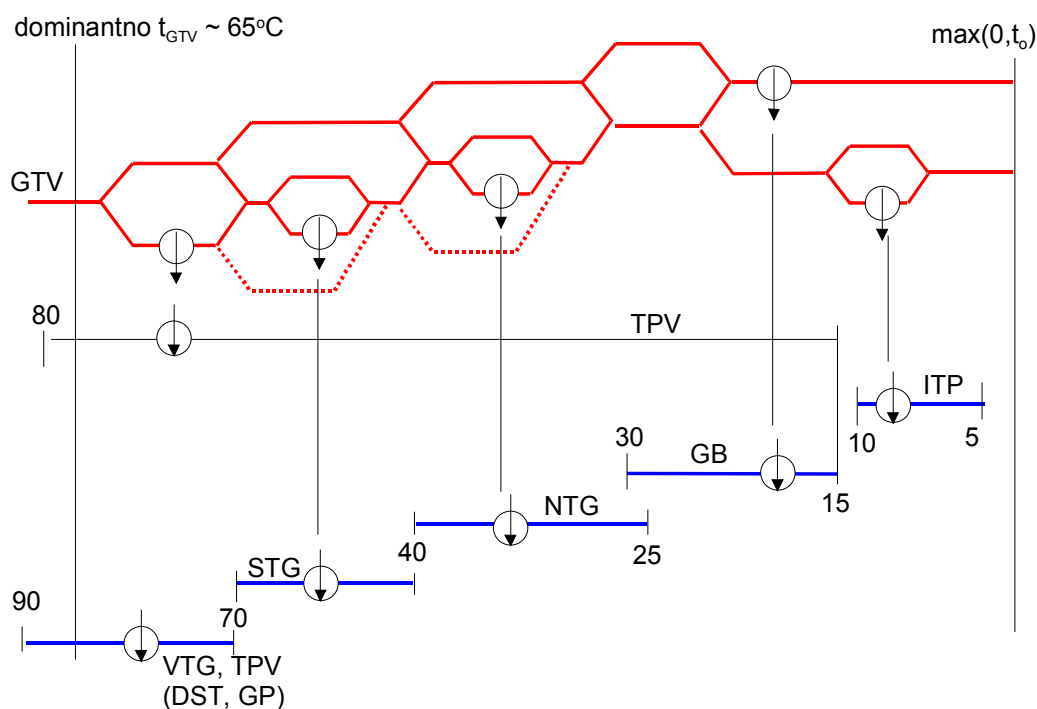
4.1.3 Tehničke mogućnosti eksploatacije potencijala GTV

Smernice za izbor potencijalnih korisnika, kao i strategije eksploatacije resursa GTV treba tražiti u preporukama datim tzv. Lindal dijagramom, slika 5, [36], [2]. Naime, prema dijagramu, izbor korisnika zavisi od nivoa resursa, tj. temperature raspoložive GTV, ili obrnuto: temperatura raspoložive GTV diktira izbor potencijalnog korisnika. Dijagram, međutim implicitno sugerise i strategiju eksploatacije raspoloživih resursa GTV, a to je kaskadno, ili sukcesivno korišćenje potencijala od najvišeg do najnižeg nivoa.



Slika 5: Uobičajene oblasti korišćenja potencijala geotermalne vode zavisno od njene temperature (tzv. Lindal dijagram) [36]

U okviru ove teme korisnici (potrošači) su već sugerisani konkretnim zadacima, naznačenim već u uvodu poglavlja 4. Kaskadna distribucija, pak, raspoloživog resursa na potrošače različitih nivoa, sa mogućnostima izbora nivoa i količine na pojedinim nivoima ovde može da se reši strukturom koja je prikazana mrežnim dijagramom na slici 6.



Slika 6: Mrežni dijagram spreznjenja toka GTV i potrošača (korisnika) toplotne energije
 ITP - isparivač toplotne pumpe, GB - zagrevanje bazena, TPV - topla potrošna voda, NTG - niskotemperaturno grejanje, STG - srednjetemperaturno grejanje, VTG - visokotemperaturno grejanje, DST - destiler (kotao) apsorpcione rashladne mašine, npr., GP - generator pare (isparivač), i sl.

Na šemi su nagovešteni različiti nivoi razmene toplotne energije između GTV i odgovarajućih potencijalnih korisnika (potrošača). Karakteristični nivoi naznačeni su saglasno potrebnim opsezima tzv. sistema grejanja objekata, i to: grejanje bazena (GB), niskotemperaturno grejanje (NTG), srednjetemperaturno grejanje (STG), visokotemperaturno grejanje (VTG), ili (alternativno) priprema tople potrošne vode (TPV).

Struktura mrežnog dijagrama ne prejudicira, ni u kom slučaju, primenu na neposredno zagrevanje objekata, već pre svega ukazuje na moguće temperaturne nivoe predaje toplote. Tako se šemom predviđa i mogućnost instalacije toplotne pumpe (npr. ITP - isparivač toplotne pumpe na šemi, ili DST - destiler apsorpcione toplotne pumpe), ili termoenergetskog postrojenja (npr. GP - isparivač, ili generator pare na šemi).

4.1.4 Smernice za tehnoekonomske ocene eksploatacija GTV

Ocena perspektivnosti prema kriterijumu tehnoekonomskih merila treba da se donese kompromisnim izborom rešenja po dva osnova:

- procenom razumnih, podnošljivih i povoljnih rokova otplate instalacije i
- po osnovi najveće profitabilnosti nakon otplate - u uslovima slobodnog poslovanja.

Vreme proste otplate bušotine sa GTV

Iz uslova da su ukupna cena instalacije i troškovi eksploatacije tokom otplate jednaki prihodu u tom razdoblju, tj.:

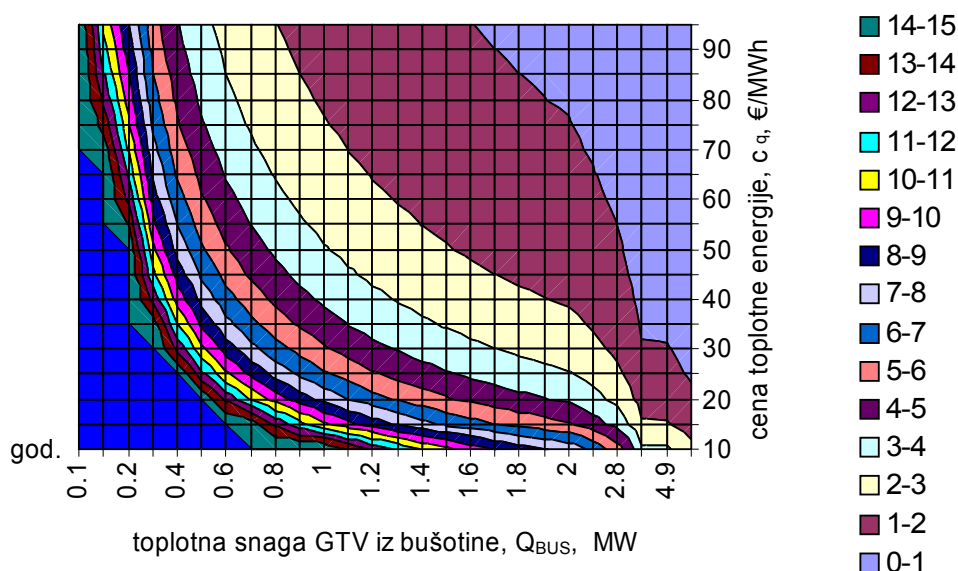
$$C_{BUS} + TO_{BUS} \tau = Q_{BUS} c_{q\tau} \tau,$$

dobija se period proste otplate instalacije

$$\tau = \frac{C_{BUS}}{Q_{BUS}c_q\tau_q - TO_{BUS}}, \text{ god.}$$

Ovde su, respektivno, C_{BUS} - cena bušotine (slika 4), €, Q_{BUS} - toplotna snaga bušotine (prema tabeli 11), MW, c_q - cena prodaje toplotne energije (iz bušotine), €/MWh, τ_q - godišnja angažovanost bušotine, h/god, TO_{BUS} - troškovi održavanja postrojenja, €/god, i τ - vreme proste otplate instalacije, god.

Za tzv. proizvodnu bušotinu dubine $l = 1,400$ m, i tzv. povratnu dubine $l = 1,296$ m (prema podacima sa slike 4, ukupna cena je $496,315.10 + 453,685.00 = 950,000.00$ €) za vreme prodaje toplote oko $\tau_q = 6,200$ h/god, za bušotine različitih snaga i za različite cene toplote koja se prodaje, dobija se situacija data dijagramom na slici 7 (troškovi održavanja nisu uračunati).



Slika 7: Vreme proste otplate postrojenja, u funkciji snage bušotine i cene prodaje toplote režim eksploatacije sa 6,200 h/god, za proizvodnu bušotinu dubine 1,400 m i povratnu dubine 1,296 m (bez troškova održavanja)

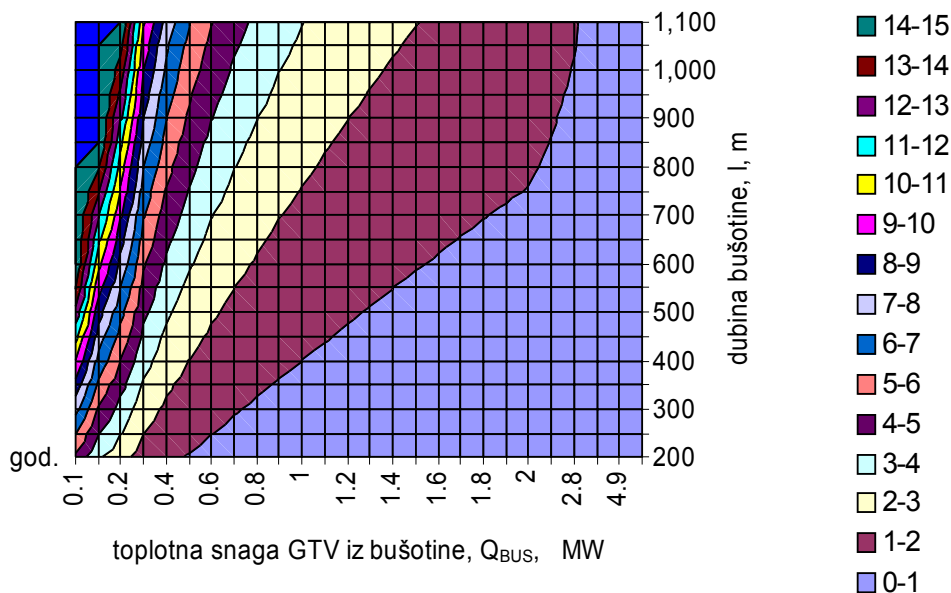
Vidi se, vreme proste otplate za, na primer, bušotinu snage 0.6 MW, je oko 14 godina - pod uslovom da se prodaje toplota po (nabavnoj) ceni prirodnog gasa od 20 €/MWh (2 c€/kWh).

Ako bi se prodavala mehanička energija (ili električna), sa efikasnošću termoenergetskog postrojenja oko 10%, tada bi bilo tek oko 0.06 MW mehaničke, i vreme otplate bilo bi preko 30 godina - pod uslovom da se prodaje struja po (komercijalnoj) ceni 35 €/MWh (3.5 c€/kWh). Za razumni rok proste otplate, ne veći od 11 godina, ista energija bi trebalo da se prodaje po ceni od čak 9 c€/kWh. Naglašava se, u oba zadnja slučaja (prodaja mehaničke energije) nije uračunata cena termoenergetskog postrojenja. Stoga je nesumnjivo da instalacija energo postrojenja nema izgleda da bude konačan izbor.

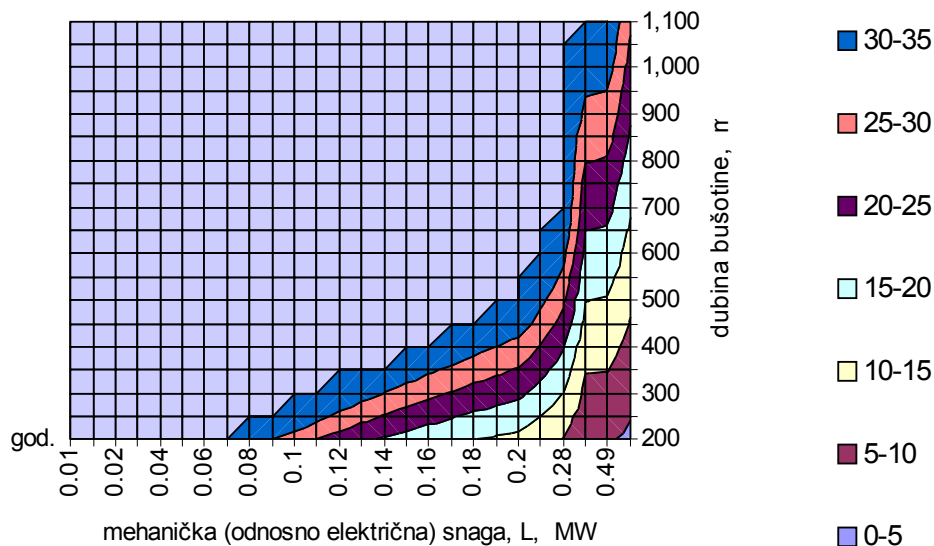
Za prethodno date uslove prodaje toplote, za različite snage i dubine bušotina dobija se situacija data dijagramom na slici 8. Vidi se, rok proste otplate za, na primer, bušotinu snage 0.6 MW, i dubine ispod 450 m, manji je od 2 godine - pod uslovom da se prodaje toplota po

ceni 2 c€/kWh (i bez troškova održavanja). Za istu snagu po istoj ceni, ali za dubinu od 1,000 m, rok otplate nije manji od 11 godina.

Ako bi se prodavala mehanička (odnosno električna) energija, po trenutno važećoj komercijalnoj ceni od 3.5 c€/kWh³, a proizvodila postrojenjem sa teorijskom efikasnošću oko 10%, tada bi rokovi otplate odgovarali podacima datim na slici 9. Opet se naglašava da u ovom slučaju nije uračunata investicija u postrojenja za proizvodnju električne struje, kao ni troškovi održavanja takve instalacije.



Slika 8: Vreme proste otplate postrojenja u funkciji snage i dubine proizvodne bušotine prodaja toplote po ceni od 20 €/MWh



Slika 9: Vreme proste otplate postrojenja u funkciji proizvedene mehaničke snage i dubine proizvodne bušotine prodaja električne energije po ceni od 35 €/MWh; nije uračunata investicija u termoenergetsko postrojenje, niti troškovi održavanja

3 Kratkoročne prognoze inače predviđaju da ova cena ne bi trebalo da je niža od 5.5 c€/kWh [3]

Eksplotacija nakon proste otplate instalacije

Nakon otplate bušotine, ili bušotina, ostaje čist prihod. Sva toplota može da se proda - ako može (ima interesenata za raspoloživi nivo). Razume se, sva eventualno proizvedna struja može da se proda još lakše - nema problema sa potrošnjom struje. Šta je bolje: prodaja toplote, ili eventualno mehaničke energije (dobijene konverzijom toplote)?

Odnos prihoda od prodaje mehaničke energije (struje) prema prihodu od prodate toplote (od koje bi se u prvom slučaju proizvela struja) je

$$\frac{\text{Prihod(prodaja meh.snage)}}{\text{Prihod(prodaja toplote)}} = \frac{P_e}{P_q} = \frac{\eta Q_{\text{BUS}} c_e \tau_e}{Q_{\text{BUS}} c_e \tau_e} = \eta \frac{\tau_e c_e}{\tau_q c_q}$$

Za ovde prihvaćene odnose cena, zatim za $\tau_q = 6,200$ h/god i $\tau_e = 7,000$ h/god i, prema tabeli 13, $\max \eta = 0.175$, procenjuje se

$$\frac{P_e}{P_q} = \eta \frac{\tau_e c_e}{\tau_q c_q} = \eta \frac{7,000 \cdot 35}{6,200 \cdot 20} = \eta \times 1.975 < \max \eta \times 1.975 = 0.175 \times 1.975 = 0.346$$

Očigledno, u datim mogućnostima potencijala, u najboljem slučaju, prihod od prodaje mehaničke snage (struje) tek je trećina prihoda od prodaje toplote (razume se, pod uslovom da može da se proda). Ako se još ima u vidu da ovakvi odnosi cena, kako je već rečeno, žestoko povećavaju rokove otplate instalacije sa postrojenjem za proizvodnju struje, tada je jasno da je profitabilnije prodavati toplotu.

Iz uslova da je odnos P_e/P_q bar jednak 1, dobija se odnos cena prodaje mehaničke energije i toplote

$$\frac{c_e}{c_q} = \frac{1}{\eta} \frac{\tau_q}{\tau_e} = \frac{1}{\eta} \frac{6,200}{7,000} = \frac{0.885}{\eta} > \frac{0.885}{\max \eta} = \frac{0.885}{0.175} = 5.1$$

Ovakvi odnosi još jednom pokazuju da je, u uslovima kada je faktički odnos c_e/c_q tek oko 1.75, ne treba ni pomišljati na proizvodnju električne energije.

Ako bi se toplota bušotine kupovala (kada bušotina nije u vlasništvu), a zatim proizvodila mehanička energija (struja), tada bi odnos troškova (samo za toplotu, bez troškova održavanja i sl.) i prihoda iznosio

$$\frac{P_q}{P_e} = \frac{1}{\eta} \frac{\tau_e c_q}{\tau_e c_e} = \frac{1}{\eta} \frac{7,000 \cdot 20}{7,000 \cdot 35} = \frac{1}{\eta} \times 0.571 > \frac{1}{\max \eta} \times 0.571 = \frac{1}{0.175} \times 0.571 = 3.263$$

Očigledno, nema profita čak i kada nema troškova održavanja postrojenja - pod uslovom da se struja prodaje po prihvatljivoj ceni od oko 3.5 c€/kWh. Iz uslova da je $P_q/P_e < 1$, dobija se

$$c_e > \frac{1}{\eta} c_q > \frac{1}{\max \eta} c_q = \frac{1}{0.175} c_q = 5.71 c_q$$

Opet pod pretpostavkom da je $c_q = 2$ c€/kWh, u najboljem slučaju bi trebalo $\min c_e = 11.43$ c€/kWh, što je daleko od prihvatljive cene za konkurentnu proizvodnju struje. Sve ovo je saglasno i sa tuđim iskustvima (videti Prilog 2, Dodatak 2).

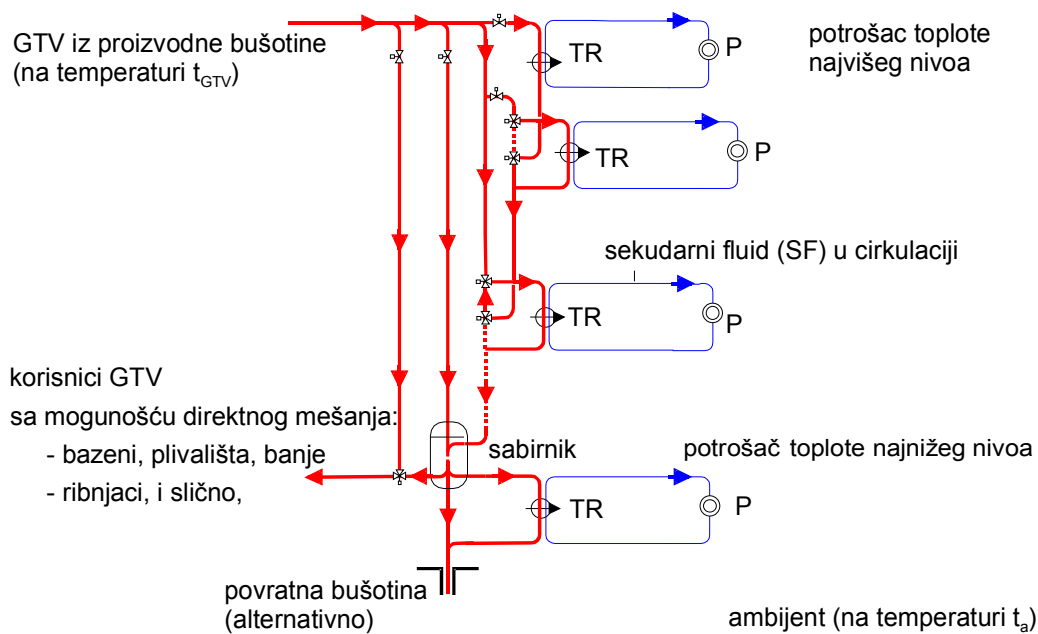
4.1.5 Zaključci i predlozi

Iskustva sa turbo postrojenjima za niskotemperaturne vode, pogotovu za nama dostupne geotermalne izvore, vrlo su različita [13]. Ima mnogo slučajeva kada se posle probnih radova, ili nešto duže ili kraće eksploatacije, postojenja demontiraju [14]. Ima, međutim i slučajeve gde energetska postojenja sa GTV kao izvorom toplote uspešno funkcionišu (Altheim - Austija [15]), ili se uspešno razvijaju (Oradea - Rumunija [16]). Za spomenute slučajeve je karakteristično da je temperatura GTV ipak nešto iznad 100°C (!), da se GTV hladi do oko 70°C (!), i da su kondenzatori hlađeni vodom "iz obližnjeg kanala". Pri tom, termo-elektro postrojenje u [5] nije namenjeno komercijalnoj proizvodnji mehaničke energije, već isključivo podmiruje unutrašnje potrebe (pumpanje GTV nazad u tle).

Turbo postrojenja sa rashladnim tornjevima i vazduhom hlađenim kondenzatorima su znatno skuplja u odnosu na ona sa kondenzatorima hlađenim vodom. Primer koji se iznosi u Prilogu 2, Dodatak 2 jasnije ilustruje uticaj promene projektnih uslova na cenu proizvedene struje, i takođe potkrepljuje analize koje su iznete u prethodnim razmatranjima.

Nije isključena mogućnost da se u nekom posebnom slučaju nama dostupnih resursa GTV, detaljnijom tehno-ekonomskom analizom pokaže opravdanom instalacija turbo postojenja sa toplotom GTV kao izvorom. Za sada se načelno može samo tvrditi da se prodajom toplotne energije GTV bušotine mogu otplaćivati u razumnim rokovima, i to po prihvatljivim (konkurentnim) cenama.

Tehnički prijemčivija šema distribucije GTV u uslovima ponude samo toplotne energije data je na slici 10. Ona će biti integrisana sa postrojenjima različitih namena, saglasno zadatku koji se razmatra. Razvijena je prema mrežnom dijagramu na slici 6, i jasno Šemom se nagoveštava kaskadno korišćenje potencijala GTV, s jedne strane, kao i distribuciju potrošača po kategorijama sistematizovanim Lindal dijagramom.



Slika 10: Kaskadna distribucija potencijala i količina GTV po različitim temperaturnim nivoima

P - potrošači (korisnici), TR - toplotni razmenjivači

4.2 SPREGNUTA PROIZVODNJA TOPLOTNE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mehanička energija (a putem elektrogeneratora i električna) rezultat je konverzije energije goriva (toplotne energije visokog nivoa) putem desnokretnog kružnog procesa. Nužna posledica ovakve konverzije je toplotna energija niskog nivoa. Ovaj nivo može biti toliko nizak, skoro da odgovara nivou okruženja, te takva toplota nije ni od kakve koristi - ona se jednostavno rasipa u okruženje. Moguće je međutim da se nivo ove nužno odbačene toplote u desnokretnom kružnom procesu podigne, tako da toplota postane upotrebljiva - recimo za zagrevanje tokom zimskog razdoblja, što je sasvim trivijalna mogućnost. U takvom slučaju ona nije odbačena, nije beskorisna. Mogla bi da se proglaši "proizvedenom".

Prema bilansu energije, dovedena energija jednaka je zbiru proizvedene mehaničke i odbačene toplotne energije. Ispada, stoga, da je u prvom slučaju samo deo dovedene energije pretvoren u nešto korisno, a ostatak se odbacuje. U drugom pak slučaju, i otpadna toplota se smatra nečim što je upotrebljivo, to je nešto što je "proizvedeno" – doduše kao nusproizvod u proizvodnji rada. Ovakva potonja strategija, ili gledište se uobičajeno imenuje kao spregnuta, ili istovremena (kombinovana) proizvodnja (često – kogeneracija). Radi kratkoće, u budućem će se referisati kao SPETE⁴.

U najkraćem rečeno, suština strategije SPETE jeste da se angažovani potencijal (radna sposobnost izvora toplote) tako rasporedi na proizvodnju mehaničke energije i toplote, da u datim okolnostima oba "proizvoda" budu roba. Takvoj vrsti problema posvećuje se izuzetna pažnja u specijalizovanoj literaturi. Ono što je u kontekstu naše teme, međutim, važno jeste pitanje: kako SPETE može da se dovede u vezu sa korišćenjem energije GTV? Odgovor se traži razmatranjem problema sa sledećih aspekata:

- termodinamičkog, traženjem najboljih, i njima ekvivalentnih mogućnosti,
- praktične realizacije termodinamički mogućih izbora, na datom nivou saznanja i poznatih tehnologija,
- kvalifikacije mogućih rešenja sa stanovišta zakonskih regulativa, normativa, "Kyoto" i drugih deklaracija o zaštiti životne sredine i konačno
- vrednovanje konačnih kandidata prema tehno-ekonomskim kriterijumima: isplativosti, profitabilnosti i sl..

Ovde će se prvenstveno dati razmatranja u vezi sa prve dve tačke, a sasvim usput i delemično u vezi treće tačke. Zadnja tačka, ekonomska isplativost ostavlja se za posebno poglavlje komparativne analize: ovde će biti naglašena samo globalna razmatranja u vezi izbora potencijalnih varijanti.

4.2.1 Strukturne realizacije termodinamičkih mogućnosti

U okviru razmatranja potencijala GTV (tačka 4.1 ove studije) ustanovljeno je da potencijal naših GTV jeste dominantno toplotna energija. GTV je pre svega izvor toplote, koja može pogodnom distribucijom (grananjem i mešanim ventilima, slika 10) da se rasporedi na niz potencijalno zanimljivih nivoa: od najvišeg mogućeg, pa do praktično neupotrebljivog. Ovde u uvodu je pak delemično naznačena svrha i smisao instalacije SPETE postrojenja. Zadatak je da se izvrši integrisanje potencijala GTV u postrojenja SPETE, i očigledno je da se ovakva mogućnost može razvijati u dva pravca:

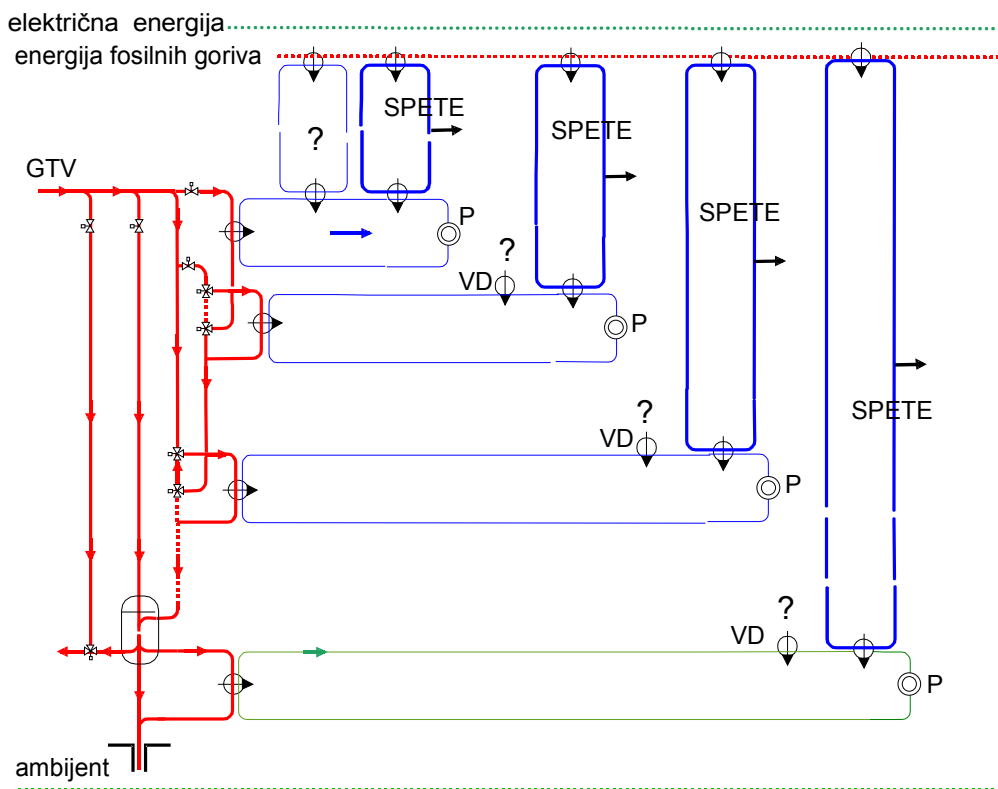
4 skraćenica za: (S)pregnuta (P)roizvodnja (E)lektrične i (T)oplotne (E)nergije - SPETE.

- toplotni nivoi potencijala GTV mogli bi da budu samo podrška kod "proizvodnje" otpadne toplote u ma kakvoj realizaciji postrojenja SPETE (dominantan izvor energije je ma kakvo gorivo), ili
- mogli bi da budu potencijal (pre svega izvor toplote), koji bi nekim rešenjem SPETE bio maksimalno revalorizovan.

Napominje se, potrošač (korisnik) toplotne energije i ovde će biti uslovna kategorija: to može biti stvarni korisnik, ali i međuagregat - uređaj koji takvu toplotu treba da bi odgovorio nekim drugim zahtevima. U ovom drugom slučaju, kogeneracija nije sama sebi cilj, već među rešenje (kopča) koja nije u prvom planu konačnih zahteva.

Niskotemperaturno sprezanja potencijala GTV i SPETE postrojenja

Neka su korisnički potencijali (kvalitet) zahtevane toplotne energije poznati (nezavisno od namene takvih energija). Tada se GTV resursima može (ako može) odgovoriti na pitanje na način dat u uvodu: postojeće mogućnosti se distribuiraju na različite nivoe. Moguće je (što je verovatno čest slučaj) da se kvantitetom ne može odgovoriti na postavljene zahteve. Prva odluka može biti - sagorevanje fosilnih goriva⁵. Takvo rešenje se u većini analiza i prikaza (prezentacija) iskazuje kao instalacija vršnih dogrejača (VD) na potrebnim mestima. Ako bi se ovo razumelo doslovno, značilo bi: sagoreti gorivo na "mestu" korisnika toplote. Takva rešenja su poznata, moguća su, ali su i najgora sa stanovišta korišćenja resursa. Termodinamički bolje rešenje je da se manjak potrebne toplote dobije primenom spomenute kogeneracije (instalacijom postojenja SPETE umesto direktnim sagorevanjem goriva). Obe mogućnosti, sa direktnim sagorevanjem, ili postrojenjima SPETE, date su na slici 11.



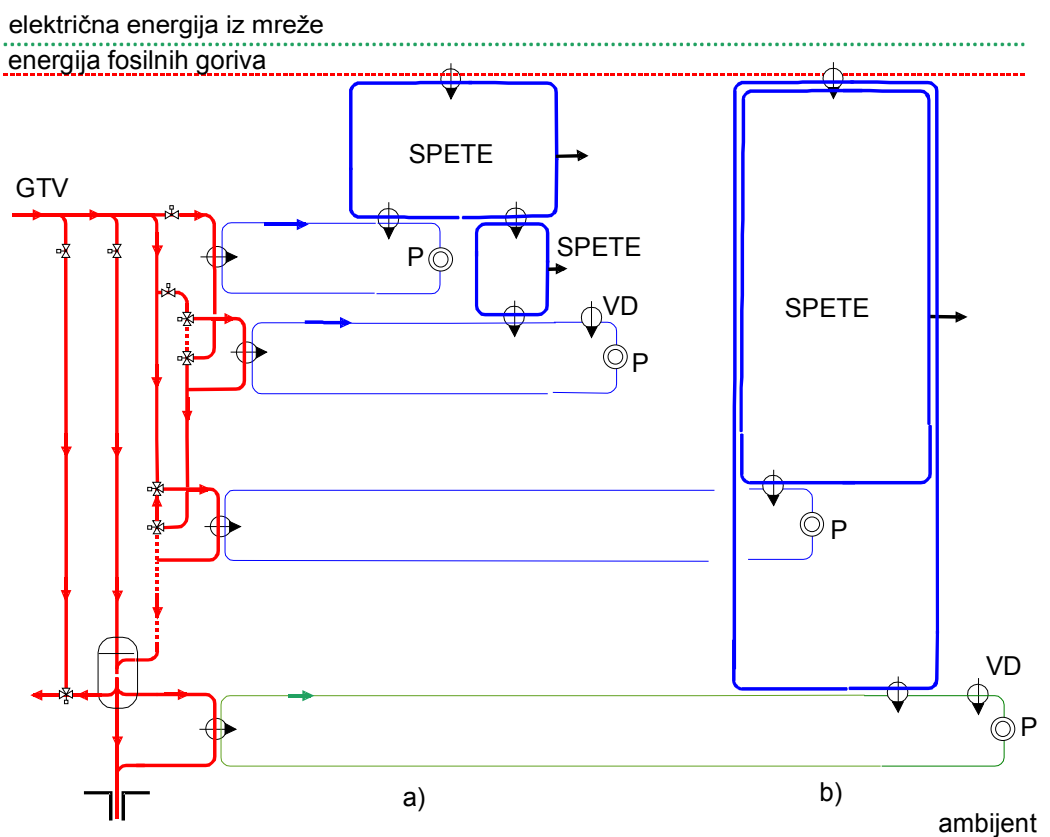
Slika 11: Integrisanje postrojenja SPETE (sa konvencionalnim resursima) u eksploataciji toplotnih potencijala GTV (kogeneracija sa podrškom toplotnog potencijala GTV na "niskom" temperaturnom nivou)

5 Pošto se ne isključuje mogućnost korišćenja, prema potrebi, i drugih raspoloživih resursa – osnovno je da se na zadovoljavajući način odgovori na postavljeni zahtev.

Rešenja sa direktnim sagorevanjem u tzv. vršnim dogregačima (VD), ili sagorevanjem "na daljinu" (pri čemu se toplota transportuje sekundarnim cirkulacijama) nisu preporučljiva (označena su kao rešenja sa znakom ?). Termodinamički su bolja rešenja sa kogeneracijom, odnosno sa postrojenjima SPETE, te su ona, kao primarna u daljoj analizi, označene punim linijama desnokretnih kružnih procesa.

Na slici 11 date su samo elementarne mogućnosti eliminacije degradacije potencijala korišćenjem postrojenja SPETE. Njima se može naći niz ekvivalenata, koji na ovom nivou analize mogu da se uvedu različitim razlozima. Bitno je, svakako, da se obezbedi što više kandidata: da se željena funkcija ostvari sa više termodinamički ekvivalentnih mogućnosti. Razlog ovome leži u činjenici da mnoge od teorijski mogućih varijanti ne mogu da prođu selekcije na sledećim nivoima analize, na primer konkretnih tehničkih realizacija.

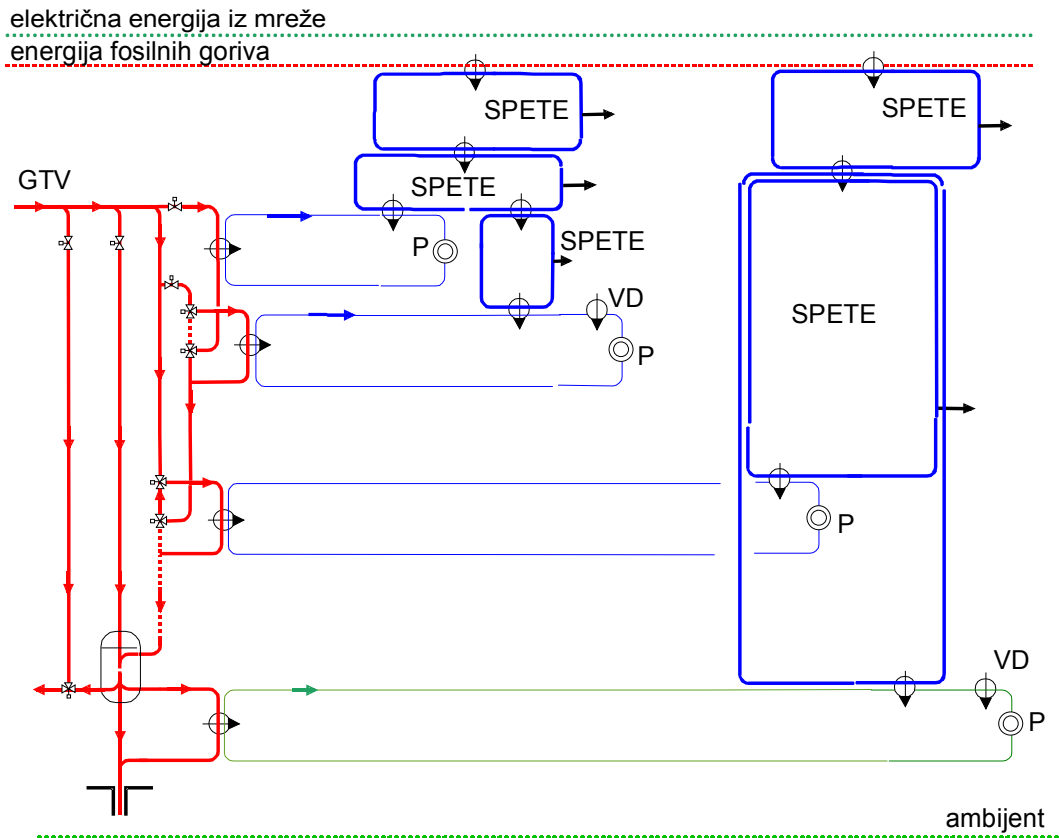
Prihvatajući umesnom, strategiju "objedinjavanja zajedničkih funkcija" kružnih procesa, mogu da se organizuju spreznja prikazana slikom 12. Ostvarena je funkcionalna globalizacija različitih kružnih procesa, u smislu da se iste funkcije različitih procesa između istih nivoa obave zajednički - jednim kružnim procesom (ili nekim drugim njegovim ekvivalentom). Specifični i posebni zahtevi rešavaju se na posebnim nivoima. Kod rešenja a) na slici 12 predlaže se jedan zajednički kružni proces između toplotnog izvora i nekog osrednjeg nivoa, kaskadno spregnut sa kružnim procesom niskog nivoa. Kod rešenja b), koje je karakteristično za kružne procese postojenja sa protivpritiskom, objedinjene su samo neke od zajedničkih funkcija – pre svega prijem toplote na visokom nivou



Slika 12: Integrisanje postrojenja SPETE (sa konvencionalnim resursima) u eksploataciji toplotnih potencijala GTV

(kogeneracija sa podrškom toplotnog potencijala GTV na "niskom" temperaturnom nivou):
 a) postrojenje SPETE tzv. dualnog tipa, b) postrojenje SPETE sa tzv. protivpritiskom

Čak i zajednički kružni procesi, ili njihovi delovi mogu da se učine kaskadnim, tako da se rešenjima sa slike 12 mogu pridružiti njihovi ekvivalenti, što je prikazano na slici 13. Mada postoji njihova potpuna termodinamička ekvivalencija, strukture su im očigledno različite. Videće se, strukture sa slike 13 su prihvatljivije sa gledišta praktičnih realizacija.



Slika 13: Integrisanje postrojenja SPETE (sa konvencionalnim resursima) u eksploataciji toplotnih potencijala GTV

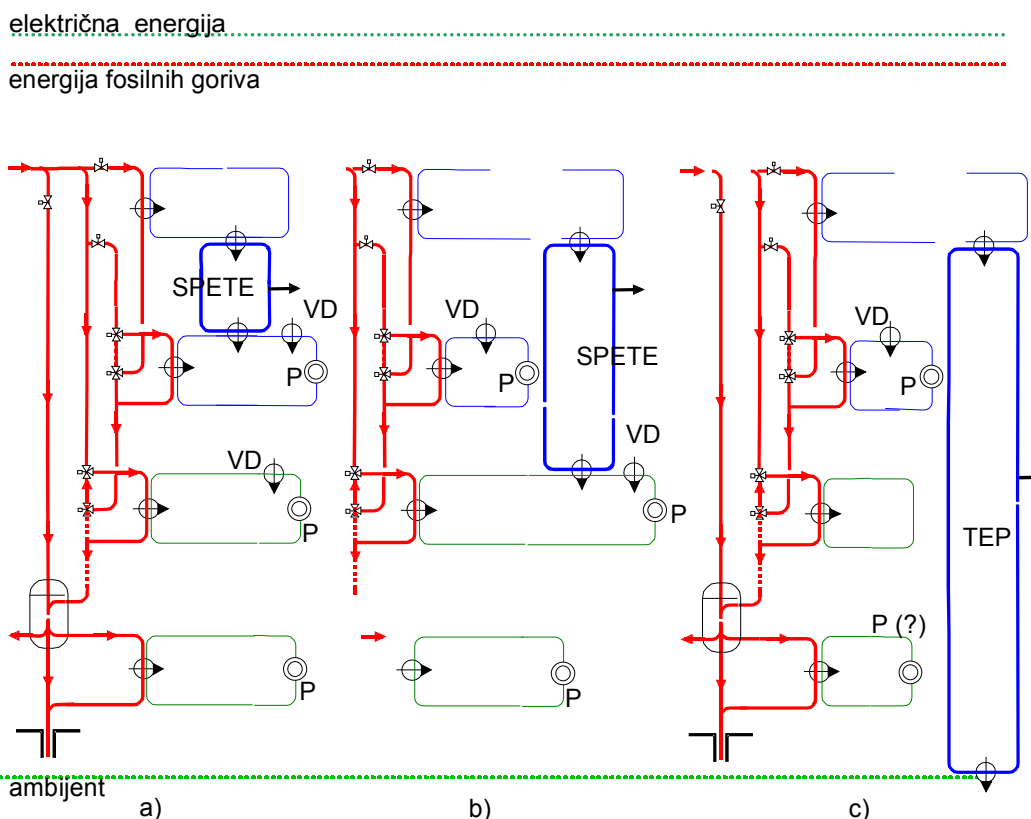
(kogeneracija sa podrškom toplotnog potencijala GTV na "niskom" temperaturnom nivou): tzv. postrojenja SPETE kombinovanog tipa, termodinamički ekvivalentna predlozima sa slike 12

Na ovom nivou razmatranja (različite termodinamički dobre i dopustive mogućnosti) ostvareno je niz kandidata. Osim naznačenih, moguće su i druge sasvim "egzotične" varijante. Mnoge od njih, bar prema našim saznanjima, ne mogu da prođu kvalifikacije na sledećim nivoima razmatranja, te se kao takve ovde i ne iznose.

Kogeneracija samo sa potencijalom GTV

Kogeneracija podrazumeva proizvodnju mehaničke i toplotne energije, ali pri tom ne prejeducira prirodu izvora primarne toplotne energije. U tom smislu, izvorom može da se smatra i toplotni potencijal raspoložive GTV. Sasvim konkretno, neka je raspoloživa toplota GTV na nekom nivou, ili različitim nivoima, kako je naznačeno na slici 10, u tački 4.1. Između dva različita nivoa može da se organizuje desnokretni proces, odnosno postrojenje SPETE, kao a), ili b) na slici 14. Proizvedena u SPETE toplota (tj. odvedena toplota desnokretnog procesa termoenergetskog postrojenja) može da "amortizuje" deblans potrebne toplote potrošača P na neposredno nižem nivou. Eventualno preostali manjak toplote za potrošač P treba da se podmiri tzv. vršnim dogreivačima (VD) - čime se ne isključuje mogućnost instalacije postrojenja SPETE prema strategiji opisanoj u prethodnom

razmatranju⁶.



Slika 14: Postrojenja SPETE u eksploataciji toplotnih potencijala GTV
(kogeneracija isključivo sa toplotnim potencijalima raspoloživih GTV):
VD – vršni dogrejač, P – potrošač, TEP – termoenergetsko postrojenje

Može biti da nema potrošača toplote nižih i najnižih nivoa u okviru naznačenih mogućnosti a) i b) sa slike 14, odnosno - nema neposrednih korisnika takve toplote. Tada nije opravdana proizvodnja toplote u okviru postrojenja SPETE, i strategija SPETE se, u graničnom slučaju ideje "kogeneracije u okviru potencijala GTV", degeneriše na termoenergetsko postrojenje (TEP) između najvišeg nivoa GTV i ambijenta. Ta mogućnost je varijanta c) na slici 14.

U vezi sa varijantom c) na slici 14 naglašava se važan detalj. Naime, ovde je skoro sigurno da sav potencijal GTV nije iskorišćen za napajanje TEP: postoji još uvek toplota GTV niskog nivoa, ali ipak višeg od nivoa okruženja (ambijenta). Sa stanovišta energije za SPETE, ovaj potencijal nije od praktičnog značaja, ali sa gledišta promotera primene tzv. toplotnih pumpi ova činjenica je izuzetno važna: oni posebno naglašavaju vrednost toplote na niskim nivoima, višim od nivoa ambijenta. Iscrpno tumačenje ovih, slažemo se, ispravnih stavova u vezi instalacijom toplotnih pumpi (TP), izašlo bi izvan okvira teme tačke 4.2, te će ovde biti izostavljeno⁷. Zato u zaključku ovog razmatranja naglasimo:

Spomenute varijante nisu ni ovde sve teorijski moguće kombinacije, već samo one koje su potencijalni kandidati za sledeće "kvalifikacije". I one su, dakle, uslovne jer se dalje

6 Vršni dogrejači (VD) se i ovde razumeju kao izvori toplote potrebnog nivoa: ni u kom slučaju to ne moraju biti spaljivači goriva, naprotiv, to mogu biti različiti agregati koji zadovoljavaju niz uslova: potrebna toplota, funkcionalnost i tehnoekonomska prihvatljivost. Stoga VD mogu biti kotlovi, ložišta, kondenzatori toplotnih pumpi (TP), termoenergetskih postrojenja (TEP) i slično.

7 Ova činjenica ima dalekosežne implikacije, jer ističe ideju o primeni kombinovanih agregata u strategiji eksploatacije potencijala GTV. Instalacija postrojenja SPETE jeste samo jedna, nikako jedina niti imperativna mogućnost.

neizostavno postavlja niz pitanja u vezi: a) njihove praktične i tehničke realizacije, b) dopustivosti izgradnje, i c) profitabilnosti, odnosno isplativosti instalacije.

4.2.2 Praktične realizacije postrojenja SPETE

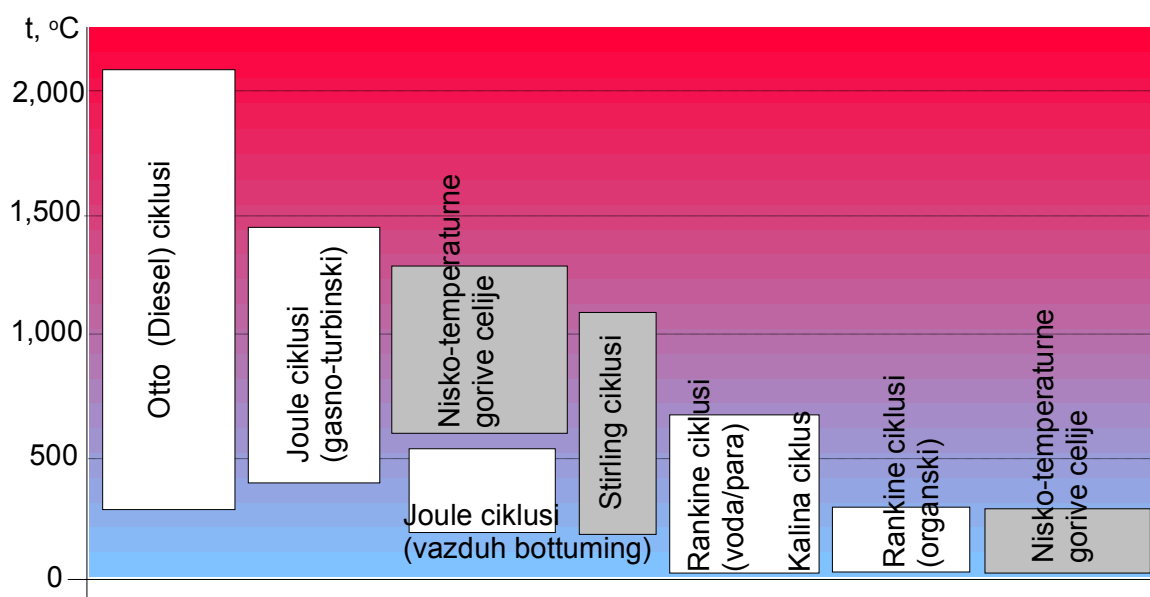
Mada je termodinamički irelevantno da li će (desnokretni) kružni proces između nekog opsega temperatura da se obavi kao jedan, ili kao niz kaskadno spregnutih procesa po različitim opsezima, sa praktičnog i tehničkog stanovišta to nažalost nije svejedno. Postoje ograničenja po pitanju, pre svega, praktične realizacije na datom nivou saznanja i poznatih konvencionalnih tehnologija. Spektar pridošlih varijanti iz prethodnog razmatranja ovde će biti značajno sužen.

Osnovni desnokretni kružni procesi i postojnja

Tehnika poznaje nekoliko *dominantnih* realizacija desnokretnog kružnog procesa, i to su:

- parna postrojenja sa običnim fluidima, (RKP), ili sa sa mešavinama (npr. KKP) i
- gasno-turbinska postrojenja i postrojenja sa motorom SUS.

Izbor neke od naznačenih realizacija zavisi bitno od dopustivog operativnog opsega između temperatura izvora i ponora, kako je dato slikom 15. U najkraćem i najnužnijem obliku, osnovne tehničke karakteristike naznačenih mogućnosti su sledeće^{8/9}:



Slika 15: Osnovni kružni procesi i njihovi radni opsezi temperatura "izvora" i "ponora" toplote [17]

Parno-turbinska postrojenja dopuštaju da se toplota može dovesti na više nivoa: u predgrejačima, isparivačima i pregrejačima. Tehnička ograničenja (izdržljivost materijala, pre svega) limitiraju najvišu temperaturu (u isparivačima i pregrejačima) na oko 600°C, a u predgrejačima bar višu od oko 30°C. U vezi stim, takva rešenja su moguća pre svega za autonomno korišćene potencijala GTV. Međutim, termodinamička efikasnost pak odozdo ograničava temperaturu dovođenja toplote na min 90°C.

8 U sve detalje ovde nije moguće zalaziti: konsultovati specijalizovanu literaturu.

9 Varijante sa gorivim ćelijama i Stirlingovim motorima ne smatramo konvencionalnim rešenjima, te se ovde ne razmatraju.

Rešenja ovakvog tipa osnovna su i dominantna u konvencionalnoj proizvodnji mehaničke (time i električne) energije. Opšte je poznato da su instalisane za visoke snage, inertna su te time nepovoljna u uslovima promenljivog režima opterećenja.

Gasno-turbinska postojenja, modularna ili "mobilna" (tipa avionskih motora) su za male snage, problematična u eksploataciji. Robusnije realizacije, ili stabilna postojenja, su za veće očekivane snage, manje su efikasna i efikasnost opada sa snižavanjem opterećenja. U oba slučaja, proizvedena toplota ima visok nivo, oko 500°C - što je osnovna odlika procesa ovakvih postrojenja. U slučaju potrebe toplote niskog nivoa (što se ovde očekuje), mora da se ostvari direktan prelaz toplote na potrošače - što je termodinamički nepovoljno, ili instalacija kružnog procesa niskog nivoa (tzv. *bottuming cycle*) - što drastično povećava cenu rešenja.

Gasno-turbinska postrojenja teško da mogu da koriste energiju GTV, jer nema predgrevanja vazduha, ili je ono besmisleno sa GTV niskog potencijala. Operišu do 1,500°C, do osrednjih pritisaka 40 bar, sa najviše 42% električne efikasnosti. Opseg instalisanih snaga je između (0.5 – 280) MW .

Motori SUS su kompaktni agregati, širokog asortimana kako po snazi, tako i po opsegu nivoa proizvedene toplote (opseg je dosta širok: orijentaciono od oko 85 do 500°C). Očigledno, mogu da se sprežu sa niskim nivoskim (*bottuming*) kružnim procesima. Međutim, snižavanjem gornje granice proizvedene toplote (na čak oko 120°C) praktično se eliminiše potreba za instalacijom kružnog procesa niskog nivoa (*bottuming*).

Motori SUS imaju prilično visoku efikasnost, čak do 50%. Opseg snage je od 0.5 MW do čak 70 MW (sa dizel agregatima). Maksimalna temperatura je dosta visoka (što je dopušteno zbog kratkotrajnog kontakta produkata sagorevanja i površine materijala). Imaju, nažalost nisku specifičnu snagu, ali su jako povoljni kod promenljivih režima opterećenja. Konačno, uz rutinski nadzor visoko su pouzdani u eksploataciji.

Kombinovani kružni procesi i postrojenja

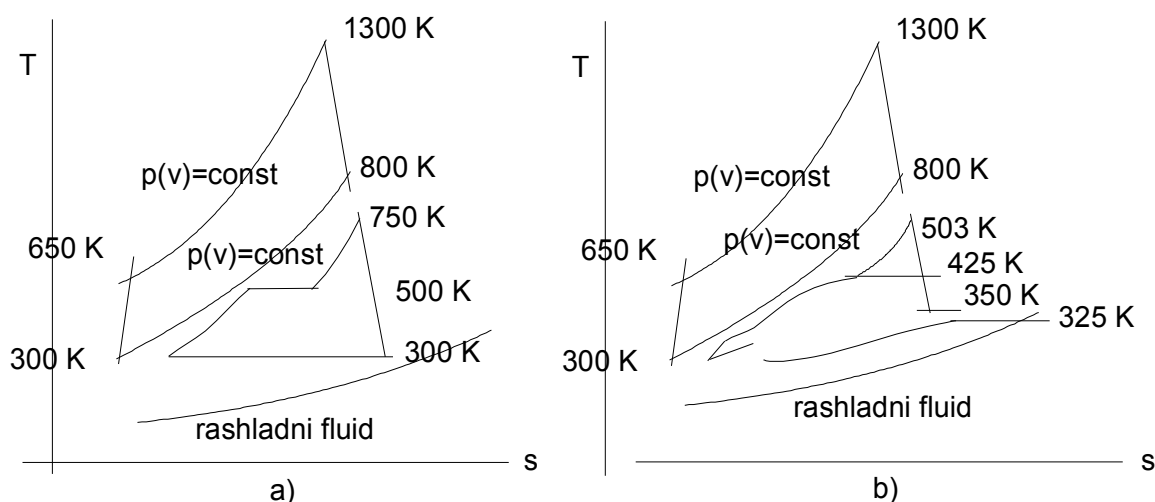
U kontekstu eksploatacije potencijala GTV, paralelno sa eksploatacijom drugih raspoloživih resursa, temperaturni opsezi prijema i predaje toplote kod kružnih procesa određeni su temperaturama:

- prijema toplote na temperaturi sagorevanja goriva iznad 1,000°C (sagorevanje plamenom), ili
- prijema toplote na nivou potencijala GTV, u našim prilikama oko 100°C, najviše, i
- predaja toplote na nivou potencijala GTV, dakle oko 50 -100°C.

Saglasno rečenom kod običnih kružnih procesa, parno-turbinska postojenja ne mogu da trpe temperature u isparivačima više od 600°C, ali mogu da koriste energiju GTV za predgrevanje radnog fluida. Međutim, temperaturna razlika između 1,000°C (produkti sagorevanja) i 600°C (isparavanje radnog fluida) termodinamički nije preporučljiva. Razumno je, stoga, da se sugeriše kombinovani (dualni, ili binarni) kružni proces tipa: gaso-turbinski proces između 1,000°C i 600°C, parno-turbinski između 600°C i nivoa predaje toplote potrošačima (50 -100°C). Umesno je, dakle, bilo obogatiti šemu mogućnostima kombinovanih kružnih procesa datim na slici 13. Tako mane jednog ciklusa postaju prednosti kada se kombinuju sa drugim ciklusom.

Prednost ovakvog sprežavanja se i konkretno ilustruje primerom sa podacima sa slike 16. Naime, sam gasno-turbinski kružni proces (između prosečno 1,000 K i prosečno 520 K) ima termodinamičku efikasnost 48%, a sam parno-turbinski (između prosečno 680 K i prosečno

300 K) ima efikasnost 50%. Sprezanjem, pak, oba kružna procesa (slika 16a) između prosečne temperature dovođenja toplote 1,000 K i odvođenja toplote 300 K, efektivnost je oko 70% [17].



Slika 16: Kombinovano termoenergetsko postrojenje gasno-turbinski proces (topping cycle - visokotemperaturni nivo) i parno-turbinski proces (bottoming cycle - niskotemperaturni nivo); parno-turbinski proces: a) sa običnim fluidom (RKP - Rankin/Klausijusov), b) sa binarnom mešavinom (KKP - tzv. Kalina kružni procesi)

Visoke izlazne temperature gasne turbine indukuju nisku efikasnost gasno-turbinskog postrojenja, ali je to povoljno za parno-turbinski ciklus nižeg nivoa. Stoga visokoefikasne gasne turbine pokazuju lošije performanse u kombinacijama nego industrijske turbine sa nižom efikasnošću i višom temperaturom na izlazu. Ovo treba da se ima u vidu kod traženja optimalnih parametara za kombinovani ciklus: termodinamička i tehnookonomska analiza kombinacija je od ključne važnosti kod konačne odluke.

Kod kombinovanih kružnih procesa (ciklusa) važno je, takođe, i termodinamički dobro sprezanje dva različita kružna procesa: razmena toplote treba da se obavi bez visokih temperaturnih razlika. U vezi s tim je važan izbor kako radnog fluida, tako i strukture parno-turbinskog postrojenja. Pokazuje se da, u kontekstu ovih problema, prednost imaju različite mešavine [18], i varijacije kružnih procesa tipa Kalina [19], [20], [21], [17], sa binarnim rastvorom amonijak-voda.

Postrojenje visokotemperaturnog nivoa (topping cycle), bliže karakteristike i realizacija

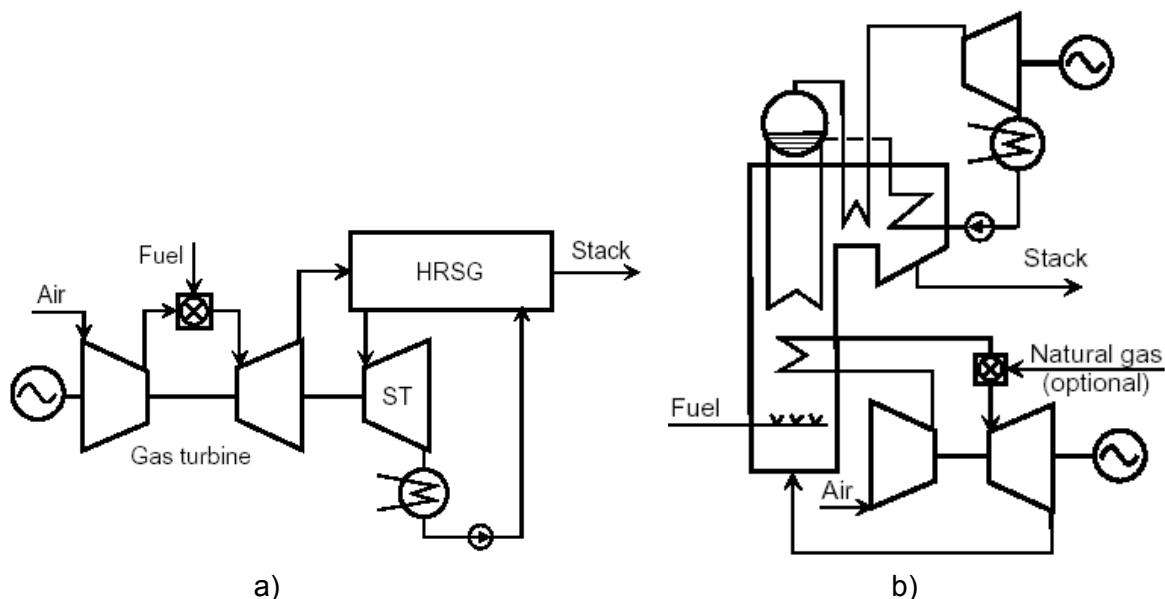
Upravo završena razmatranja odnosila su se pre svega na više tehničkih mogućnosti eliminacije degradacije energije u vezi sa visokim razlikama potencijala - temperatura. Realizacija, a pogotovo tehnookonomski aspekti nisu jednaki za svaku od njih. Napraviće se sada sužavanje perspektivnih mogućnosti, imajući u vidu da se neke kombinacije u konkretnim uslovima apriori ne preporučuju. Rešenje se traži uz osvrt na to: a) kakvo se gorivo očekuje, b) kolike snage postrojenja se očekuju, c) očekivani nivo proizvedene toplote, i d) nabavna cena i složenost u eksploataciji.

Kružni proces najvišeg nivoa u kombinovanom postrojenju može da se obavi dovođenjem (visokonivoske) toplote sagorevanjem a) uglja, biomasa, ...i b) gas, ulje,... Izbor goriva nameće izbor organizacije sagorevanja, a time i organizacije procesa visokog nivoa (tabela 14).

Tabela 14: Realizacija postrojenja sa kružnim procesom visokog temperaturnog nivoa u funkciji izabranog goriva

Očekivano gorivo	Potrebni elementi			
	Alternativa sagorevanja		Alternativa postrojenja	
	Eksterno ložište	Interno	Gasno turbinsko	Motor SUS
Ugalj, biomasa, ...	*(slika 17b)		*(slika 17b)	
Gas, ulje, ...	*(slika 17b)	*(slika 17a)	*	*

Šeme kombinovanih postrojenja koje, prema ovoj tablici podrazumevaju gasno turbinsko postrojenje date su, primera radi, na slici 17.



Slika 17: Kombinovano postrojenje Joule+Rankin kružni procesi: a) sa tzv. internim sagorevanjem, b) sa eksternim sagorevanjem (sa posebnim ložištem)

Varijante sa korišćenjem rasutog goriva nemaju, izgleda, perspektive bar iz dva razloga: Prvo, to je skuplja varijanta jer podrazumeva instalaciju ložišta. Drugo, teško da bi bio opravdan transport "rasutog" goriva do lokacije bušotine, i njegovo skladištenje, pogotovo što potencijali GTV nisu veliki, te ne može biti velika ni snaga integrisanog postrojenja SPETE.

Druga mogućnost data tabelom 14 bez sumnje je perspektivnija, takođe iz najmanje dva razloga. Naime, nije nužno instalisanje ložišta za eksterno sagorevanje, pa je jeftinija od prethodne. Drugo, mada prirodnog gasa u bušotinama skoro nema, ili ga ima dovoljno samo u sporadičnim slučajevima (npr. bušotina kod Bečeja, Bč-2/H), postoji mogućnost korišćenja komercijalnog prirodnog gasa: zbog komotnog transporta putem prilično razuđene distributivne mreže, nema potrebe za skladištenjem, i konačno - jeftiniji je u odnosu na tečna goriva.

Ne treba takođe izgubiti iz vida da izbor prirodnog gasa kao potencijalnog goriva proširuje mogućnost izbora i motora SUS kao ogregata postrojenja SPETE. To je značajno zbog činjenice da su motori SUS daleko fleksibilniji u promenljivim režimima opterećenja, sasvim su pouzdani i ne podrazumevaju specijalne mere održavanja.

4.2.3 Postrojenja SPETE u eksploataciji potencijala GTV i zaštita životne sredine

Bez šireg zalaženja u detalje lokalnih i globalnih normativa, različitih dogovora i preporuka, kratko napominjemo da se osnovni zahtevi po pitanju zaštite životne sredine svode na niz ograničenja različitih uticaja na; a) atmosferu, b) tle, c) vodotokove, d) komfor lokalnih ambijenata, i slično. U vezi s tim, a sa aspekta integrisane eksploataciji GTV i SPETE, postoje dva problema. Jedan se tiče eksploatacije same GTV, a drugi postrojenja SPETE.

Problemi eksploatacije potencijala GTV sa stanovišta zaštite životne sredine razmatrani su iscrpno u okviru tačke 4.1.3 ove studije. Naglasimo ovde specifičnosti instalacije SPETE.

Posledice uticaja instalacije postojenja SPETE treba da se očekuju uglavnom preko:

- zagađivanja atmosfere, usled sagorevanja fosilnih goriva, zatim
- angažovanja zemljišta (tla) za samo postrojenje, kao i skladištenje rasutog goriva (eksproprijacija zemljišta),
- bučnosti postrojenja, i sličnih merila komfora lokalnog ambijenta i
- izbora radnog medijuma desnokretnih kružnih procesa.

U vezi sa prve tri posledice, načelno može da se naglasi: integrisanje postojenja SPETE i eksploatacije potencijala GTV smanjuje instalisanu snagu SPETE u odnosu na potrebnu snagu bez podrške potencijala GTV. Saglasno tome niži su, u apsolutnom iznosu, udeli svih potencijalnih uticaja postrojenja SPETE na okruženje (naprosto zato što se angažuje SPETE manjih snaga - jer postoji podrška potencijala GTV). Ovakav stav vredi još jače kod slučajeva kada postrojenje SPETE degeneriše u TEP sa isključivo potencijalima GTV/¹⁰. Ipak, u svakom pojedinačnom slučaju trebalo bi imati u vidu sve važeće, i sve rigoroznije preporuke i norme [22].¹¹

Ono što nije u vezi sa angažovanom snagom postrojenja SPETE, a u vezi je sa uplivom na okruženje, jeste izbor radnog medijuma desnokretnih procesa. Naime, definitivno i po svaku cenu treba da se izbegnu medijumi (fluidi) sa svojstvom da devastiraju ozonski omotač atmosfere. To su svi medijumi na bazi hlora-fluora-ugljenika (tzv. hlorfluorokarboni). Na sreću, postoji alternativa (npr. dimetil-etar, umesto hlor-fluoro-karbona). U protivnom, mora se očekivati nužnost posebnih mera zaštite (i sve u vezi s tim), što po trenutnim saznanjima jedino može da učini instalaciju skupom i ekonomski nepodnošljivom.

4.2.4 **Smernice za tehnoekonomsku analizu postrojenja SPETE u eksploataciji GTV**

Ocena perspektivnosti prema kriterijumima tehnoekonomskih merila treba da se donese kompromisnim izborom rešenja po dva osnova:

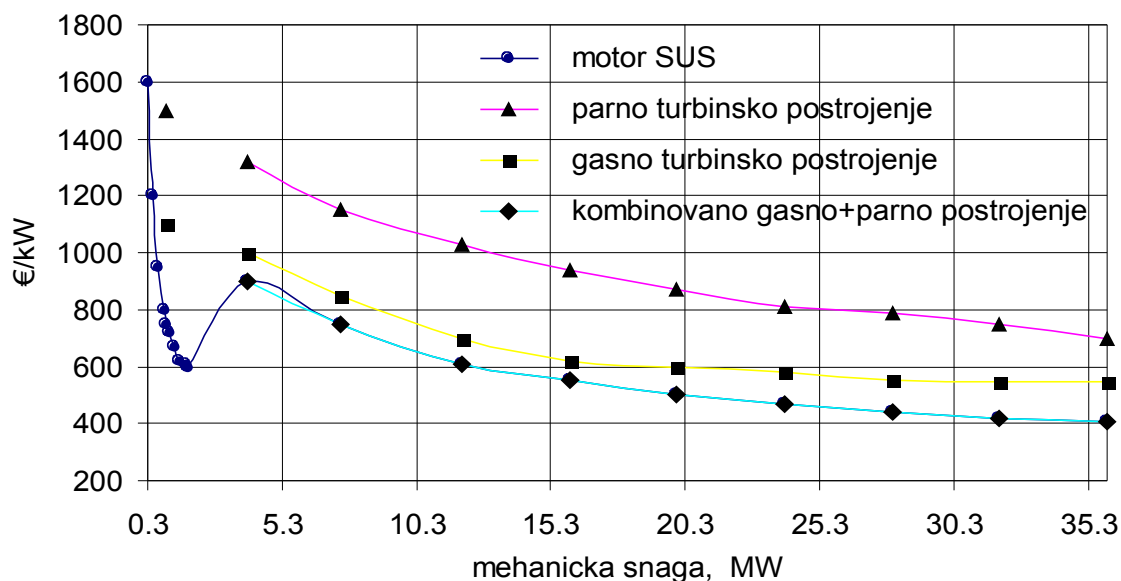
- procenom razumnih, podnošljivih i povoljnih rokova otplate instalacije i
- po osnovi najveće profitabilnosti nakon otplate - u uslovima slobodnog poslovanja.

Relativno jasni kriterijumi procene valjanosti instalacije po naznačenim osnovama, a u cilju "globalne" eliminacije varijanti koje nisu perspektivne, jesu visina investicija (cena instalacije), i odnos rashoda (troškova) i prihoda tokom eksploatacije - nakon otplate.

10 U [15] se komparativno daje pregled sniženja emisije štetnih komponenata u atmosferu, kao posledice instalacije slabog termo energetskog postrojenja.

11 Osim poštovanja naznačenih ograničenja, snižavanje ispuštanja CO₂ u atmosferu može da bude vrlo stimulativan način dobre zarade. Naime, postoje izgledi da ozbiljno uzme maha berza tzv. pravima zagađivanja, nazvanim emisioni certifikati (u vezi detalja videti npr. u www.kogeneracija.co.yu).

Zavisno od izbora rešenja, odnosno strukture postrojenja SPETE, visina investicija je različita i kvalitativno sasvim pouzdano može da se proceni prema podacima sa slike 18.



Slika 18: Specifična cena različitih postrojenja [3] /¹²

Sasvim očekivano, specifična cena raste sa opadanjem snage u svim varijantama. Očekivano je i to da su cene kombinovanih postrojenja najniže, osim u slučajevima niskih snaga - kada motori SUS imaju prednost. Prema tome, perspektivne varijante po osnovi najnižih investicija jesu kombinovana postrojenja ili motori SUS.

Iskustva i prethodna razmatranja sugerišu da se i u okviru zadnjeg kriterijuma izbora ipak mogu, i moraju, imati u vidu opet različite varijante. One su naznačene u tabeli 15.

Varijante A i C prema tabeli 15 komentarisane su već u okviru tačke 4.1 ove studije. Naznačeno je da, u datim ograničenjima, nije tehnoeekonomski prihvatljiva instalacija termoenergetskih postrojenja. Varijante B i C, sa potencijalima GTV nisu poznate u literaturi. Razlog ovome treba tražiti u praktično odsustvu mogućnosti prodaje (odnosno korišćenja) toplote niskog nivoa. Što se tiče proizvodnje struje, očekuje se da situacija nije ni malo povoljnija u odnosu na isključivo proizvodnju struje u varijantama A i C. Iz navedenih razloga će se ovde razmotriti varijante E i F.

Tabela 15: Struktura rashoda (troškova) i prihoda zavisno od načina integrisanja potencijala GTV u postrojenja SPETE

OPCIJA	RASHODI	PRIHODI	VARIJANTA
--------	---------	---------	-----------

¹² Brojčane podatke treba donekle uzimati sa rezervom, jer podaci iz različitih izvora nisu saglasni: u Prilogu 2, Dodatak 3, iznose se podaci prema izveštaju u Gas Turbine World Handbook, od 1997. god, koji se razlikuju u odnosu na iznete.

Potencijal GTV	Bušotina je u vlasništvu	Otplaćuje se: bušotina + TEP	Prodaja: mehanička snaga	A
		Otplaćuje se: bušotina + SPETE	Prodaja: toplota+meh. snaga	B
	Bušotina nije u vlasništvu	Kupuje se toplota bušotine, otplašuje se: TEP	Prodaja: mehanička snaga	C
		Kupuje se toplota bušotine, otplašuje se: SPETE	Prodaja: toplota+meh. snaga	D
Potencijal GTV + fosilno GORIVO	Bušotina je u vlasništvu	Kupuje se gorivo, otplašuje se: bušotina + SPETE	Prodaja: toplota+meh. snaga	E
	Bušotina nije u vlasništvu	Kupuje se toplota bušotine, kupuje se gorivo, otplašuje se: SPETE	Prodaja: toplota+meh. snaga	F

Varijanta E: bušotina je u vlasništvu, instalirano je postrojenje SPETE. Otplašuje se i bušotina i postrojenje SPETE. Prodaje se sva toplota (bušotine i SPETE), i mehanička snaga.

Iz uslova da su ukupna cena instalacije i troškovi eksploatacije tokom otplate jednaki prihodu tokom otplate, tj.

$$C_{BUS} + C_{SPETE} + TO_{SPETE} \tau + c_g Q_g \tau_e \tau = (c_e L \tau_e + c_q Q_{BUS} \tau_q + c_g Q_{SPETE} \tau_q) \tau,$$

dobija se period proste otplate instalacije

$$\tau = \frac{C_{BUS} + C_{SPETE}}{(c_e L \tau_e + c_q Q_{SPETE} \tau_q) + c_q Q_{BUS} \tau_q - (c_g Q_g \tau_e + TO_{SPETE})}, \text{ godina.}$$

Nakon otplate, odnos rashoda i prihoda, R/P, je:

$$\frac{R}{P} = \frac{\text{Troškovi}}{\text{Prihod}} = \frac{c_g Q_g \tau_e + TO_{SPETE}}{(c_e L \tau_e + c_q Q_{SPETE} \tau_q) + c_q Q_{BUS} \tau_q}.$$

Svuda su, respektivno, C_{BUS} , C_{SPETE} - cena bušotine odnosno postrojenja SPETE, €, L , Q_{SPETE} , Q_{BUS} , Q_g - mehanička, toplotna snaga SPETE, toplotna snaga bušotine i toplotna snaga goriva za SPETE, MW, c_e , c_q , c_g - cena prodaje mehaničke snage (struje), prodaje toplote, i kupovine goriva za SPETE, €/MWh, τ_e , τ_q - vreme prodaje struje i toplote, h/a, TO_{SPETE} - troškovi održavanja postrojenja, €/a, i τ - vreme proste otplate instalacije, god.

Neka su, na primer, $\tau_e = \tau_q = 6,200$ h/a, $C_{BUS} = 950,000$ €, snaga bušotine $Q_{BUS} = 0.6$ MW, zatim $L = 1$ MW, što sa efektivnošću od oko 42% uslovljava $Q_g = 2.5$ MW, i $Q_{SPETE} = 1.5$ MW, zatim pod uslovom da je $c_q = c_g = 20$ €/MWh, i $c_e = 55$ €/MWh (5.5 c€/kWh); konačno neka je $TO_{SPETE} = 0.1 \times C_{SPETE}$ (procenjeno oko 10% investicionih sredstava). Vreme proste otplate instaliranog postrojenja je tada:

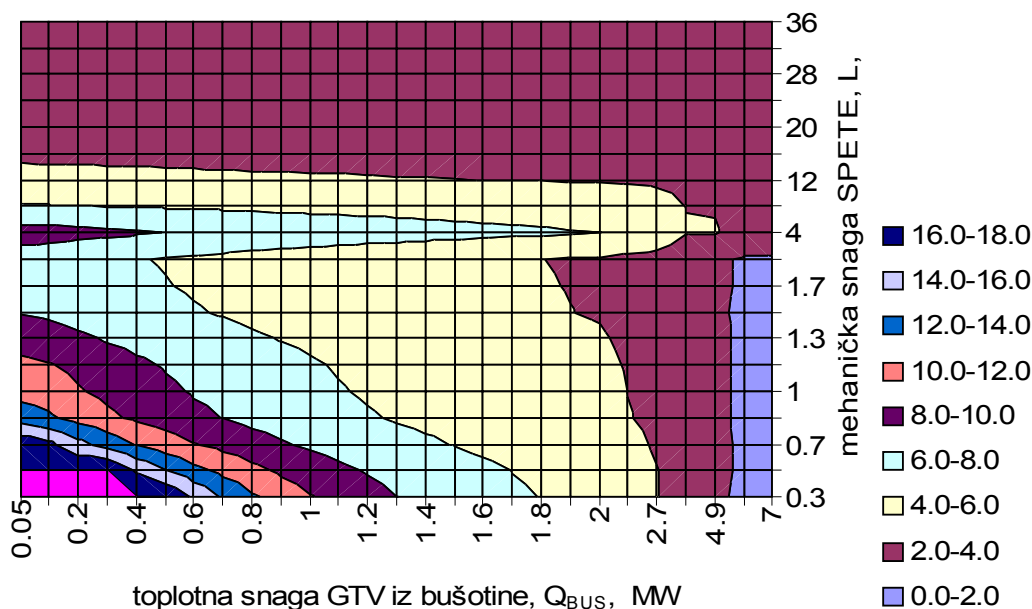
$$\tau = \frac{950,000 + 1,000 \times 1 \times 750}{(55 \times 1 \times 6,200 + 20 \times 0.6 \times 6,200) + 20 \times 1.5 \times 6,200 - (20 \times 2.5 \times 6,200 - 0.1 \times (1000 \times 1 \times 750))} =$$

= god.

Nakon otplate, tokom regularne eksploatacije, odnos rashoda (troškova) i prihoda, R/P, je:

$$\frac{R}{P} = \frac{20 \times 2.5 \times 6,200 + 0.1 \times (1,000 \times 1 \times 750)}{(55 \times 1 \times 6,200 + 20 \times 1.5 \times 6,200) + 20 \times 0.6 \times 6,200} = \dots$$

Za očekivane toplotne snage GTV, i snage postrojenja SPETE, rokovi proste otplate integrisanog postrojenja dati su dijagramom na slici 19. Vidi se, za postrojenja SPETE integrisana sa bušotinama snage do oko 5 MW, brže se otplaćuju instalacije sa snažnijim SPETE. Konkretno, za bušotine snage, npr. 0.6 MW, i sa SPETE mehaničke snage 1 MW vreme otplate je blizu 8 god, dok za snagu 12 MW otplata je nešto ispod 5 god. Situacija je sasvim drugačija kod bušotina većih snaga, iznad 5 MW: brže se otplaćuje postrojenje sa manjom mehaničkom snagom - što će reći sa motorima SUS. Podnošljivom se može smatrati svaka kombinacija sa vremenom proste otplate do 7.5 godina.

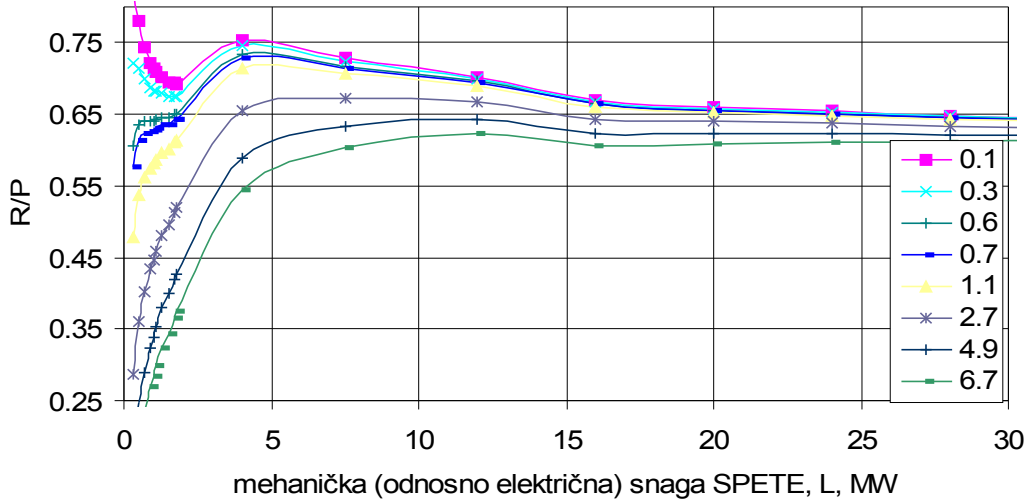


Slika 19: Vreme proste otplate, godina, bušotine i postrojenja SPETE:

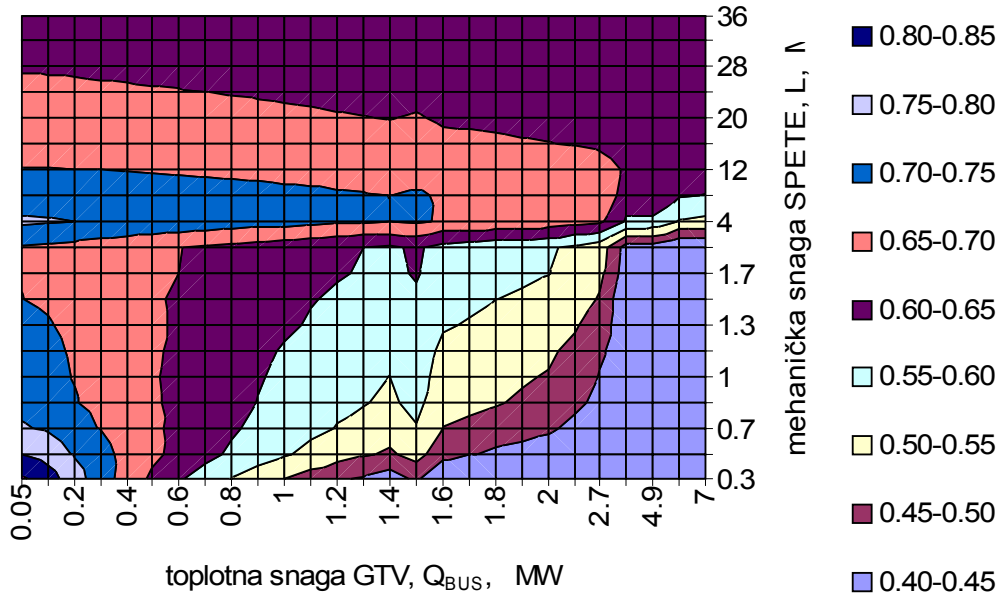
$$\tau_e = \tau_q = 6,200 \text{ h/a}, C_{\text{BUS}} = 950,000 \text{ €}, c_q = c_g = 2.0 \text{ c€/kWh},$$

$$c_e = 5.5 \text{ c€/kWh} \text{ i } TO_{\text{SPETE}} = 0.1 \times C_{\text{SPETE}}$$

Međutim, mada se instalacije sa slabijim postrojenjima SPETE, tačnije motorom SUS, sporije otplaćuju primetno je da su ona nakon otplate "ekonomičnija". To je pokazano na slici 20. Na primer, na bušotini sa oko 0.6 MW toplotne snage, i sa proizvedenom električnom snagom od oko 5 MW odnos R/P je oko 0.74, dok sa proizvedenom električnom snagom od oko 0.5 MW ovaj odnos je oko 0.41. Nije međutim isključeno (sve zavisno od termodinamičke efikasnosti postrojenja SPETE) da se isti odnos dobije i sa većim električnim snagama. Na primer, za bušotinu sa 2.7 MW, odnos 0.65 ima postrojenje sa mehaničkom snagom od oko 4 MW, ali i postrojenje električne snage skoro 14 MW. Opsežniji prikaz odnosa R/P dat je topološki na slici 21.



Slika 20: Odnos rashoda - troškova (R) i prihoda (P):
parametri su Q_{BUS} , MW (ostali parametri kao na slici 19)



Slika 21: Odnos rashoda (R) i prihoda (P), R/P
(ostali parametri kao na slici 19)

Varijanta F: bušotina nije u vlasništvu, instalirano SPETE postrojenje. Otplaćuje se samo postrojenje SPETE. Prodaje se toplota i mehanička snaga proizvedena u SPETE. Kupuje se toplota bušotine, ali nije ni u kakvoj vezi sa procenom otplate i odnosa R/P za SPETE.

Za uslove kao u varijanti E, samo za $C_{BUS} = 0$, i $Q_{BUS} = 0$, period proste otplate (postrojenja SPETE) je

$$\tau = \frac{1,000 \times 1 \times 750}{(55 \times 1 \times 6,200 + 20 \times 1.5 \times 6,200) - (20 \times 2.5 \times 6,200 + 0.1 \times (1,000 \times 1 \times 750))} = \text{god.}$$

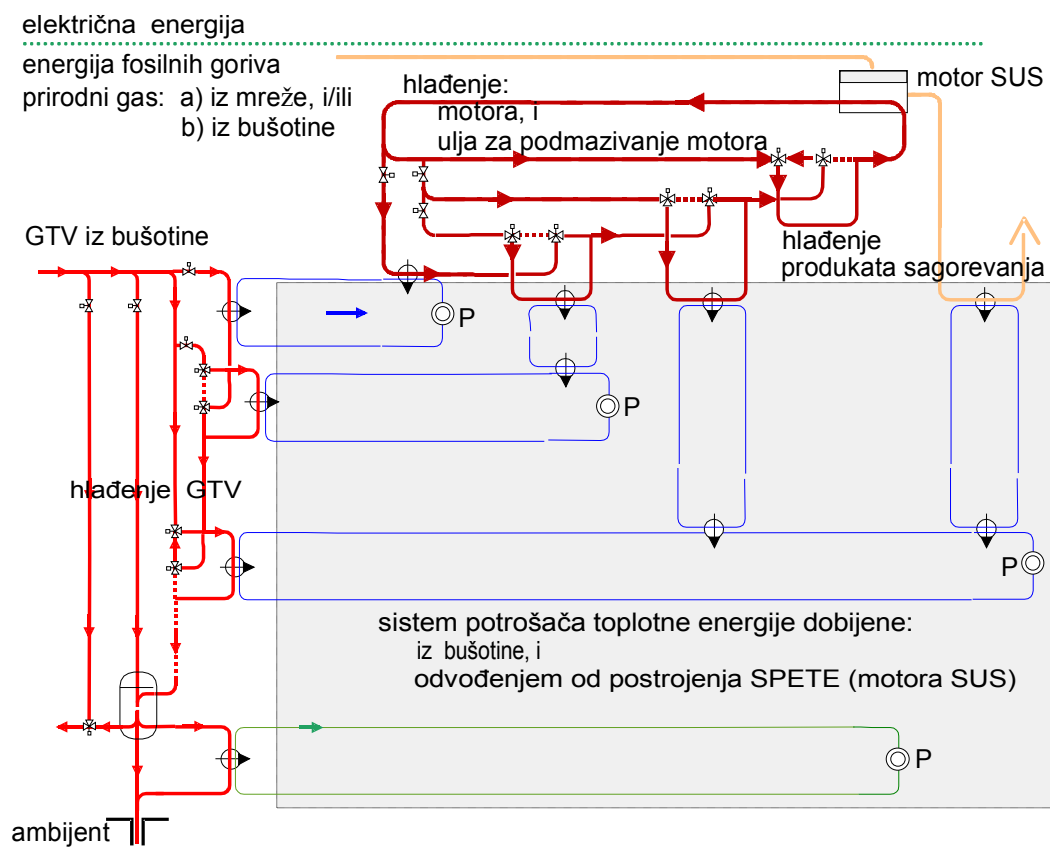
Nakon otplate instalacije, tokom regularne eksploatacije biće:

$$\frac{R}{P} = \frac{20 \times 0.6 \times 6,200 + (20 \times 2.5 \times 6,200 + 0.1 \times (1,000 \times 1 \times 750))}{(55 \times 1 \times 6,200 + 20 \times 1.5 \times 6,200) + 20 \times 0.6 \times 6,200} = .$$

4.2.5 Preporučena šema integrisanja postrojenja SPETE u eksploataciji potencijala GTV

Za tehnoekonomsku analizu preporučuje razrada šeme na slici 22.

Pod uslovom da se razumnim rokom proste otplate postrojenja može smatrati 6 do 8 godina, dijagram na slici 19 pokazuje da se, za očekivane toplotne snage GTV, može računati sa postrojenjima SPETE mehaničkih snaga do max 5 MW. Takve snage, prema dijagramu na slici 18, mogu biti ostvarene motorima SUS. S druge strane, sa ovakvim snagama postrojenja SPETE, najbolji odnos R/P imaju varijante sa velikim snagama GTV, a najgori (mada prihvatljiv) imaju one sa malim snagama GTV, nižim od oko 0.3 MW (vidi sliku 20, ili 21).



Slika 22: Proizvodnja mehaničke energije (ili struje) i toplote (kogeneracija) sa gasnim motorom uz podršku potencijala (toplotne energije) GTV

Varijante sa prostim rokom otplate od 4 do 6 godina, prema slici 19 i 20 dopuštaju alternativu: osim motora SUS, moguć je i izbor kombinovanog postrojenja SPETE. Snage kombinovanih postrojenja bi, međutim, višestruko prevazilazile snagu GTV iz bušotine, te bi za instalaciju (energetski dominantnog kombinovanog postrojenja SPETE) trebalo naći daleko bolji razlog od ideje "podrške" toplotnim potencijalima GTV. Još bolji razlog bi trebalo naći za skuplju varijantu kombinovanog postrojenja SPETE - sa eksternim sagorevanjem eventualno biomase, uglja i slično¹³. Nije isključeno da se boljom analizom podataka, slika 19, 20 i 21, nađu pojedinačni slučajevi sa povoljnim, i najboljim, rokovima otplate i odnosom R/P. Načelno se pak, iz spomenutih razloga, za dalju analizu ovde preporučuje varijanta sa:

13 kada se ima u vidu da su bušotine uglavnom dislocirane od dobrih komunikacija za snabdevanje, kao i na potrebu uskladištavanja rasutih goriva na mestima eksploatacije potencijala GTV.

- motorom SUS, kao postrojenjem SPETE i
- prirodnim gasom (pre svega iz distributivne mreže, i/ili bušotine - ako ga ima) kao gorivom za motor SUS.

Čak i sasvim praktični razlozi u vezi nabavke, montaže, eksploatacije i održavanja ovakvog rešenja (sa kompaktnim postrojenjem SPETE, tj. motorom SUS) opravdavaju njegov izbor u odnosu na druge mogućnosti. Stoga se za tehnoeкономsku analizu preporučuje razrada šeme na slici 22.

4.3 PRIPREMA ENERGIJE ZA HLAĐENJE OBJEKATA

Hlađenje objekata podrazumeva održavanje njihove temperature ispod temperature (trenutnog) ambijenta. U suprotnom, objekat bi bio u termodinamičkoj ravnoteži sa (trenutnim) ambijentom - imao bi temperaturu ambijenta.

Održavanja termodinamičke neravnoteže (ovde hlađenje) tehnički se (i, pre svega konvencionalno) realizuje instalacijom rashladnih mašina (RM) koje funkcionišu po tzv. levokretnim kružnim procesima. Zavisno od izbora rashladne mašine, odgovarajući kružni proces podrazumeva, termodinamički gledano, raspolaganje mehaničkom energijom, ili toplotnom energijom na potencijalu višem od potencijala ambijenta.

Spomenuta potreba za mehaničkom i/ili toplotnom energijom zadovoljava se tradicionalno korišćenjem konvencionalnih potencijala u resursima fosilnih goriva: većina ostvarenih rešenja zasnovana je na ovakvim resursima. Pokazano je, međutim da i GTV jesu neki resursi, kako sa stanovišta raspoložive toplotne energije, tako i sa stanovišta potencijala mehaničke energije u odnosu na okruženje. U tom smislu, između konvencionalnih resursa, uslovno rečeno, i resursa GTV nema razlike - mogu se razmatrati kao potencijalno simultano mogući resursi.

U ovoj tački zahteva se razmatranje problema hlađenja objekata. Saglasno ranije postavljenoj strategiji računa se na mogućnost istovremenog (simultanog) korišćenja svih mogućih potencijala u odnosu na okruženje, a u cilju realizacije levokretnih procesa. Ipak, centralno mesto uzima korišćenje potencijala GTV, a ostale mogućnosti se uključuju samo u smislu uspešnije eksploatacije resursa GTV. I ova problematika će biti razmatrana sa nekoliko aspekata:

- termodinamičkog, predlogom različitih ekvivalentnih mogućnosti,
- praktične realizacije mogućih izbora, na datom nivou saznanja i poznatih tehnologija,
- kvalifikacije tehnički mogućih rešenja na bazi zakonskih regulativa, normativa, "Kyoto" i drugih deklaracija u vezi zaštite životne sredine, i konačno
- vrednovanje prethodno selektovanih kandidata sa različitih ekonomskih aspekata: isplativosti, profitabilnosti i srodnih kriterijuma.

I ovde će biti prikazana razmatranja u vezi sa prve dve tačke, a delemično u vezi treće. Zadnja tačka, tehno-ekonomska analiza ostavlja se za posebno poglavlje komparativne analize: ovde će biti naglašena samo globalni osvrt u vezi izbora potencijalnih varijanti.

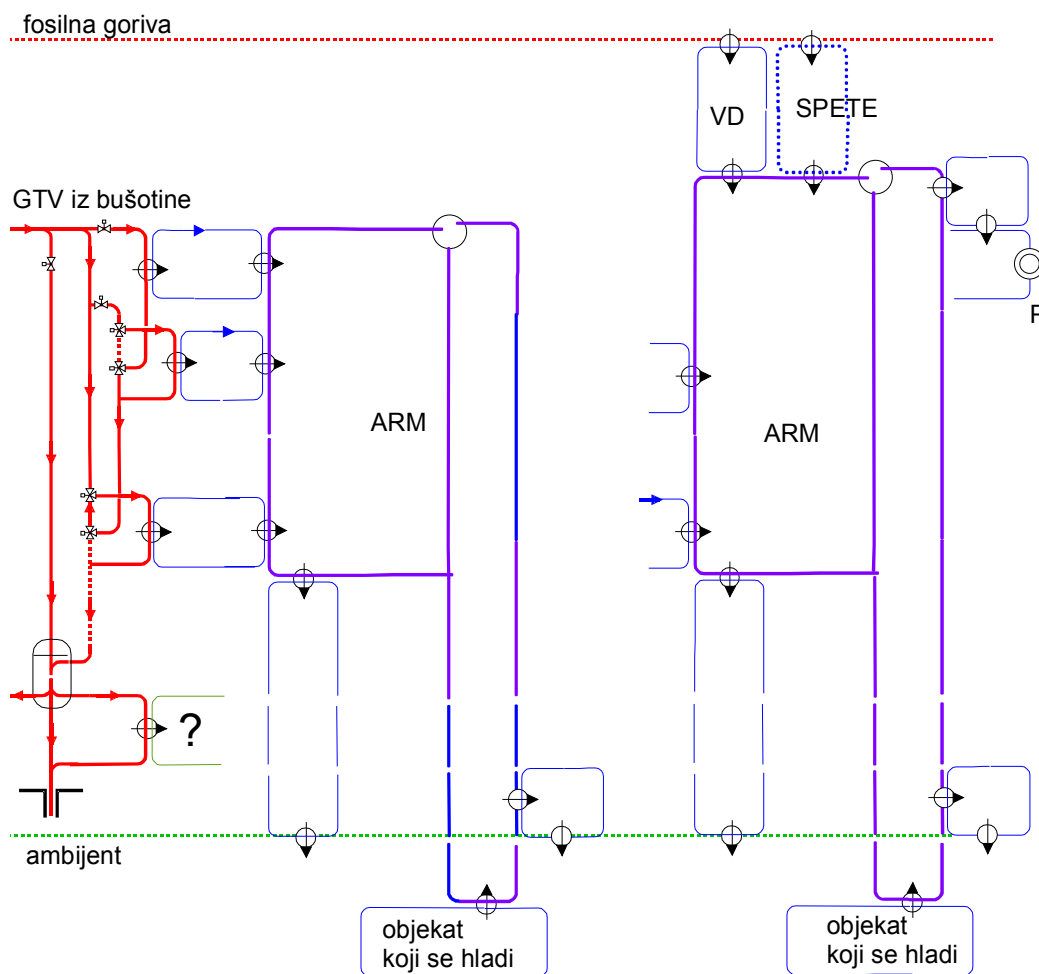
4.3.1 Strukturne realizacije termodinamičkih mogućnosti

U okviru studije Nacionalnog programa energetske efikasnosti [2], ukazano je da hlađenje objekata korišćenjem samo potencijala GTV (kao hladjenja PF) može biti realizovano jedino

instalacijom *apsorpcionih rashladnih mašina*. Pošto je već u uvodu početni uslov relaksiran, u smislu da su dopustivi i svi konvencionalni resursi energije (a ne samo energije GTV), ovde će biti naznačena većina mogućih kombinacija u datom kontekstu. To znači da će se imati u vidu instalisanje kako apsorpcionih rashladnih mašina (ARM), tako i kompresionih rashladnih mašina (KRM).

Apsorpcione rashladne mašine (ARM)

Levokretni kružni proces ARM ostvaruje se dovođenjem toplote radnom fluidu na dva različita nivoa: višem nivou, koji odgovara nivou dovođenja toplote za "pogon" mašine, i nižem nivou, koji odgovara nivou hlađenja - odvođenja toplote od objekta koji se hladi. Toplota od kružnog procesa, pak, odvodi se na nekom nivou između dva prethodno naznačena, ali ne nižem od nivoa ambijenta.



Slika 23: Apsorpcione rashladne mašine (ARM) u pripremi energije za hlađenje objekata: levo - isključivo korišćenjem toplote GTV, desno - kombinovanim grejanjem sa GTV i dodatnim toplotnim izvorom

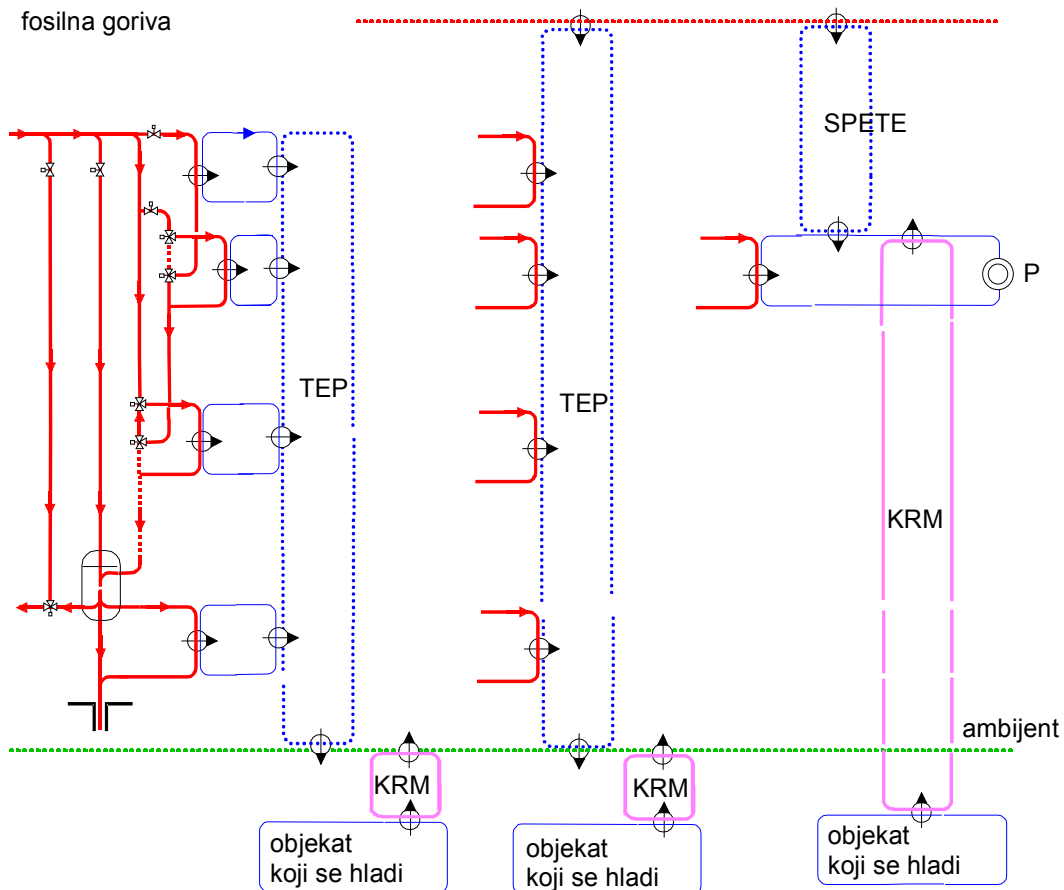
Šema levo pokazuje korišćenje toplote GTV za isključivo zagrevanje i isparavanje radnog fluida (tzv. rashladnog sredstva ovde rastvora), a odvođenje toplote je prema ambijentu.

Šema desno pokazuje samo delemično (ili potpuno) korišćenje toplote GTV za predgrevanje rastvora, a dominantna toplota za isparavanje potiče od spoljnog izvora. Izvor toplote može da bude fosilno gorivo (u vršnom dogrejaču VD), što termodinamički nije preporučljivo (znak ? na šemi), ali i toplota iz postrojenja SPETE, na primer. Temperaturni nivo dovođenja toplote (isparavanja rastvora) sada može biti proizvoljno visok, te hlađenje rastvora nakon

isparivača može da se obavi na takođe višem nivou (u odnosu na ambijent), što daje mogućnost sprežanja sa odgovarajućim potrošačem (P na šemi - npr. topla potrošna voda). Potpuno hlađenje rastvora nakon isparivača uvek može da se obavi odvođenjem toplote u ambijent.

Kompresione rashladne mašine (KRM)

Levokretni kružni proces KRM ostvaruje se dovođenjem mehaničke snage radnom fluidu, snage za pogon mašine, i toplote na niskom nivou, koji odgovara nivou hlađenja - odvođenja toplote od objekta koji se hladi. Toplota od kružnog procesa, pak, odvodi se na nivou jednakom ili višem od nivoa ambijenta. Slika 24 prikazuje realizacije sa KRM.



Slika 24: Kompresiona rashladna mašina (KRM) u pripremi energije za hlađenje objekata

Potrebna mehanička energija za pogon KRM prema šemi levo dobija se isključivo korišćenjem potencijala GTV, tako što se instalise termo-energetsko postrojenje (TEP).

Skice u sredini i desno podrazumevaju i dopunske izvore energije, osim energije GTV. Pri tome, srednje rešenje takođe potpuno koristi energiju GTV za predgrevanje radnog fluida u TEP (koje bi svakako trebalo da bude bar dualnog tipa).

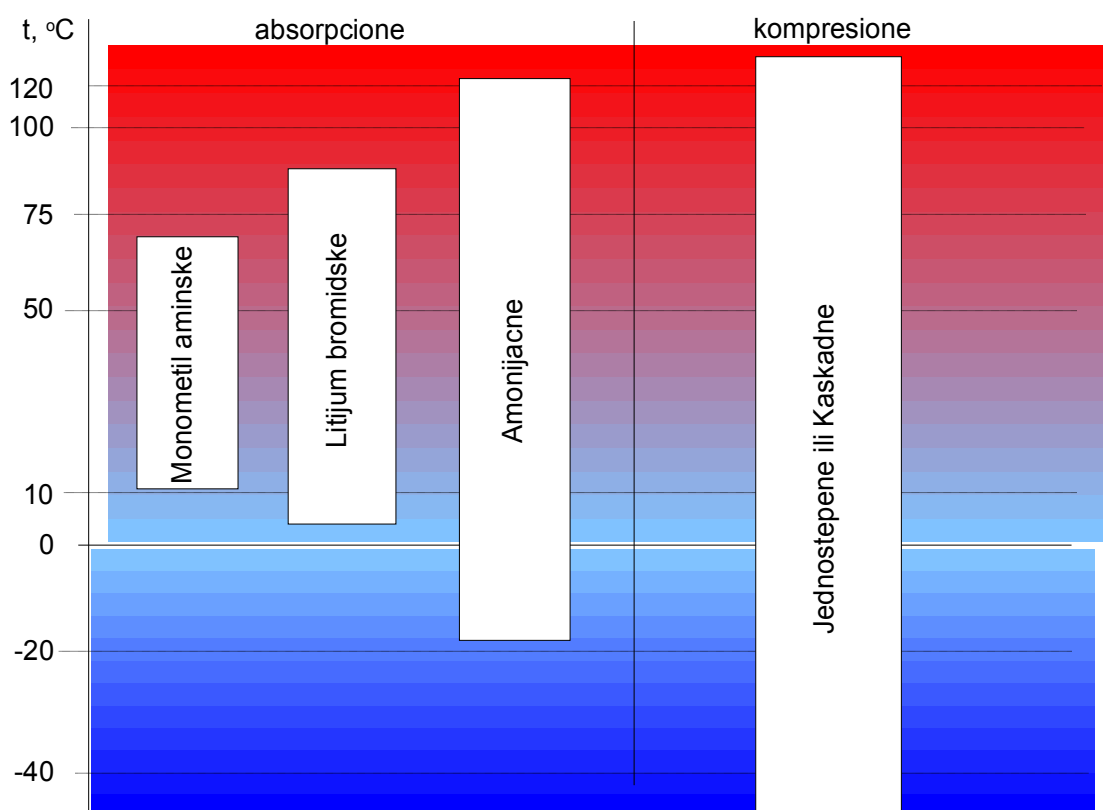
Skica desno prikazuje instalaciju SPETE postrojenja i, osim toga, kondenzator KRM na višem temperturnom nivou u odnosu na ambijent. Toplota GTV nije iskorišćena za potrebe hlađenja objekata. Rešenje je očigledno prihvatljivo samo ako postoji potrošač toplotne energije na odgovarajućem nivou (P na skici - npr. priprema tople potrošne vode).

Može da se iznese još mnogo teorijski mogućih varijanti, no većina njih nije ovde od posebnog interesa. Na datim šemama nije eksplicitno nagoveštena ni KRM sa pogonskom energijom iz komercijalne električne mreže (kada potencijali GTV nisu u funkciji hlađenja objekata), međutim i ona će biti naznačena u okviru komparativnih analiza različitih mogućnosti.

4.3.2 Praktične realizacije levokretnih kružnih procesa

Tehnika poznaje dve *dominantne* konvencionalne mogućnosti realizacija levokretnih kružnih procesa, i to su:

- apsorpcione rashladne mašine (ARM), sa (uglavnom) binarnim mešavinama kao radnim fluidima (tzv. rashladnim sredstvima) i
- parne kompresione rashladne mašine (KRM), sa različitim i bogatim asortimanom radnih fluida (rashladnih sredstava).



Slika 25: Radni opsezi temperatura levokretnih kružnih procesa zavisno od radnog (rashladnog) fluida

Izbor neke od ovih realizacija zavisi od operativnog opsega, između najviše i najniže temperature kružnog procesa, koji je dopustiv za konkretno izabrano rashladno sredstvo. Kratak uvid u različite varijante za temperaturne opsege koji se očekuju u našim uslovima, i za najčešće radne fluide, prikazan je na slici 25. Opet u najkraćem i najnužnijem obliku iznose se i osnovna tehnička obeležja naznačenih mogućnosti¹⁴:

Levokretni procesi sa apsorpcionim mašinama – opsezi, realizacije i svojstva

Apsorpcione rashladne mašine (ARM) funkcionišu zahvaljujući isparavanju i kondenzaciji rastvora (obično binarnog) na različitim pritiscima i temperaturama. Obavezni elementi agregata su cirkulaciona pumpa (CIP), bar dva (odnosno tri) toplotna razmenjivača - isparivač (ISP), konenzator (KON) i hladnjak apsorbera (HAP) ako nije integrisan sa apsorberom, zatim "kotao" (KOT), apsorber (APS) i dva prigušna ventila (PRV).

U tzv. "kotlu" obavlja se kontinualna destilacija, i često se, radi poboljšanja razdvajanja, "kotao" zamenjuje malom kolonom za destilaciju - tzv. destiler (DST). Potrebna energija za ARM, ovde toplota, dovodi se iza CIP, ispred APS, a dominantno u KOT (ili DST). Dovođenje toplote u ISP je na nižem nivou (pritisku i temperaturi), i to je zapravo toplota hlađenja (objekta, prostora ili sekundarnog fluida). Potrošnja električne energije za pogon CIP je praktično zanemariva u odnosu na potrošnju toplote u DST, ili u odnosu na snagu hlađenja (dovedenu u IRM).

Sva toplota dovedena radnom fluidu ARM, tačnije najmanje toliko toplote, mora biti odvedena od radnog fluida hlađenjem preko KON i HAP. Ovo hlađenje može da se obavlja zagrevanjem nekog sekundarnog fluida. Obično je to voda u varijanti sa rashladnim tornjevima - pod uslovom da temperatura vode nigde ne bude niža od 0°C (ograničenje za hlađenje iznad tačke smrzavanja vode). Češća je varijanta sa tzv. suvim, odnosno vazдушnim hlađenjem.

Izbor radnog fluida (mešavine koja cirkuliše) zavisi bitno od moguće temperature u DST, kao i zahtevane temperature u ISP mašine. Saglasno tome, radni fluid (tzv. rashladno sredstvo) može biti vodeni rastvor litijum bromida ili amonijaka, ili drugo specijalno izabrano sredstvo [23] u režimu cirkulacije podešenom tako da se ostvare zahtevane temperaturne razlike dovođenja toplote na različitim nivoima.

Za hlađenje iznad 0°C dominantno su u upotrebi jednokaskadne jedinice sa vodenim rastvorom litijum bromida (kao radnim medijumom). Smatra se da se prihvatljive performanse postižu kada temperature isparavanja u DST nisu niže od 80°C. Najviše se koriste za pripremu hladne vode za različite potrebe i u različitim procesima. Rashladni kapaciteti mogu biti od 5 kW pa do 3,500 kW.

Za hlađenje prostora ispod temperature mržnjenja vode (hladnjače), mogu da se koriste agregati sa amonijačnim rastvorima. Obično je tada reč o instalacijama velikih rashladnih kapaciteta. Za praktično prihvatljive performanse kod niskih temperatura hlađenja (oko -15°C), smatra se da temperatura isparavanja u DST mora biti bar 120°C ili viša [24].

U vezi sa izborom radnog fluida za naše očekivane primene, zanimljiva su neka iskustva u razvoju rashladnih mašina kod korišćenja solarne energije [25]. Konkretno, izbor vodenog rastvora monometilamina kao rashladnog sredstva (umesto amonijačnog rastvora), sa relativno niskim pritiskom isparavanja na temperaturama u opsegu (60-80) °C. Takva temperatura u DST sugeriše da je moguće koristiti niskoentalpijske izvore energije, kao što je upravo energija GTV (ali i energija eventualno raspoloživog gasa, solarna energija, ili industrijska otpadna toplota). Istovremeno, agregati sa ovim rastvorom imaju dobre performanse sa umerenim temperaturama kondenzacije i absorpcije, 25°C do 35°C u HAP, sa temperaturama u ISP (odnosno hlađenog prostora) od -10 °C do +10 °C, što je vrlo povoljno za hlađenje prostora (naprimer za čuvanje namirnica) i eventualno pripremu vazduha.

Levokreni procesi sa kompresionim mašinama – opsezi, realizacije i svojstva

Potrošnja mehaničke energije u odnosu na primljenu ili odatu toplotu nije zanemariva kod kompresionih rashladnih mašina (KRM). Mora biti podmirena energijom iz električne mreže, ili na ma koji drugi način¹⁵.

Kompresione rashladne mašine (KRM) funkcionišu zahvaljujući isparavanju i kondenzaciji "običnog" fluida na različitim pritiscima i temperaturama. Obavezni elementi agregata su kompresor (KMP), bar dva toplotna razmenjivača - isparivač (ISP), konenzator (KON), i prigušni ventil (PRV).

Potrebna energija za KRM, ovde mehanička, dovodi se za gonjenje KMP. Dovođenje toplote u ISP je na nižem nivou (pritisku i temperaturi), i to je zapravo toplota hlađenja objekta (prostora ili sekundarnog fluida). Potrošnja energije za pogon KMP nije zanemariva u odnosu na snagu hlađenja (dovedenu u ISP). Odvođenje toplote od KRM obavlja se na višem temperaturnom nivou, preko KON rashladne mašine.

Sva energija (toplotna i mehanička) dovedena radnom fluidu KRM, tačnije najmanje toliko toplote, mora biti odvedena od radnog fluida hlađenjem preko KON. Ovo hlađenje može da se obavlja na način već opisan kod ARM.

Izbor radnog fluida KRM takođe zavisi od temperature u KON i zahtevane temperature u ISP rashladne mašine. Međutim, zaista veliki asortiman raspoloživih tzv. rashladnih sredstava, kao i mogućnost instalacije višekaskadnih agregata, kod kojih svaka kaskada operiše u različitim režimima, daje mogućnost da se ostvare vrlo velike temperaturne razlike dovođenja i odvođenja toplote na različitim nivoima. Izvesna ograničenja, koja svakako postoje, nisu od interesa u kontekstu našeg razmatranja.

4.3.3 Hlađenje objekata i zaštita životne sredine

U vezi instalacije i eksploatacije rashladnih mašina, a sa stanovišta zaštite okruženja, trebalo bi da se imaju u vidu tri aspekta:

- eventualne posledice izbora konkretnog radnog fluida rashladne mašine,
 - problemi eksploatacije izvora energije, pre svega izvora toplotne energije za pogon ARM, i
 - posledice odvođenja toplote od kružnog procesa, kada se ona odvodi u ambijent.
- a) U vezi izbora radnog fluida i opasnosti po okruženje, ukratko se može naznačiti sledeće:
- radni fluidi na bazi hlor-vodonik-ugljenika, i tzv. "izo" fluidi se ne smeju koristiti u uslovima kada mogu da isure, pošto ozbiljno utiču na ozonski omotač atmosfere,
 - amonijak ima paru relativno visokog pritiska (oko 2 MPa na 50°C), pare mogu da isure. Amonijačne pare su opasne jer su toksične. Amonijak pospešuje koroziju bakra, i ne sme se primeniti u toplotnim aparatima sa tehnologijom tvrdog lemljenja,
- Opasnosti koje su naznačene mogu, na sreću da se svedu na niži stepen time što:
- postoji alternativni izbor, ili što

¹⁵ Ako može da se računa na ozbiljne, ili bar potrebne količine gasa iz bušotine, optimalno rešenje bilo bi instalisanje gasnog motora - bar za interne potrebe agregata.

- mogu da se predvide dopunske mere sigurnosti,

Nije međutim isključeno, nažalost, da neke od ovakvih mera učine instalaciju sasvim neprihvatljivom sa stanovišta rentabilne eksploatacije. Mogućnosti se očigledno opet sužavaju.

- b) U vezi sa drugim problemom, izbora energije za ARM (pre svega) sa stanovišta opasnosti po okruženje:

- toplota se dovodi hlađenjem GTV ili
- toplota se dovodi sagorevanjem fosilnih goriva.

Prvi problem je detaljno razmatran u okviru tacke 4.1.3 (eksploatacija i odlaganje GTV sa stanovišta zaštite okruženja). Sto se tiče drugog, sasvim ukratko:

Ako se koriste fosilna goriva, tada SO_x, NO_x, CO_x u produktima sagorevanja ne mogu da se izbegnu. S druge strane, njihova koncentracija u ambijentu je ograničena zakonskim normativima i drugim preporukama. Potreba za svođenjem koncentracija ovih komponenata na izlazu postrojenja na dopušteni nivo može, takođe, biti ograničenje kod izbora varijante.

- c) U vezi sa posledicama odvođenja toplote od kružnog procesa, u uslovima kada se ona odvodi u ambijent

Jedna od posledica instalacije rahladnih postrojenja može biti odvođenje toplote u okruženje, ambijent, što teorijski izaziva njegovo zagrevanje - rast temperature. Očekivane posledice ovakvog tipa su, međutim, sasvim beznačajne u kontekstu našeg razmatranja.

4.3.4 Smernice za tehnoekonomsku analizu

Očigledno je sada da se izbor neke polazne teorijske varijante (slike 23, i 24) sužava mogućnostima tehničkih realizacija, a dalje i zahtevima zaštite okruženja. Preostale varijante treba još da se provere po osnovi tehnoekonomskih kriterijumima.

I u okviru tehno-ekonomskih razmatranja mogu se, i moraju, razmotriti opet različite varijante. One su naznačene tabelom 16.

Treba imati u vidu da zahtevana temperatura hlađenja objekata može da bude kako iznad, tako i ispod 0°C, u svim varijantama prema tabeli 16. U vezi s tim ističe se nekoliko zapazanja.

Hlađenje objekata ispod 0°C (hladnjače), korišćenjem potencijala GTV ne nalazimo u dostupnoj literaturi, čak ni kao ilustracije potencijalnih mogućnosti. Štaviše, nema ni sistematizovanih podataka o cenama postrojenja ovakvih namena, te nije moguća globalna analiza u širokom opsegu promena režima (rashladne snage, i slično) - što je osnovna zamisao u okviru ove tačke. Pokušaj da se napravi analiza zahtevao bi detaljisanje na nivou dekompozicije samih postrojenja, a to ipak pripada celini koja se specijalno odnosi na detaljnu analizu odabranih varijanti (tačka 5 ove studije). Sasvim je drugačije sa hlađenjem objekata iznad 0°C.

Tabela 16: Moguće kombinacije integrisanja instalacije rashladnih mašina u uslovima korišćenja potencijala GTV kod hlađenja objekata

OPCIJA		RASHOD (TROŠKOVI)		PRIHOD	VARIJANTA
ARM	Pot. GTV	Bušotina u vlasništvu	Otplaćuje se: bušotina + ARM	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	A
				Prodaja: toplota hlađenja	B
		Bušotina nije u vlasništvu	Kupuje se: toplota GTV. otplaćuje se: ARM	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	C
				Prodaja: toplota hlađenja	D
	Pot. GTV + npr. SPETE/ ¹⁶	Bušotina u vlasništvu	Otplaćuje se: bušotina + ARM+SPETE	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	E
				Prodaja: toplota hlađenja	F
		Bušotina nije u vlasništvu	Kupuje se: toplota GTV. otplaćuje se: ARM+SPETE	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	G
				Prodaja: toplota hlađenja	H
KRM	Pot. GTV	Bušotina u vlasništvu	Otplaćuje se: bušotina + KRM+TEP	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	I
				Prodaja: toplota hlađenja	J
		Bušotina nije u vlasništvu	Kupuje se: toplota GTV. otplaćuje se: KRM+TEP	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	K
				Prodaja: toplota hlađenja	L
	Pot. GTV + npr. SPETE/ ¹⁷	Bušotina u vlasništvu	Otplaćuje se: bušotina + KRM+SPETE	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	M
				Prodaja: toplota hlađenja	N
		Bušotina nije u vlasništvu	Kupuje se: toplota GTV. otplaćuje se: KRM+SPETE	Prodaja: toplota hlađenja + toplota kondenzacije	O
				Prodaja: toplota hlađenja	P

16 Dovođenje toplote za pogon ARM može da se organizuje na više načina. Jedna mogućnost je da se sav potencijal GTV koristi za grejanje rashladne mešavine, a za isparavanje dominantno toplota iz SPETE. Umesto SPETE, moguće je sagorevanje goriva u vršnom dogrejaču, ali nije preporučljivo - mada je sigurno jeftinije.

17 Ovo je jedna mogućnost dobijanja mehaničke snage za pogon KRM: sav potencijal GTV koristi se za grejanje radnog fluida u SPETE, snaga iz SPETE za pogon KRM, ali toplota iz SPETE je neupotrebljiva - ili je istog nivoa kao i ona iz kondenzatora KRM. Druga mogućnost je bez postrojenja SPETE: za pogon KRM koristi se električna struja, iz mreže, ali sada je toplota GTV neupotrebljena - ili je raspoloživa na istom nivoa kao i toplota iz kondenzatora KRM.

Hlađenje objekata iznad 0°C korišćenjem isključivo potencijala (toplote) GTV

Dominantno toplotni potencijal GTV predaje se korisnicima na prosečnoj temperaturi t_g , °C, a ona je funkcija temperature GTV na izlazu bušotine i temperature GTV nakon hlađenja. Saglasno podacima u tabelama 11, 12 i 13, odgovarajuće prosečne temperature daju se ovde tabelom 17.

Tabela 17: Prosečna temperatura, t_g °C, dovođenja toplote za "pogon" rashladne mašine, za bušotine naznačenih opsega protoka i temperatura GTV

$t_o = +15^\circ\text{C}$		Opseg ulazne temperature GTV iz bušotine, °C												
		20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85
Opseg protoka GTV, l/s	0-2													
	2-4			23.6	26.1	28.6						42.8		
	4-6		21.2	23.6			30.8	33.4	35.7		40.4			
	6-8				26.1	28.6	30.8							
	8-10				26.1		30.8							
	10-12				26.1		30.8		35.7					
	12-14							33.4	35.7					
	14-16		21.2				30.8	33.4	35.7					
	16-18	18.8					30.8							47.7
	18-20												45.2	
	20-42													
	42-44							33.4						

Tabela 17 je napravljena prema formuli (Prilog 2, Dodatak 1)

$$T_g = \frac{T_o}{1 - \eta} = \frac{273.15 + t_o}{1 - \eta} = \frac{273.15 + 15}{1 - \eta}, \quad T_g, T_o \text{ [K]},$$

gde je η - najveći termodinamički stepen iskorišćenja toplote GTV, za odgovarajući opseg temperatura i protoka - tabela 13.

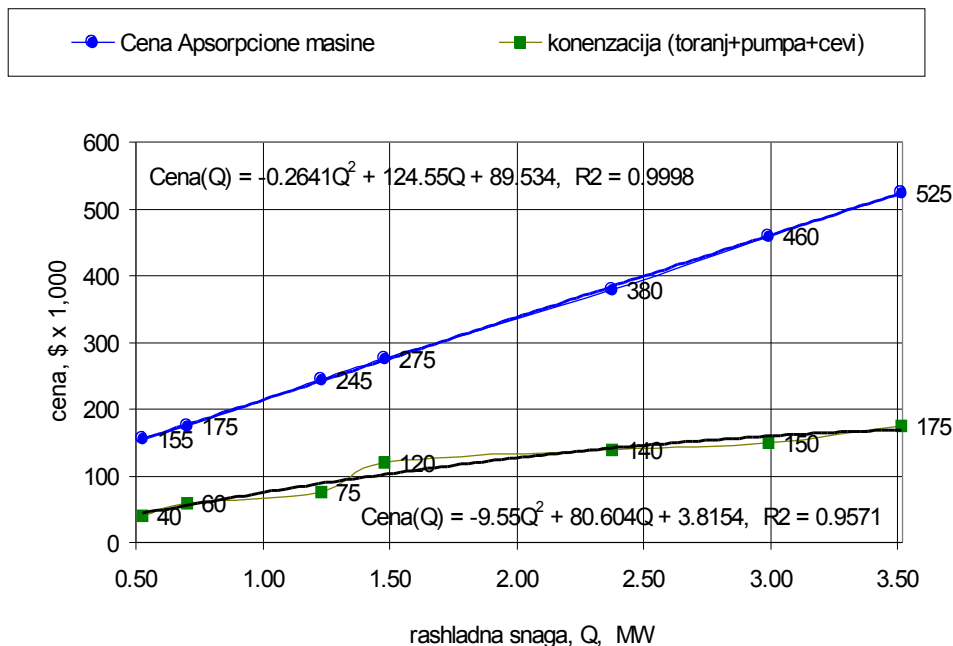
U slučaju hlađenja putem ARM, temperatura t_g je i prosečna temperatura predaje "pogonske" toplote neposredno rashladnoj mašini. U varijantama sa primenom KRM, to je takođe prosečna temperatura predaje toplote ali tek posredniku, termoenergetskom postrojenju (TEP), ili postojenju SPETE (odnosno desnokretnom kružnom procesu), koje onda proizvedenu mehaničku snagu predaje KRM.

Apsorpciona rashladna mašina (ARM) - litijum bromidska

U tehnoekonomskim razmatranjima svih varijanti prema tabeli 16 imaće se u vidu cene postrojenja date orijentacionim podacima, [23], [24], na slici 26.

Za slučajeve A i C prema tabeli 16, razmotriće se odnosi cena rashladne snage, c_h , c€/kWh i cena toplote kondenzacije $c_k = c_q$, c€/kWh, za bušotine iste prosečne temperature predaje toplote prema tabeli 17. Taj odnos cena procenjuje se prema dva uslova: da je vreme proste otplate instalacije najviše 7 godina, i da je nakon otplate odnos $R/P = \text{Rashod}/\text{Prihod}$ manji od 1. Konkretno, za

$t_h = 5^\circ\text{C}$, temperatura u isparivaču ARM (približno temperatura hlađenog objekta),
 $t_o = 15^\circ\text{C}$, temperatura ambijenta (okoline),



Slika 26: Cena apsorpcionog rashladnog postrojenja (Litijum bromidske ARM) i odgovarajuće opreme za hlađenje kondenzatora, u funkciji rashladne snage [23], [24]

$t_g = 33.4^\circ\text{C}$, prosečna temperatura dovođenja toplote za pogon ARM,
 $t_k = 30^\circ\text{C}$. temperatura kondenzacije za ARM,

Ima se u vidu da kod ARM mora biti $t_o \leq t_k < t_g$. Troškovi održavanja ARM se procenjuju kao

$$TO_{\text{ARM}} = 0.1 \times C_{\text{ARM}},$$

gde je C_{ARM} vrednost investicija za postrojenje ARM,

$$C_{\text{ARM}} = C_{\text{ARM}}(Q_h) = C_M(Q_h) + C_O(Q_h),$$

gde su $C_M(Q_h)$ i $C_O(Q_h)$, cene mašine i rashladne opreme za kondenzator, respektivno, u funkciji rashladne snage Q_h (Q , na slici 26).

Za bušotinu će se računati sa cenom $C_{\text{BUS}} = 950,000$ €. Konačno, smatraće se da je godišnja eksploatacija postrojenja takva da važi $\tau_h = \tau_k = \tau_q = 6,200$ h/a, a računace se da je cena prodaje toplote kondenzacije jednaka komercijalnoj ceni prirodnog gasa od $c_q = 20$ €/MWh (2 c€/kWh).

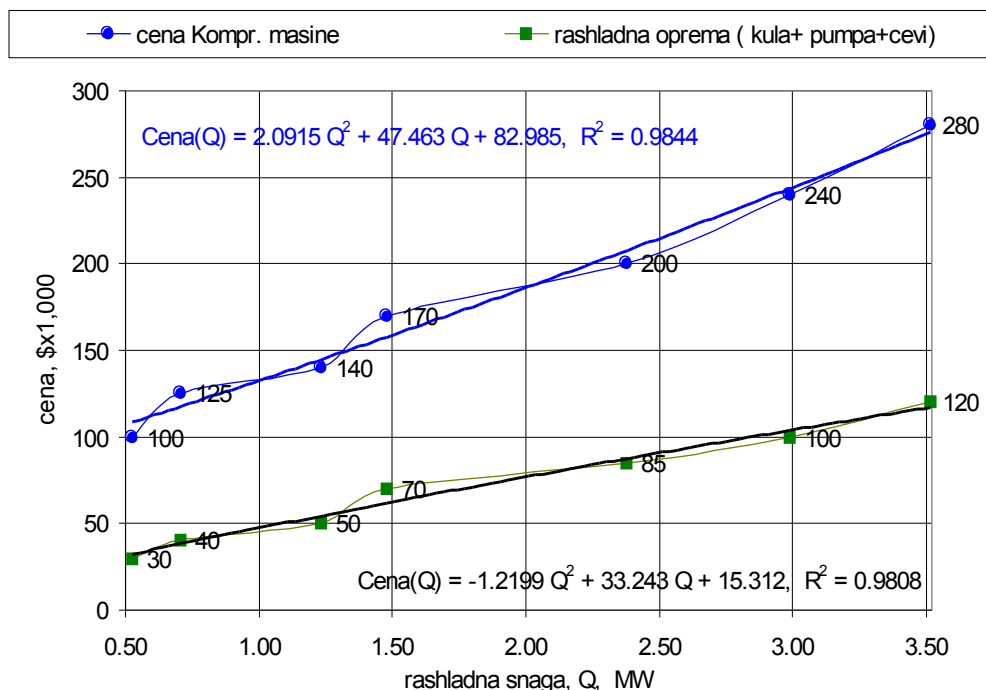
Detalji proračuna daju se u Prilogu 2, Dodatak 4. U tabeli 18 dat je samo pregled rezultata. Svi negativni odnosi, $c_h/c_q < 0$, u tabeli 18 odgovaraju situacijama kada se čak bez ikakve naplate hlađenja ($c_h = 0$), instalacija može (prema uslovu proste otplate) otplatiti za najviše 7 godina, kao i da se nakon otplate može ostvarivati dobit ($R/P = \text{Rashod}/\text{Prihod} < 1$).

Tabela 18: Odnos cena snage hlađenja, c_h c€/kWh, i cene toplote kondenzacije, $c_k = c_q$ c€/kWh, za litijum bromidsku ARM (za uslove u zaglavlju tabele)

$t_h = 5^\circ\text{C}$, $t_o = 15^\circ\text{C}$, $c_k = c_q = 2$ c€/kWh	prodaje se toplota kondenzacije na $t_k = 30^\circ\text{C}$		toplota kondenzacije se ne prodaje: kondenzacija prema ambijentu - $t_k = t_o = 15^\circ\text{C}$	
	tokom otplate za najviše 7 god.	nakon otplate	tokom otplate za najviše 7 god.	nakon otplate
Tabela 16, varijante A i B: bušotina je u vlasništvu, otplaćuje se	$\frac{c_h}{c_q} \geq -3.94$	$\frac{c_h}{c_q} > -8.58$	$\frac{c_h}{c_q} \geq 0.63$	$\frac{c_h}{c_q} > 0.14$
Tabela 16, varijante C i D: bušotina nije u vlasništvu: kupuje se toplota GTV	$\frac{c_h}{c_q} \geq 0.32$	$\frac{c_h}{c_q} > -0.45$	$\frac{c_h}{c_q} \geq 0.94$	$\frac{c_h}{c_q} > 0.74$

Kompresiona rashladna mašina (KRM)

Cene postrojenja sa KRM date su orijentacionim podacima, [23], [24], na slici 27.



Slika 27: Cena kompresionog rashladnog postrojenja i odgovarajuće opreme za hlađenje kondenzatora u funkciji rashladne snage [23], [24]

Pod istim uslovima potencijala GTV, temperature hlađenja objekata, i pod istim uslovima distribucije toplote kondenzacije KRM kao u prethodnom primeru za ARM, dolazi se do odnosa datih u tabeli 19 (detalji proračuna dati su takođe u Prilogu 2, Dodatak 4).

Odnosi cena su drugačiji i nepovoljniji nego odnosi kod ARM. Ovde je primetan žestok uticaj investicije u termoenergetsko postrojenje (TEP), odnosno postrojenje SPETE, kao posrednika između GTV i kompresione rashladne mašine ("pretvarača" toplote GTV u mehaničku snagu za KRM).

Tabela 19: Odnos cena snage hlađenja, c_h c€/kWh, i cene toplote kondenzacije, $c_k = c_q$ c€/kWh, za KRM (za uslove u zaglavlju tabele)

$t_h = 5^\circ\text{C}$, $t_o = 15^\circ\text{C}$, $c_k = c_q = 2$ c€/kWh	Prodaje se toplota kondenzacije na $t_k = 30^\circ\text{C}$		Toplota kondenzacije se ne prodaje: kondenzacija prema ambijentu - $t_k = t_o = 15^\circ\text{C}$	
	Tokom otplate za najviše 7 god.	Nakon otplate	Tokom otplate za najviše 7 god.	Nakon otplate
Tabela 16, varijante I, J: bušotina je u vlasništvu, otplaćuje se bušotina i TEP	$\frac{c_h}{c_q} \geq 0.54$	$\frac{c_h}{c_q} > -0.71$	$\frac{c_h}{c_q} \geq 0.75$	$\frac{c_h}{c_q} > 0.19$
Tabela 16, varijante K, L: bušotina nije u vlasništvu: toplota GTV se kupuje + TEP	$\frac{c_h}{c_q} \geq 1.34$	$\frac{c_h}{c_q} > 0.77$	$\frac{c_h}{c_q} \geq 1.06$	$\frac{c_h}{c_q} > 0.78$

Uticaj investicija i održavanja TEP, ili postrojenja SPETE, u sprezi između potencijala GTV i KRM se vidi poređenjem odnosa u Tabeli 19 i 20. Tabela 20 je procena odnosa cena kada TEP nije instalirano, već se mehanička energija za pogon KRM uzima iz električne mreže po komercijalnoj ceni struje od 55 €/MWh (5.5 c€/kWh).

Tabela 20: Odnos cena snage hlađenja, c_h c€/kWh, i cene toplote kondenzacije, $c_k = c_q$, c€/kWh, za KRM sa pogonskom energijom iz komercijalne električne mreže

$t_h = 5^\circ\text{C}$, $t_o = 15^\circ\text{C}$, $c_k = c_q = 2$ c€/kWh, $c_e = 5.5$ c€/kWh	Prodaje se toplota kondenzacije na $t_k = 30^\circ\text{C}$		Toplota kondenzacije se ne prodaje: kondenzacija prema ambijentu - $t_k = t_o = 15^\circ\text{C}$	
	Tokom otplate za najviše 7 god.	nakon otplate	Tokom otplate za najviše 7 god.	Nakon otplate
Kupuje se struja iz mreže (potencijal GTV je isključen)	$\frac{c_h}{c_q} \geq -0.63$	$\frac{c_h}{c_q} > -0.65$	$\frac{c_h}{c_q} \geq 0.27$	$\frac{c_h}{c_q} > 0.15$

4.3.5 Preporučena šema integrisanja rashladne mašine u kontekstu eksploatacije potencijala GTV

Uz napomenu da su detaljno razmotreni samo slučajevi hlađenja objekata iznad 0°C , u zaključku se ističe nekoliko specifičnih razlika perspektivnih varijanti, njihove komparativne prednosti i mane, i saglasno tome predlaže se sprežanje (ili integracija) postrojenja prema slici 28.

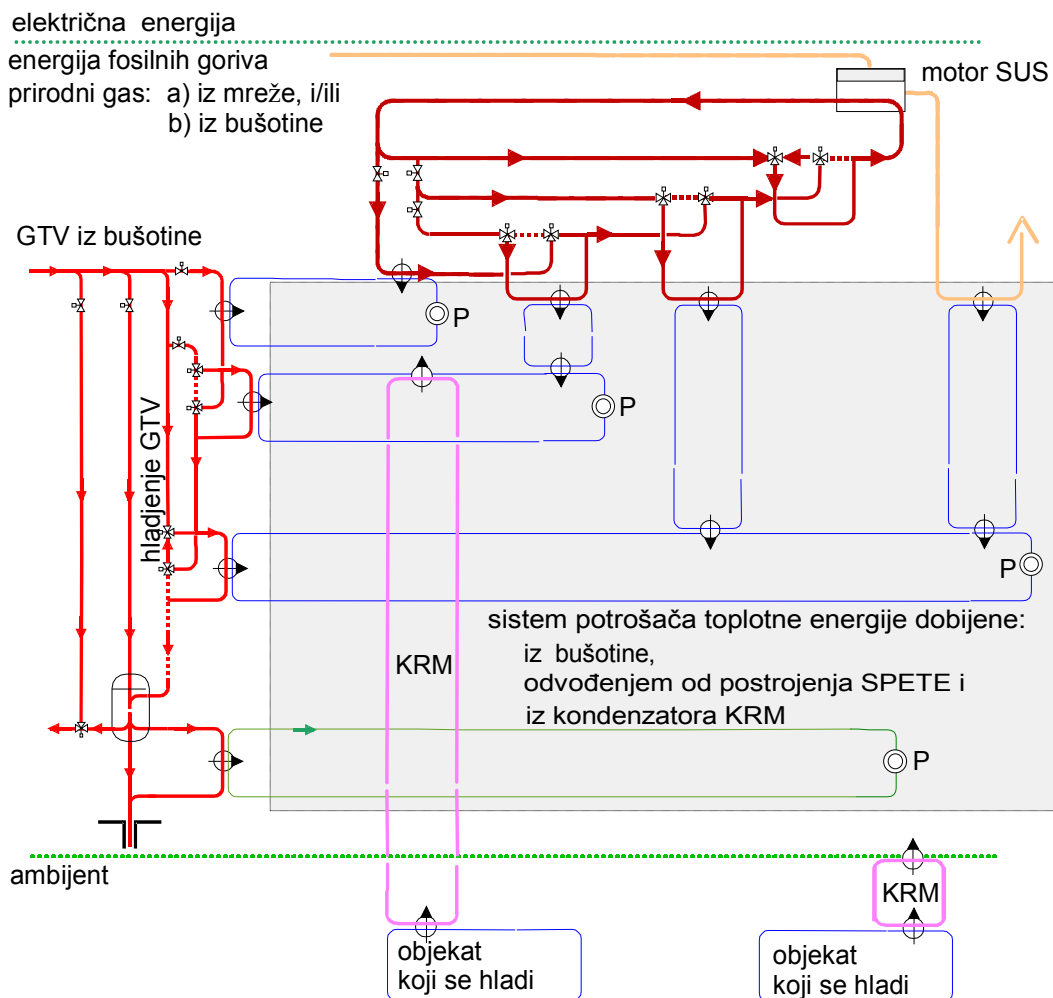
Za razmatrane (dominantno očekivane) slučajeve, odnosi cena iz tabela 18, 19 i 20 jasno iskazuju superiornost ARM (sa rastvorom litijum bromida i vode), u odnosu na KRM kada se pogonska mehanička energija proizvodi na račun potencijala GTV (instalacijom TEP ili SPETE). Razlog je jasan - leži u investicijama i troškovima održavanja TEP ili postrojenja SPETE. Istovremeno, KRM sa pogonskom energijom iz električne mreže, sa komercijalnom cenom energije, ima prednost kako sa stanovišta otplate, tako i ekonomičnosti.

Poslednje spomenutu mogućnost - korišćenje pogonske energije za KRM iz mreže sa komercijalnom cenom, trebalo bi razumeti uslovno. Zapravo, mogla bi da se koristi i svaka "druga" mehanička energija koja bi bila konkurentna (jeftinija) u odnosu na komercijalnu. Mogla bi da bude i energija iz postrojenja SPETE, ako je konkurentna.

U sve tri razmatrane varijante, povoljniji režim eksploatacije podrazumeva prodaju toplote kondenzacije rashladnih mašina, kako ARM tako i KRM: bilo bi jako dobro da postoje potrošači toplote kondenzacije. Skoro jednake okolnosti po pitanju distribucije toplote kondenzacije bile su takođe apostrofirane i kod razmatranja instalacije postrojenja SPETE, tačka 4.2 ove studije. Ponavlja se, dakle, dilema u vezi sa potrošačima raspoložive energije, te je nužno da se i u kontekstu teme o hlađenju objekata ukaže na potencijalno moguće korisnike.

Sasvim kratko, nivo hlađenja objekata iznad 0°C (konkretno na oko 5°C) treba potražiti u uslovima potreba hlađenja prostora (za kratkotrajno čuvanje odgovarajućih namirnica i/ili poljoproizvoda - u ruralnim ili zabačenim oblastima), kao i potreba hlađenja sekundarnog fluida u rashladnim sistemima objekata (hlađenje kod instalacija sa klimatizerima i slično). Potrošače toplotne energije iz kondenzatora rashladnih mašina, na oko 30°C, treba potražiti u okviru priprema vode za bazene i plivališta, ili kod predpripreme (podrške) u pripremi tople potrošne vode, na primer.

Svi izneti razlozi sugerišu, sada još izraženije, predlog kombinovanog postrojenja kao na slici 28.



Slika 28: Korišćenje potencijala GTV i konvencionalnih resursa u pripremi energije za hlađenje objekata:

KRM - kompresiona rashladna mašina, P - potrošač toplotne energije

Predlaže se, dakle KRM, sa mehaničkom energijom iz postrojenja SPETE, pod uslovom da tako proizvedena mehanička energija jeste rentabilna u odnosu da cenu "energije iz električne mreže". Takva sprega je povoljna i sa stanovišta superpozicije toplote kondenzacije iz KRM i postrojenja SPETE u toplotnu energiju nekog potrošača niskog nivoa - opet pod uslovom da takav postoji. U slučaju da takvog potrošača nema, šemom se previđa KRM sa kondenzacijom prema ambijentu, i pogonskom mehaničkom enegijom iz električne mreže.

4.4 PRIPREMA ENERGIJE ZA ZAGREVANJE OBJEKATA

Pod zagrevanjem se podrazumeva dovođenje potrebne toplote nekom objektu, na zahtevanom temperaturnom nivou. U suprotnom, bez zagrevanja, objekat bi bio u termodinamičkoj ravnoteži sa ambijentom (trenutnim okruženjem).

Definicija hlađenja implicitno ističe dva aspekta: termeraturni nivo, i kapacitivnost (ili tzv. toplotni konzum) objekta. Oba aspekta se tehnički i konvencionalno danas zadovoljavaju korišćenjem različitih tzv. resursa energije, i različitim tehničkim zahvatima. Pri tome, temperaturni nivo implicite uslovljava izbor vrste, a kapacitivnost (konzum) objekta izbor količine resursa. Važi i obrnuto: vrsta resursa limitira temperaturni nivo, a količina resursa - kapacitivnost.

Uz napomenu da je isključena svaka analiza u vezi korišćenja potencijala GTV u različitim kombinacijama za industrijske potrebe toplotne energije visokih nivoa (za nivoe iznad 100°C), uobičajeno je da se temperaturni nivoui (potrebne toplotne energije) razgraniče na nekoliko opsega, i to:

- niskotemperaturno grejanje (na primer - podno grejanje), 30-45°C,
- srednjetemperaturno, 40-75 °C,
- visokotemperaturno, 70-90°C,
- priprema tople potrošne vode (TPV), u režimu zagrevanja od oko 10 do oko 80°C.

Treba napomenuti i to, da se uz naznačene nivoe uvek implicitno podrazumeva da je ambijent na tzv. spoljnoj projektnoj temperaturi (koja je obično reda veličine od -15°C). Izuzetak je jedino priprema tople potrošne vode (TPV), kada temperatura ambijenta može da varira između -15 do čak 30°C i nešto više.

4.4.1 Teorijske mogućnosti korišćenja potencijala GTV za zagrevanje objekata

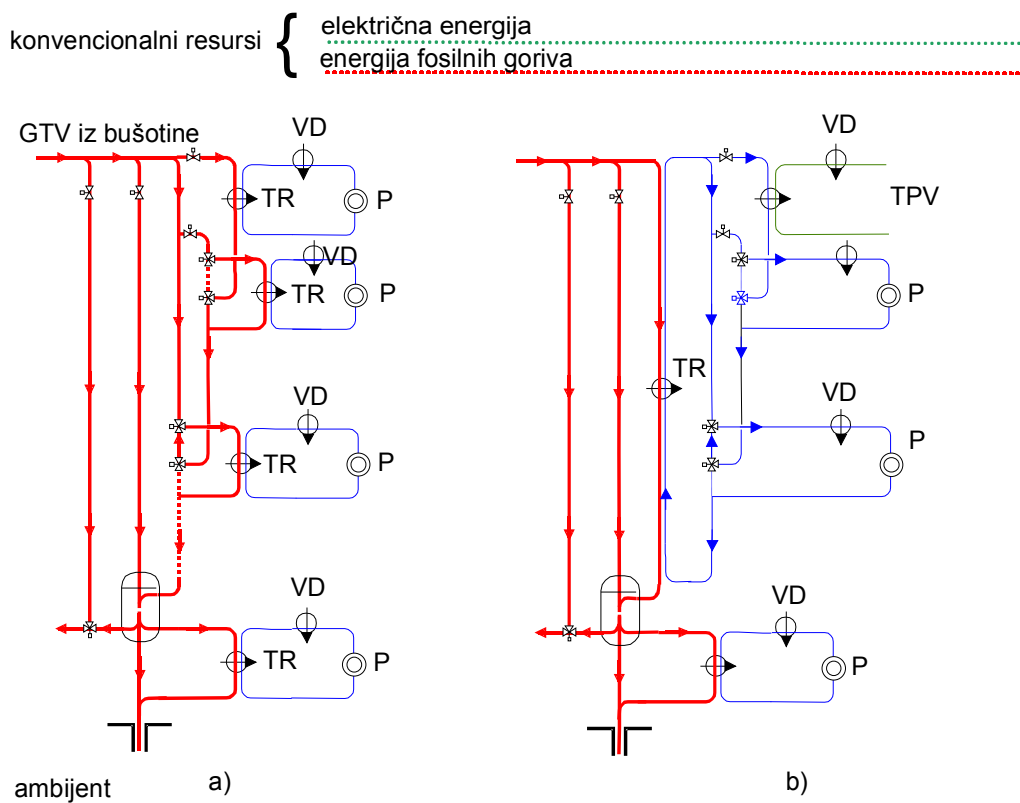
Pod pretpostavkom da postoji više različitih korisnika toplotne energije, i ako se njihove potrebe podmiruju instalacijom različitih cirkulacionih tokova sekundarnih fluida (SF), tada se problem toplotne razmene između GTV i SF prvo postavlja kao problem sinteze sistema toplotnih razmenjivača. Ovakva sinteza (koja se oslanja na tzv. PINCH i srodne metode opšte prirode) upravo je rezultovala predlogom šeme distribucije potencijala na slici 10, poglavlje 4.1, ili ovde na slici 29, kao šema sprezanja a). Moguće je, međutim, i nešto drugačije sprezanje, kao na slici 29b. Osnovna i najbitnija razlika šema na slici 29 je u broju toplotnih razmenjivača koji su neposredno u kontaktu sa tokom GTV.

Principijelno drugačija strategija sprezanja toka GTV i sekundarnih cirkulacionih tokova data je šemama na slici 30. Tvrdi se, [26], da je rešenje sa rednom (serijskom) vezom potrošača različitih nivoa (slika 30b) povoljnije sa stanovišta iskorišćenja toplotnog potencijala GTV.

Nije isključeno da, nezavisno od načina sprezanja GTV i sekundarnih krugova različitih

potrošača, potencijal GTV ne zadovoljava zahteve potrošača kako kvalitativno, tako i kvantitativno. Zapravo, može biti da konkretna bušotina nema GTV na odgovarajućem dovoljno visokom nivou, ili da količina raspoložive toplote nije dovoljna. U takvom slučaju mora da se proširi skup potencijalno mogućih resursa, kako sa stanovišta nivoa, tako i količine potrebne toplote. Iz tog razloga je na svim šemama nagoveštena mogućnost instalacije tzv. vršnih dogrejača (VD) na sekundarnim krugovima potrošača toplotne energije.

Vršnim dogrejačima se ovde smatra svaki uređaj koji obezbeđuje toplotnu energiju zahtevanog nivoa na račun korišćenja potencijalnih drugih (konvencionalnih) resursa, koji nisu potencijali GTV. To mogu biti peći (sa sagorevanjem fosilnih goriva - što je jeftino, ali termodinamički loše), ali i kondenzatori kompresionih rashladnih mašina, zatim hladnjaci svih postrojenja odgovarajućeg nivoa, na primer, kondenzatori apsorpcionih rashladnih mašina, hladnjaci kod postrojenja SPETE, i slično. Ovakve činjenice još jače sugerišu instalaciju kombinovanih, ili višenamenskih postrojenja.

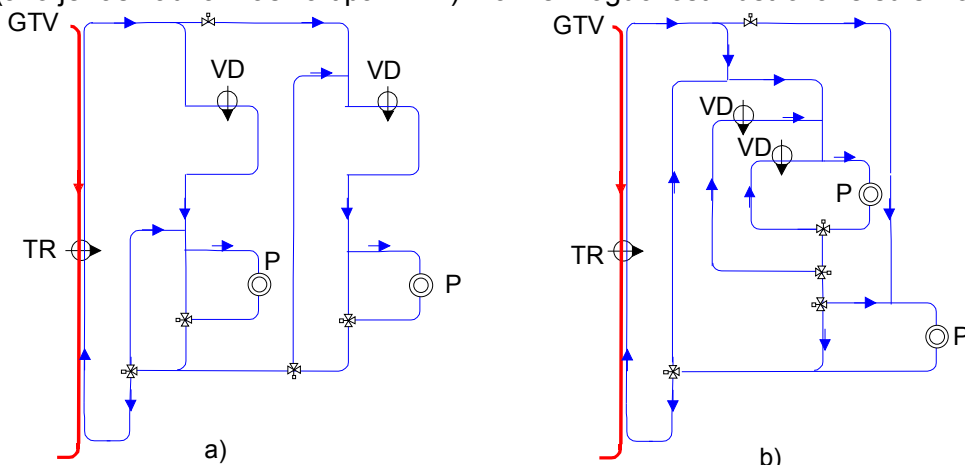


Slika 29: Raspodela toplotnog potencijala GTV na različite nivoe potrošača:

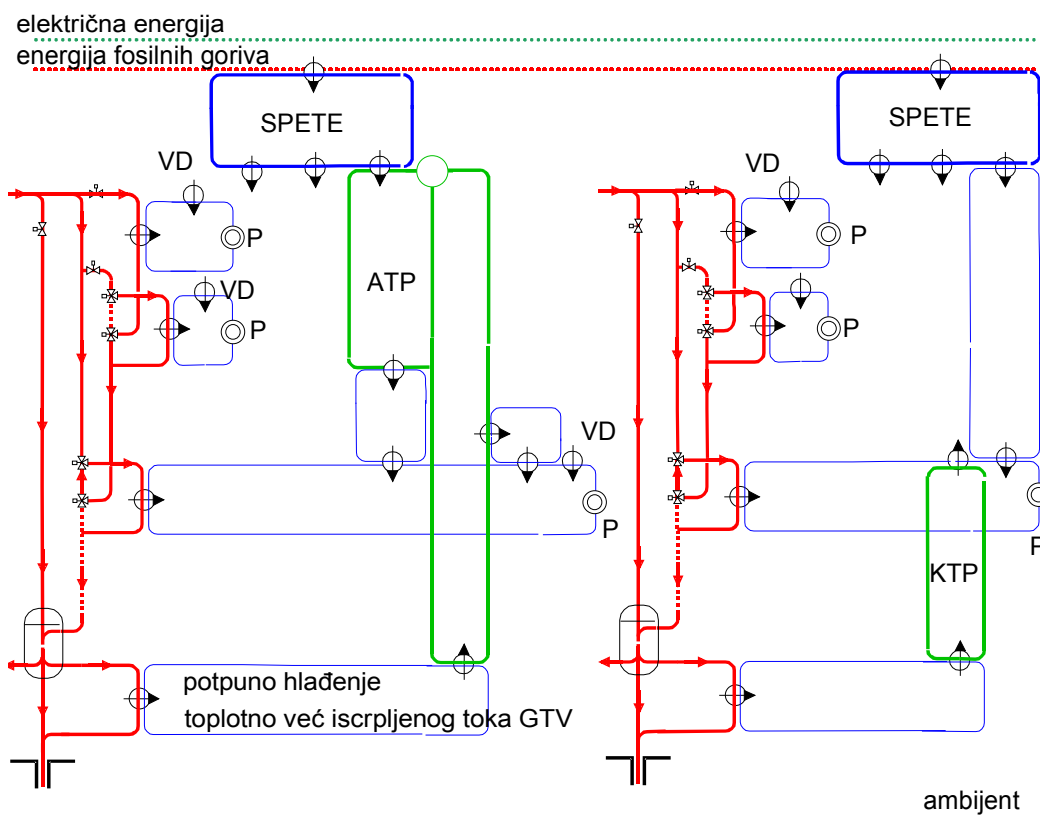
- a) posebna sprega GTV i potrošača različitih nivoa,
b) sprega GTV sa jednim RT i sekundarnih potrošačkih krugova

Postoji, međutim još jedna vrlo povoljna mogućnost organizovanja vršnog dogrevanja: to je instalisanje toplotnih pumpi. Naime, najniža temperatura do koje GTV može da se ohladi (u okviru naznačenih nivoa toplote za zagrevanje objekata) iznosi oko 30 -tak stepeni. Tokom zimskog razdoblja, kada je ambijent znatno ispod 0°C, ovako ohlađena GTV ima potencijal u odnosu na ambijent, te bi mogla da se hladi čak do 0°C. Kolokvijalno rečeno, uvek ostaje "nedovoljno" ohlađeni "rep" toka GTV [ne hladi se do minimuma, koji je $\max(0, t_a)$]. Ova energija je na nivou višem od nivoa ambijenta, i može da se rashladnom mašinom, u tzv. režimu toplotne pumpe (TP) "prenese" na nivo toplote potrebnog vršnog dogrejača. Sama energija za pogon rashladne mašine (toplotne pumpe) može da se obezbedi (u uslovima

korišćenja dopunskih resursa) ili instalacijom postrojenja SPETE, ili energijom iz električne mreže (ako je rashladna mašina tipa KRM). Takve mogućnosti ilustrovane su slikom 31.



Slika 30: Raspedela toplotnog potencijala GTV na različite nivoe potrošača [26]:
a) paralelna veza potrošača, b) redna (serijska) veza potrošača (korisnika) toplote



Slika 31: Toplotne pumpe u pripremi energije za zagrevanje objekata:
levo - apsorpciona toplotna pumpa (ATP), desno - kompresiona toplotna pumpa (KTP)

4.4.2 Praktična realizacija aparata i postrojenja u pripremi energije za zagrevanje objekata korišćenjem GTV

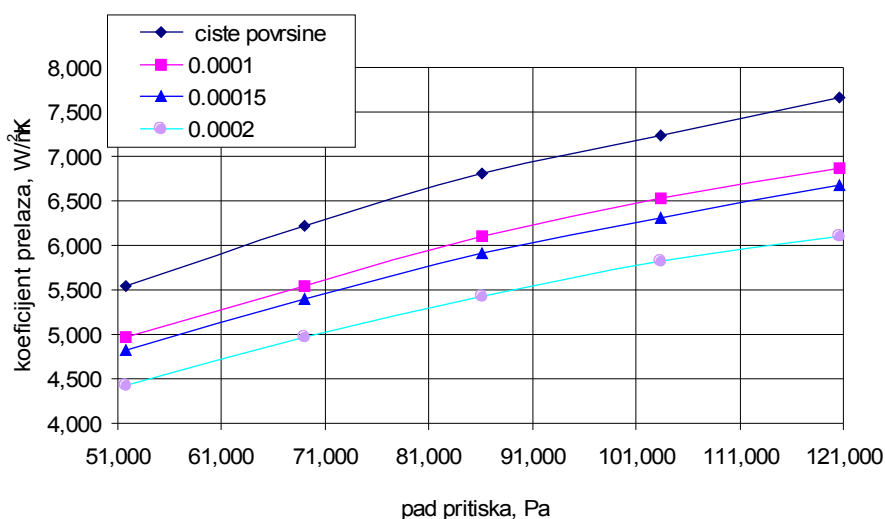
Osnovni elementi instalacije kod korišćenja GTV za zagrevanje objekata su, kako je naznačeno: toplotni razmenivači (TR) i vršni dogrejači (VD).

Toplotni razmenjivači (ili izmenjivači toplote)

Većina tokova GTV iz bušotina ima rastvorene različite hemikalije koje su često korozivne prema standardnim materijalima [28]. Stoga postoji praktična potreba da se tok GTV izoluje od potrošača, ili procesa kojima se predaje toplota. To se postiže toplotnim razmenjivačima između toka GTV i sekundarnih cirkulacionih tokova, kao posrednika u razmeni toplote.

Broj toplotnih razmenjivača zavisi od strukture instalacije (slika 29, 30, ili 31), a izbor same strukture zavisi, u krajnjoj liniji, od rezultata tehnokonomске analize. Nezavisno od količine razmenjivača, pak, u vezi izbora vrste i tipa razmenjivača može načelno da se iznese nekoliko iskustava i saznanja [27].

U instalacijama sa GTV dominantno su u upotrebi pločasti toplotni razmenjivači¹⁸, i to prevashodno montažno-demontažnog tipa (ploče u nosećem ramu, sa zaptivačima), i ređe pločasti sa tvrdo lemljenim pločama (samo kada pouzdano nema amonika u GTV). Oba tipa imaju dobre toplotne performanse i sa prosečnim temperaturnim razlikama fluida od oko 5°C, i koeficijent prolaza toplote 3 do 4 puta veći nego kod razmenjivača "cevi u plaštu", slika 32.



Slika 32: Koeficijent prelaza toplote za pločaste toplotne razmenjivače u funkciji pada pritiska i tzv. faktora zaprljanja [27]

Razmenjivači tipa "ploče u nosećem ramu, sa zaptivačima"¹⁹, jeftiniji su od razmenjivača "cevi u plaštu". Osim toga, lako se montiraju i demontiraju, a to su izuzetno povoljna svojstva kako kod remonta postrojenja - radi čišćenja taloga, a i kod eventualnih rekonstrukcija na postrojenju: prosto dodavanjem ili skidanjem ploča menja se instalisana snaga razmenjivača.

Pločasti razmenjivači sa tvrdo lemljenim pločama nemaju noseće ramove, zaptivače i elemente, što su tipični elementi za prethodno spomenute. Stoga su oni jeftiniji, ali je to, izgleda, njihova jedina prednost u primenama kod eksploatacije GTV. Naime, specifičnosti tehnologija proizvodnje ograničavaju površine pojedinih aparata na oko 2 m² i protoke fluida

18 Razmenjivači tipa "cevi u plaštu", i slične izvedbe sa snopovima cevi, od minornog su značaja u primenama sa malim prosečnim temperaturnim potencijalima u razmeni toplote.

19 tzv. "gasketed plate heat exchangers"

na najviše (6-12) l/s. Osim toga, obično je reč o tvrdom lemu na bazi bakra, a pošto većina GTV ima rasvorene H₂S ili NH₃, to se lemljeni uglavnom izbegavaju kod instalacija sa GTV.

Vršni dogrejači

Rečeno je već da se kao vršni dogrejači u instalacijama za zagrevanje objekata mogu, između ostalog, upotrebiti toplotne pumpe (slika 31). Trebalo bi sada, formacijski, ovde izneti smernice za tehnoekonomsku analizu opravdanosti njihove ugradnje. Smatramo, međutim, da je ova problematika već dovoljno razmatrana u okviru poglavlja 4.3 (Priprema energije za hlađenje objekata). Naime, toplotne pumpe funkcionalno su - samo rashladne mašine koje ovde kao "objekat" hlađenja imaju toplotno iscrpljeni tok GTV. Napomenimo sasvim kratko da postoji izuzetno širok asortiman toplotnih pumpi, od 3 kW pa do 1,500 kW, i da sva saznanja govore u prilog opravdanosti njihove primene [29].

4.4.3 Priprema energije za zagrevanje objekata i zaštita životne sredine

U vezi eksploatacije i izgradnje postojenja za pripremu energije za zagrevanje objekata, a sa stanovišta zaštite okruženja, trebalo bi da se razmotre uobičajena pitanja:

- problem eventualne evakuacije "potrošene" GTV,
- problemi eksploatacije izvora energije, pre svega izvora toplotne energije za pogon apsorpcioih toplotnih pumpi (ARM), ili postrojenja SPETE - ako je instalisano kao izvor energije za kompresione toplotne pumpe (tj. KRM) i
- eventualne posledice izbora konkretnog radnog fluida toplotne pumpe, ako je instalisana,

Sve posledice ovih problema su već dovoljno naznačene u srodnim tačkama prethodnih poglavlja, te se neće ponavljati.

4.4.4 Smernice za tehnoekonomsku analizu postrojenja u pripremi energije za zagrevanje objekata

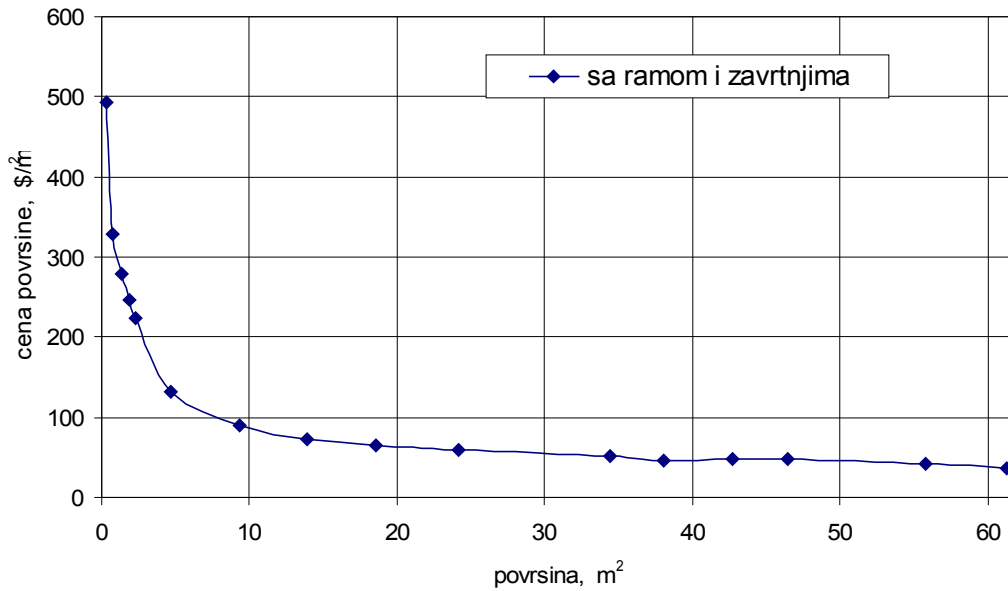
Problemi tehnoekonomskih analiza različitih instalacija za zagrevanje objekata jesu centralna tema Poglavlja 5 ove studije, te se oni ovde neće razmatrati. Daju se samo okvirno cene površina, kako za razmenjivače tipa "ploče u nosećem ramu, sa zaptivačima", slika 33, tako i za razmenjivače sa tvrdo lemljenim pločama, slika 34. Treba obratiti pažnju na ozbilju razliku kako cena, tako i gabarita različitih tipova.

4.4.5 Preporuke u vezi pripreme energije za zagrevanje objekata

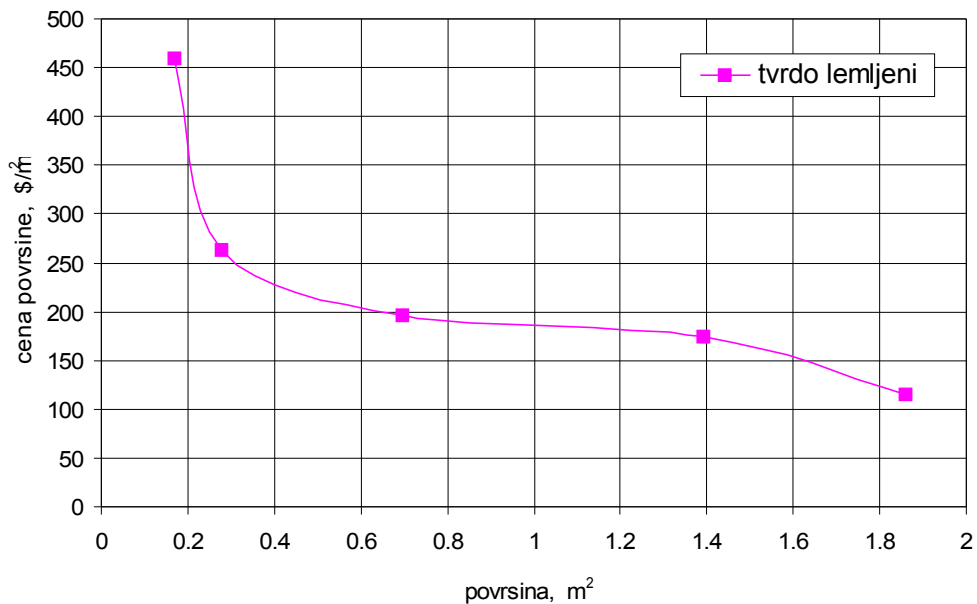
Osnovni elementi instalacije kod korišćenja GTV za zagrevanje objekata su, kako je naznačeno u okviru tačke 4.4.1, toplotni razmenivači (TR) i vršni dogrejači (VD). Takođe je napomenuto da u ulozi vršnih dogrejača mogu biti peći (sa sagorevanjem fosilnih goriva, gasni kotlovi - što je, ponavljamo, najjeftinije ali i termodinamički najgore rešenje), odnosno i hladnjaci svih postrojenja odgovarajućeg nivoa (ukoliko je njihova "otpadna" toplota na odgovarajućem nivou), naprimer postrojenja SPETE, zatim kondenzatori rashladnih mašina i konačno kondenzatori toplotnih pumpi. Ovo je važno tim pre pošto, kako je ustanovljeno u tački 4.2 i 4.3 ove studije, jer mogućnost prodaje otpadne toplote (postojanje potrošača

takve toplote – za potrebe grejanja, konkretno) izuzetno poboljšava njihove tehnoekonomske performanse.

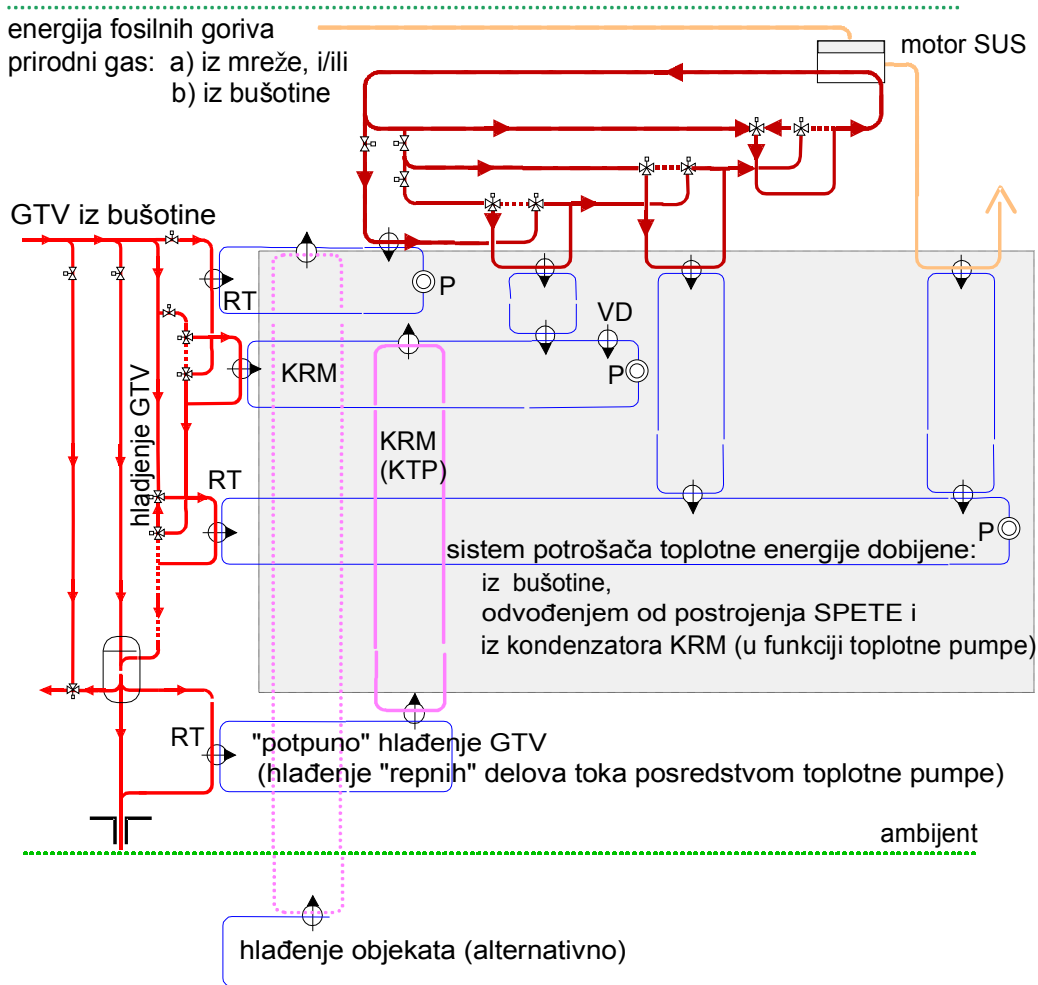
Ovakve činjenice nedvosmisleno sugerišu instalaciju kombinovanih, ili višenamenskih postrojenja, te je logično da se predloži šema na slici 35. Razume se, konačno merilo prihvatljivosti svakog rešenja su tehno-ekonomski pokazatelji, te se u predlogu ne mogu izbeći i termodinamički najgora rešenja – vršno dogrevanje spaljivanjem goriva (VD na šemi).



Slika 33: Cene površine pločastih toplotnih razmenjivače od nerđajućeg čelika sa nosećim ramom [27]: ploče spojene zavrtnjima, sa zaptivcima od akrilonitril-butadijena (tzv. Buna-N), do max 135°C



Slika 34: Cene površine za pločaste toplotne razmenjivače sa tvrdo lemljenim pločama [27] (tvrđi lem na bazi bakra)



Slika 35: Šema pripreme energije za zagrevanje objekata:

RT - toplotni razmenivač, KRM (KTP) - kompresiona rashladna mašina (kompresiona toplotna pumpa),
P - potrošač (korisnik) topline, VD - vršni dogrejač

Osim upravo naznačenih postoji, međutim još jedan razlog u prilog predloga kombinovane šeme sa slike 35. Naime, mora se imati u vidu da su potrebe za grejanjem donekle komplementarne sa potrebama za hlađenjem jednih te istih objekata: sezone grejanja i hlađenja kalendarski su različite. Stoga, i sa stanovišta korišćenja potencijala GTV u funkciji temperature ambijenta, jednom može biti sasvim prihvatljiva instalacija toplotne pumpe, a u drugačijim okolnostima sasvim suprotno - instalacija rashladne mašine. Obe mogućnosti naznačene su na slici 35. To pak ne znači da treba instalirati dve mašine (toplotnu pumpu²⁰ i, posebno, rashladnu mašinu), već samo jednu, a u konačnoj razradi treba predvideti samo odgovarajuću alternaciju tokova sekundarnih fluida.

4.5 PRIPREMA SANITARNE VODE I VODE ZA BAZENE

Pod pripremom sanitarne vode i vode za bazene podrazumevaju se u osnovi dve stvari: orgovarajući temperaturni nivo, kao i kontrolisani kvalitet (pre svega dopustivi sastav i sl.) vode koja je u neposrednoj upotrebi (koja se nudi korisniku). Saglasno tome, nameću se dve vrste problema u okviru razmatranja naznačene teme:

Prvi je dominantno energetske prirode, i to je problem obezbeđenja toplotne energije, kvalitativno i kvantitativno takve da se obezbedi temperaturni nivo vode – reglamentisan potrebama korisnika.

Drugi problem nije prevashodno energetske prirode, već pre svega hemijske, odnosno hemijsko-tehnološke, i tiče se tretmana GTV u smislu obezbeđenja zahtevanog, ili dopustivog kvaliteta. Ipak, zavisno od tehnologije tretmana vode, ova problematika može biti, manje ili više, zanimljiva i sa energetske stanovišta.

Obe problematike ovde treba razmotriti u kontekstu eksploatacije resursa GTV. Namerno je rečeno resursa GTV, jer se u svetlu naznačene teme pod resursima ovde mogu smatrati toplotni (energetski) potencijali – kako je to bilo u razmatranjima tačaka 4.1 do 4.3, kao i "supstancijalni", potencijali GTV. Pod supstancijalnim potencijalima, pri tom, smatraju se različite mogućnosti korišćenja samog fluida (GTV), i to:

- za pripremu vode kvaliteta pijaće vode [30],
- za balneološke svrhe (vodu za terapijske tretmane toplotom i mineralima - uključujući i lekovita blata), [31],
- u sportsko rekreativnim objektima, bazenima i plivalištima, [32],
- ribnjacima, i uzgajalištima srodne namene.

Mogućnosti su, nesumnjivo vrlo široke. Zavisno od hemijskih svojstava GTV moguće je neposredno korišćenje, ali najčešće su nužne posebne pripreme GTV. Tehnologije pripreme su bitno različite od slučaja do slučaja, toliko različite da skoro nema zajedničkih svojstava mnoštva. Iz tih razloga se ovde neće razmatrati eksploatacija ovih "supstancijalnih" resursa GTV, tim pre što naše GTV teško mogu da se kategorišu sa aspekata ovakvih primena (videti razmatranja u Poglavlju 1).

Nije, međutim isključena mogućnost da se u pojedinačnim slučajevima mogu naći manje zahtevni korisnici (tipa sportsko rekreativnih objekata, bazena, ribnjaka i slično), kada se mešanjem GTV i vode kontrolisanog kvaliteta mogu podmiriti supstancijalne, a pre svega potrebe zagrevanja (direktnim mešanjem) vode kontrolisanog kvaliteta.

U svim slučajevima gde u primenama GTV nije dopušteno mešanje, ili se hemijsko-tehnološka priprema GTV apriori isključuje, raspoloživa GTV jeste samo energetske (toplotni) resurs. Tada se priprema sanitarne vode i vode za bazene svodi na problem zagrevanja objekata, a ovaj je već bio globalno razmatran u okviru tačke 4.3 (Priprema energije za zagrevanje objekata). Detaljnija analiza, posebno sa tehnokomskog stanovišta konkretnih rešenja, daje se u Poglavlju 5.

5 TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA REALNO PRIMENLJIVIH POSTROJENJA

Iz mnoštva tehnički mogućih šema razmotrenih u poglavlju 4. ovde će se proanalizirati samo one koje je realno očekivati u sadašnjoj primeni u vojvođanskim uslovima. U izboru zamišljenog potrošača orijentišemo se na one koji su i do sada postojali, ali i na one za koje je očigledno da zadovoljavaju tehničke kriterijume. I za jedne i za druge će se izvršiti ekonomska analiza i utvrditi pod kojim uslovima bi mogli proći završnu kvalifikaciju. Taj postupak će ići slično izradi idejnog projekta za zamišljeno postrojenje, iako se na nivou opšte studije ne može sprovesti u svim detaljima idejnog projekta nekog konkretnog slučaja. Važno je da se obuhvate svi glavni elementi troškova i prihoda u poslovanju, kako bi se došlo do zaključka o profitabilnosti, odnosno prihvatljivosti zamišljene ideje.

U tom okviru urađene su analize za bušotine sa temperaturama na izlazu iz bušotine, odnosno na ulazu u korisničko postrojenje od 40°C, 45°C, 50°C i 55°C kao najučestlijim slučajevima sada postojećih bušotina na teritoriji Vojvodine. U ovu grupu spada njih 29 od 65 ukupno evidentiranih u Tabeli 6, ili oko 45%. Variranje je urađeno za protok $V=60 \text{ m}^3/\text{h}$ degazirane geotermalne vode, a toliko iznosi aritmetički prosek za njih 13 sa protokom 35 ili više m^3/h i one su od glavnog energetskog interesa. Variranje protoka nije rađeno, jer je ono manje-više očigledno linearno proporcionalno. Ipak je to urađeno za najjednostavniju šemu potrošača u prvom narednom poglavlju, gde je potvrđen prethodni zaključak.

Za svaku od pomenutih temperatura bušotine paralelno su rađene dve osnovne varijante i to:

- 1) uz pretpostavku da korisnik (potrošač) otkupi bušotine i otplaćuje ih na kredit i
- 2) da potrošač kupuje sirovu geotermalnu vodu (kako to momentalno radi 10-ak aktivnih potrošača po ugovorenoj ceni sa NIS-om kao trajnim vlasnikom).

Ove dve osnovne varijante razrađene su u čitavom nizu podvarijanata:

- (A) da su izgrađene obe bušotine (proizvodna i povratna) te da se obe otplaćuju, a u varijanti kupovine vode cena podešena tako kao da postoje obe bušotine u vlasništvu NIS-a;
- (B) da se otplaćuje samo proizvodna bušotina ili kupuje voda po ceni iz ugovora sa vlasnikom (sadašnja realnost), a iskorišćena geotermalna voda besplatno ispušta u okolinu i
- (C) idealizovana varijanta kao da je proizvodna bušotina već davno otplaćena, pa se plaća samo taksa na korišćenje rudnog blaga, a iskorišćena voda opet besplatno baca u okolinu.

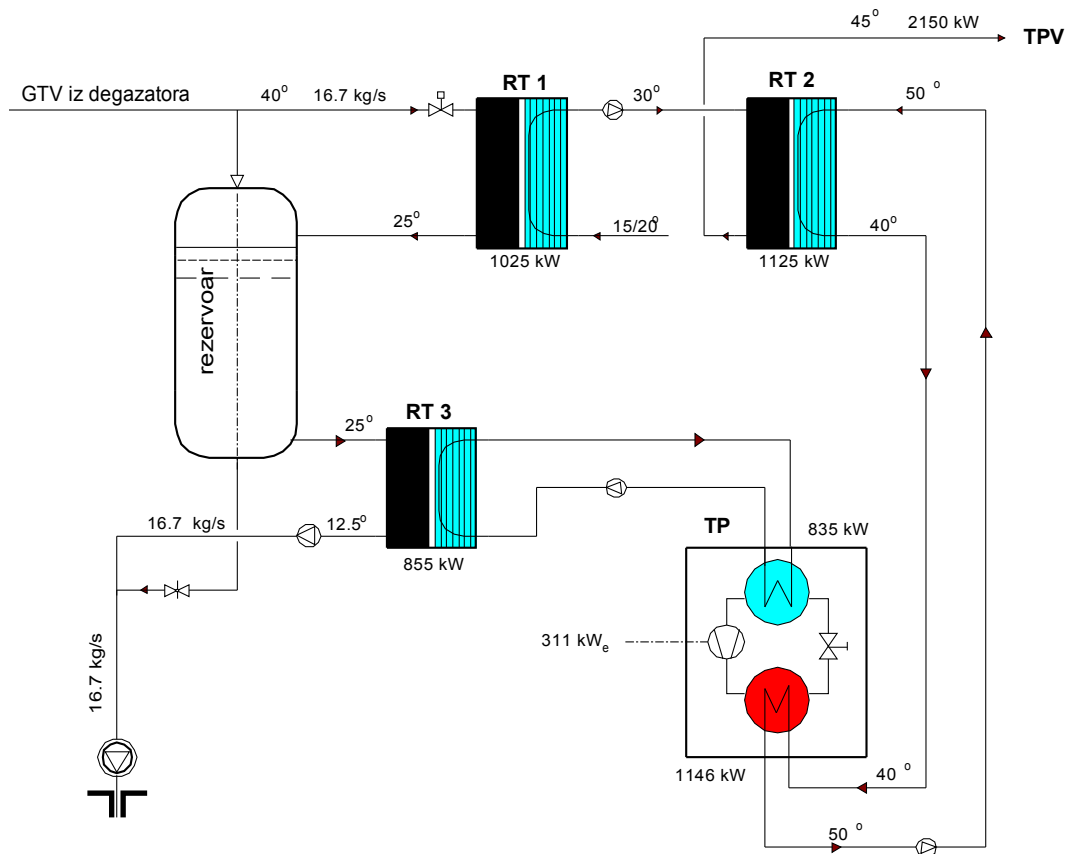
I, najzad, svaka temperaturski različita varijanta je proverena sa dve cene električne energije i sa po 4 (55°C sa 5) unekoliko različite šeme sa 3 ili 4 snage gasnog motora i po jednom bez njega. Tako je proračunato preko 220 varijanata, a većina rezultata iskazana u obliku dijagrama čija ordinata pokazuje iznos godišnje dobiti ili gubitka za naznačenu varijantu. Tako je stvoren pouzdan pokazatelj o ekonomskoj isplativosti ulaganja u ovako zamišljeno postrojenje.

Varijantom (A) (izgrađene i koriste se i proizvodna i povratna bušotina) bili bi rešeni i skoro svi ekološki problemi i obezbeđen dug vek eksploatacije. Varijantama (B) i (C), koje koriste samo proizvodnu bušotinu, nije rešen centralni ekološki problem uklanjanja iz okoline iskorišćene i ohlađene geotermalne vode. Zato bi na njihovu ostvarenu dobit trebalo gledati kao na izvor finansiranja prerade ove vode minimalno do klase vode u recipijentu, ali i izvideti mogućnost prerade u pitku vodu, za čiju je cenu u budućnosti izvesno da će biti i vrlo viso-

ka. Sa stanovišta dugotrajnosti eksploatacije bušotine povoljnije je vodu vraćati na približno istu dubinu, što verovatno obezbeđuje stvarnu obnovljivost ovog izvora energije. U izgledu su vrlo strogi zapadnoevropski propisi (ozbiljni novinari to najavljuju), tako da se geotermalna voda mora bezbedno vraćati nazad, ali verovatno će se dopustiti i alternativa prerade u pitku vodu. Ova alternativa bi mogla prevladati ako nedostatak pitke vode postane akutniji problem civilizacije od sada prioriternog u energiji.

5.1 ŠEMA POTROŠAČA INDUSTRIJSKE TOPLE VODE

Da bi se dalje izlaganje lakše pratilo počecemo od najjednostavnije šeme potrošača velikih količina industrijske tople vode u tehnološke svrhe. To bi mogla biti industrija koja u tehnologiji ima potrebu (po mogućnosti kontinualnu i dugotrajnu) za pranjem ili močenjem u toploj vodi nevisoke temperature. Istu ovakvu šemu bi mogao koristiti i potrošač sanitarne tople vode, a mogao bi biti opet industrijski pogon čija tehnologija zahteva čistu pitku vodu. Takođe ovu drugu potrebu imaju domaćinstva i neke ustanove, ali bi ti potrošači mogli zakomplikovati situaciju, jer ovaj način snabdevanja ekonomski ne trpi dalek transport.



Slika 36: Potrošač tople vode

Šema podrazumeva da geotermalna voda stiže eruptivno iz proizvodne bušotine u degazator (nije prikazan na slici, a jeste sastavni deo svakog ovakvog postrojenja i svrstavaće se u troškove investicija). **Degazator** odvaja uvek prisutan deo sagorivog gasa i upućuje ga na baklju (ako je u pitanju beznačajna količina gasa), ili kanališe prema ložištu toplovodnog kotla, koji se ugrađuje kod svih složenijih postrojenja namenjenih za grejanje (uglavnom kao vršni dogrejač). U ovoj najjednostavnijoj šemi kotla nema i pretpostavlja se da je potrošač zadovoljan temperaturom vode od 45°C. Sama bušotina sa 40°C ne bi mogla obezbediti

temperaturu višu od 38°C, a i toliku bi obezbeđivala ugradnjom toplotnog razmenjivača čija je veličina (površina razmene toplote) na granici razumne. Temperaturu 45°C relativno lako drži toplotna pumpa, odnosno toplota koju voda pokupi hlađenjem njenog kondenzatora.

Toplotna pumpa ima, međutim, mnogo značajniju ulogu u postrojenjima za korišćenje geotermalne vode. U njenom isparivaču se, naime, odvija proces isparavanja tzv. rashladnog fluida na nivou (0-5)°C i "troši" (dovodi) toplota iz izvora relativno niske temperature (voda koja zagreva isparivač ulazi u njega na 12°C i ohladi se na 7°C). Taj proces bi još lakše obavila geotermalna voda ohlađena u prethodnom razmenjivaču toplote RT1 na 25°C kad bi se uvela direktno u isparivač, ali se to ne čini iz razloga čuvanja isparivača od agresivne geotermalne vode. Rashladni fluid toplotne pumpe je opasna materija i ne sme iscuriti iz instalacije (nedavno su pooštreni međunarodni propisi i ograničene vrste upotrebljivih fluida, što je poprilično ograničilo visinu temperature kondenzacije u toplotnoj pumpi). Ti razlozi zahtevaju ugradnju još jednog razmenjivača toplote (RT3) koji hladi geotermalnu vodu (ovde na 12.5°C) i na indirektnan način zagreva isparivač. Dakle, ugradnjom i korišćenjem toplotne pumpe toplotna snaga geotermalnog izvora se dodatno povećava za $12.5/15=0.833$ ili za preko 83% u odnosu na korišćenje samo do 25°C. I bez ovakvih brojčanih pokazatelja je, inače, očigledno da vodu iz bušotine čije je kopanje skupo plaćeno treba ohladiti na što nižu temperaturu, odnosno izvući što veću količinu energije iz nje. Nema drukčijeg realnog potrošača toplote koji bi mogao ekonomski efikasno iskoristiti niskotemperaturnu toplotu ovako niskog nivoa.

Ako se ima u vidu da je poslednjih godina vrlo masovna proizvodnja ovih uređaja sa velikim serijama (poput automobilske industrije), onda ne čudi značajan pad cena komercijalno dostupnih toplotnih pumpi i njihova sve učestalija upotreba. Padu cene dodatno doprinosi novija tehnologija povremenog neophodnog čišćenja pločastih razmenjivača toplote upotrebom razblaženih kiselih rastvora bez demontaže ili dugog zaustavljanja pogona. Značaj posla koji toplotna pumpa obavlja u postrojenjima za korišćenje geotermalnih energetskih izvora, dostignuti nizak nivo cena i laka dostupnost odgovarajućih snaga (kao da je reč o prodaji konfekcije), opredelila nas je da u svaku šemu koju smo proračunavali ugradimo i toplotnu pumpu. Dodatan razlog za ovakvu odluku bila je sposobnost ovog uređaja da u letnje vreme služi kao centralni organ hlađenja u postrojenju za klimatizaciju prostorija, iako tada ne može koristiti geotermalni izvor. Tada se hlađenje kondenzatora mora obavljati suvim rashladnim tornjem, koji se ne može smatrati jeftinim. Ako se, međutim, deo potrebnog hlađenja kondenzatora (ili sva potrebna snaga ako to treba potrošaču kao na diskutovanoj šemi) leti prebaci na zagrevanje potrošne vode može se izbeći ili smanjiti rashladni toranj i troškovi električne energije neophodne za njegov pogon.

Inače sami **pločasti razmenjivači** odavno su uočeni u tehnici kao vrlo kompaktni i efikasni za slučaj kada su oba fluida (grejni i grejani) tečnosti. Maltene su idealna konstrukcija za proizvodnju u izvanredno velikim serijama. U prikazanoj šemi su predviđena sva tri toplotna razmenjivača (RT1, RT2 i RT3) kao pločasta konstrukcija iz masovne proizvodnje i niske cene bez obzira što su od visokokvalitetnog čelika, koji je neophodan zbog dodira sa agresivnom geotermalnom vodom. Najverovatnije je i proizvođač toplotne pumpe ugradio isparivač i kondenzator pločaste konstrukcije, pa tako snizio cenu celog uređaja.

Cela investicija sa troškovima montaže u varijanti (A) iznosi 633,615 €, u čemu je investicija u obe bušotine računata sa 475,000 € prema korelacionoj krivoj sa slike 4., sastavljenoj na osnovu zvaničnih podataka NIS-a za poznate cene 10-ak konkretnih bušotina. Za varijantu (B) ti troškovi iznose 383,615 € pošto se iz prethodnog isključi 250,000 € koliko je procenjena vrednost povratne bušotine. I najzad kod varijante (C), kad se isključe obe bušotine investicija iznosi 158,615 € (od toga u vrlo snažnu toplotnu pumpu 93,050 €).

Investicija po varijanti (C) je istovremeno i takva stavka za slučaj kada se umesto investiranja u bušotine kupuje geotermalna voda od vlasnika bušotina.

Troškovi poslovanja se sastoje od plaćanja električne energije, troškova održavanja postrojenja i anuiteta za otplatu investicionog kredita. Pri tome se kod održavanja bušotina može računati sa godišnjim troškovima obe bušotine (A) sa oko 4% njihove vrednosti ili oko 6% od vrednosti samo proizvodne bušotine (B), u šta je uključena i renta za korišćenje rudnog blaga. Troškovi održavanja ostale instalacije su ocenjeni na 11% njihove nabavne vrednosti (bez troškova montaže). Anuiteti otplate kredita zavise od ugovorenog roka i visine kamate. Računali smo sa relativno teškim uslovima kredita na 10 godina i kamatne stope od 10% na godišnjem nivou[#], pa su anuiteti 103,120 €/a (A), 62,430 €/a (B) i 25,815 €/a za varijantu (C).

Troškove električne energije računali smo sa dve cene: 3.50 c€/kWh, što je oko nivoa sadašnjih cena za industrijske potrošače i 6.00 c€/kWh, što je oko tri puta više od cene kWh prirodnog gasa. Ovi troškovi, naravno, bitno zavise od električne snage potrošača i trajanja pogona sa tom snagom. U razmatranoj šemi su 3 cirkulacione pumpe, od koji su 2 vezane za pogon toplotne pumpe i gone osrednje protoke vode duž kratkih deonica razumno dimenzionisanog cevovoda, a treća ima veći protok i verovatno nešto duži cevovod. Zajedno sa električnim osvetljenjem i drugim potrebama vezanim sa ovim pogonom njihova snaga je ocenjena na 39 kW, dok je snaga električnog pogona toplotne pumpe 311 kW, odnosno ukupno 350 kW. Tu snagu koriste sve tri varijante, dok je za varijantu (A) potrebno dodatnih oko 50 kW za upumpavanje u povratnu bušotinu.

Ekstra povoljan pogon bi bio kod potrošača sa 24 sata dnevno oko 330 dana godišnje, odno-sno oko 8,000 h/a. U tom slučaju za varijantu (A) treba 3.20 miliona kWh/a, a za (B) i (C) po 2.80 miliona kWh/a električne energije. Ovi iznosi se množe sa 0.035 ili sa 0.06 €/kWh i iskazuju kao troškovi za kupovinu električne energije za godinu dana.

Dobitna ili pozitivna strana poslovanja je jedino u vrednosti toplote koja se "proizvede" (transformiše od unutrašnje energije geotermalne vode i električne energije za pogon toplotne pumpe u unutrašnju energiju, popularno kazano u toplotu ugrejane industrijske vode). Toplotna snaga njenog "proizvođača" je 1,025+1,125=2,150 kW i koristi se, dakle 8000 h/a, pa ostvaruje energiju od 17.20 miliona toplotnih kWh. Računamo da je cena ove finalno upotrebljive energije za 50% veća od nabavne cene goriva (prirodnog gasa), u šta se uključuju pogonski troškovi i neizbežni gubici transformacije, dakle, 0.02x1.50=0.03 €/kWh. Tada je prihodna strana jednaka za sve varijante i iznosi 17.20x0.03x10⁶ = 516,000 €/a. Precizniji podatak o ovoj ceni bi se mogao saznati od nekog realnog "proizvođača" ove vrste energije, pod uslovom da je on detaljno prati po svim relevantnim troškovima (gorivo, održavanje u koje je uključen pripadajući deo troškova radne snage, raubovanje postrojenja za transformaciju itd.). I takav podatak bi morao biti neka statistička srednja vrednost što većeg broja sličnih pogona. U našim uslovima bi to verovatno bila viša cena (nebriga o energiji, previše zaposlenih,...) od 0.03 €/kWh kojom ćemo mi operisati u ovoj Studiji. Ako se od ostvarenih prihoda odbiju troškovi rezultiraće dobit. Rezultat te operacije složen je u Tabeli 21.

Tabela 21: Ostvarena dobit po varijantama i cenama električne energije €/a

Varijanta	(A)		(B)		(C)	
Cena EE [€/MWh]	35	60	35	60	35	60
Anuitet 10% kamate	+265,790	+185,790	+325,980	+255,980	+376,095	+306,095
An.(C)+plać. vode	+272,335	+192,335	+315,970	+245,970	+355,330	+285,330

[#] U zapadnoevropskim uslovima ovakvi projekti "ZELENE ENERGIJE" idu sa kamatom 5% ili još povoljnije.

U svim analiziranim varijantama ostvaruje se dobit u poslovanju i uvek je značajno veća kod niže cene električne energije. To je bilo unapred očekivano, jer je plaćanje električne energije jedini tekući pogonski trošak. Kod varijante (A), koja jedina predstavlja kompletno tehničko, ekonomsko i ekološko rešenje, nešto je povoljnija varijanta kupovine geotermalne vode, mada to nije pouzdana tvrdnja, jer je cena vode plod logične pretpostavke kakva bi ona bila kad bi vlasnik nudio korišćenje obe bušotine, a ne stvarno postojeće cene. Kad bi se mogao dobiti povoljniji kredit za otplatu postrojenja (na primer sa kamatom 5%), varijanta sa plaćanjem vode bila bi lošija u svim proračunima (za 9,245 €/a kod varijante A, dok bi se kod ostale dve njena nepovoljnost još više istakla). Interesantno je pogledati vrednosti specifične dobiti u odnosu na iznos investicije (dobit podeljena visinom investicije). Na primer, dobit u varijanti (A) iznosi 265,790 €/a, a investicija 633,615 €, pa specifična dobit iznosi

$$265,790/633,615 = 0.4195; \quad 1/0.4195 = 2.3839; \quad 2.3839 \times 12 = 28.6$$

Rezultati druga dva proračuna predstavljaju neku vrstu roka otplate, srednji u godinama, a poslednji u mesecima. Oni ukazuju na mogućnost korišćenja i nepovoljnijeg kratkoročnog kredita sa istom kamatom. U gore računatom primeru kredit uzet na 2 godine sa 10% kamate bio bi i otplaćen za te dve godine uz mali ostatak dobiti od 3,825 €/a.

Namerno je kao primer ove relativno detaljne analize uzeta poprilično slaba bušotina po visini temperature, ali dosta jaka po protoku (izdašnosti) geotermalne vode. Razume se da bi bušotina sa 40°C, ali značajno manje izdašnosti dala lošije efekte, pa možda i gubitak umesto dobiti. Dok je reč o ovako jednostavnom postrojenju valjalo bi oceniti uticaj (smanjenog) protoka bušottine, pa ćemo utvrditi dobit za skoro upola slabiju bušotinu, odnosno za bušotinu 40°C i 30.6 m³/h = 8.5 l/s protoka. Prepolovljen protok uz iste temperaturske razlike grejnog i grejanog fluida imaće upola manju površinu razmene toplote, ali toplotni razmenjivač neće biti upola jeftiniji. To se može tačno utvrditi ako se raspolaže sa kataloškim cenama i dovoljnim izborom snaga razmenjivača. Kako time ne raspolažemo, a znamo da su manji razmenjivači specifično skuplji približno ćemo oceniti da razmenjivač prepolovljene toplotne snage košta oko 60% od velikog. Razmenjivač RT1 ćemo malo temperaturski podesiti da omogući precizan kataloški izbor toplotne pumpe (tim katalogom raspolažemo), koja se takođe mora smanjiti. Broj ventila i dužina cevovoda se ne mogu promeniti, ali se može nešto malo uštedeti izborom manjeg nazivnog prečnika (20-ak %). Cirkulacione pumpe (i za njih je korišćen katalog sa cenama) imaju tako položenu karakteristiku da promena protoka jedva nešto menja snagu i cenu, pa se tu ne može očekivati nikakva ušteda u investiciji. Cena bušotina je vezana za dubinu bušenja (ovde 750 m), a ova za temperaturu geotermalne vode, tako da ostaje ista i to 225,000 € proizvodna i 250,000 € povratna.

Uključivši ove napomene mora se, zapravo nacrtati nova šema postrojenja i ponoviti sve proračune. Nećemo to detaljno pisati nego samo izneti zaključke o ostvarivoj dobiti.

Kod varijante (A) dobit bi drastično spala na 75,395 €/a (umesto 265,790 kako piše u tab. 21 za duplo veći protok), dakle, smanjila bi se za oko 72% za slučaj niže cene električne energije. Za višu cenu električne energije smanjenje profita bi bilo još gore i on bi u ovoj varijanti iznosio samo 24,395 €/a, što je opasno blizu poslovanja sa gubicima. Tada bi procentualno smanjenje dobiti u odnosu na veliki protok iznosilo oko 87%. Slično bi bilo i kod varijante (B) uz nešto blaže promene. Još blaže su promene kod varijanata kupovine geotermalne vode, što je posledica prepolovljavanja tih troškova uz iste cene za upola manju godišnju potrošnju vode. Sve u svemu, proizilazi zaključak da i bušotine slabije izdašnosti u paru sa skoro idealnim potrošačem mogu profitabilno poslovati. Sa realno očekivanim potrošačima složenije toplotne šeme i kratkotrajnijeg pogona tokom godine to skoro sigurno neće biti ostvarivo.

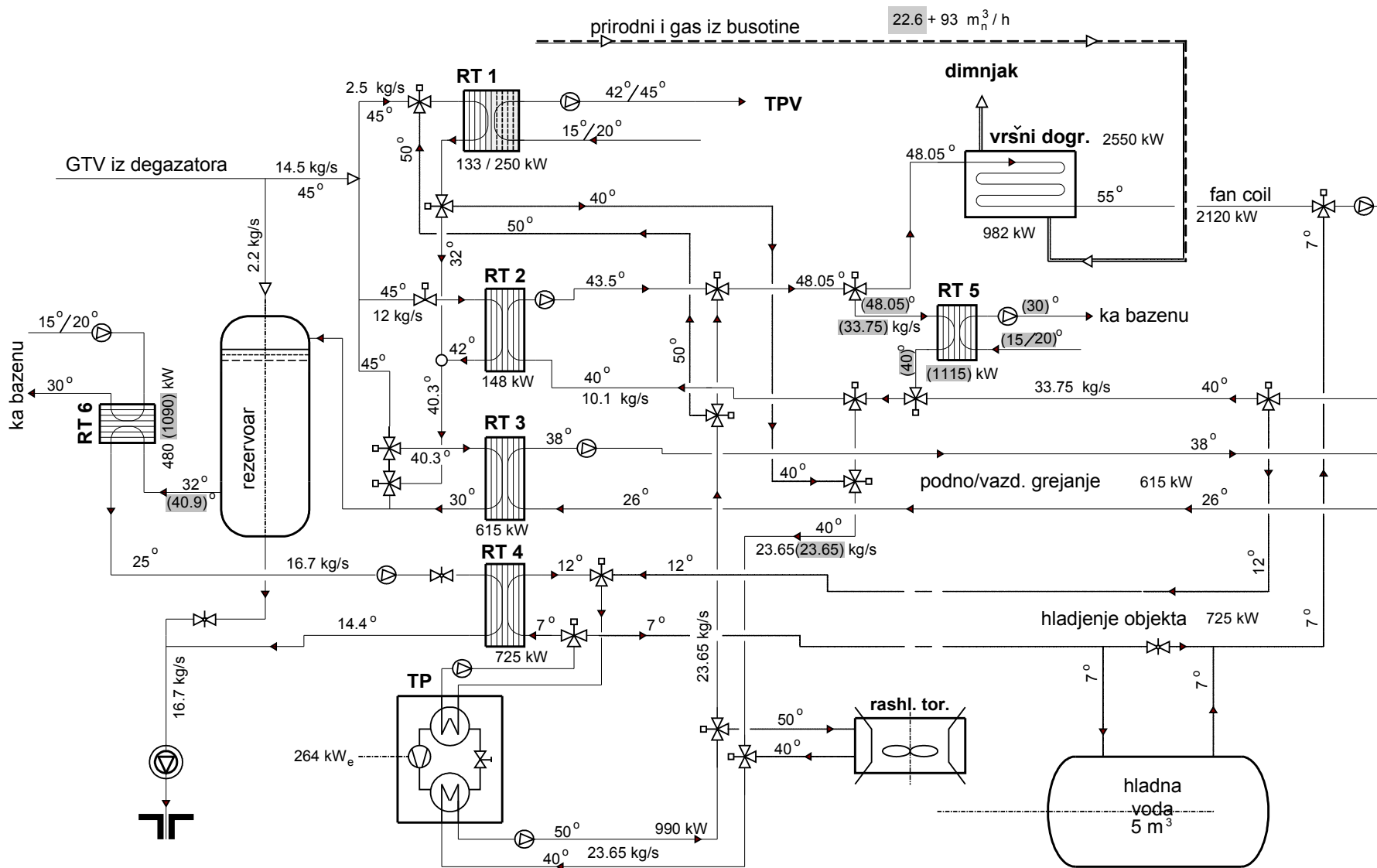
5.2 ŠEME SLOŽENIH POSTROJENJA

Složenost šeme postrojenja diktira potrošač, odnosno u našim ograničenim razmatranjima raznovrsnost potrebnih temperatura tzv. sekundarne demineralizovane vode koja kruži kroz grejna tela potrošača toplote grejući neki objekat. Ohlađena sekundarna voda se vraća na ponovno zagrevanje i tako u krug. Kada je reč o pripremi sanitarne tople vode, onda je u sekundarnom cirkulacionom krugu pitka voda (nije demineralizovana) čija je temperatura na ulazu u zagrevač (15-20)^oC, a najveći broj potrošača zadovoljava se zagrejanom vodom između 40^oC i 60^oC i upotrebljava je za pranje (kuhinjskih) predmeta, kupanje, tuširanje, ručno ili mašinsko pranje veša itd. Za dobar deo ovih potreba koristi se voda niže temperature od naznačenih tako što se domešava hladna vodovodska voda. U svakom slučaju toplotni razmenjivač u kome se priprema sanitarna topla voda "prlja se" (naslage, kamenac,...) i sa svoje sekundarne strane, što je neuporedivo manje izraženo kod demineralizovane vode. Samo u balneološkoj upotrebi koristi se primarna (geotermalna) voda direktno protičući kroz kade, zatvorene ili otvorene bazene. Svi uređaji i aparati izlažu se manjoj ili većoj agresiji, zavisno od sastojaka uglavnom rastvorenih u geotermalnim vodama, ako su sa njima u neposrednom kontaktu. Ovo je razlog uvođenja u toplotne šeme sekundarnog fluida, iako je to termodinamički štetno (dodatno degradira energiju). Značajnija je ekonomska šteta od poskupljenja postrojenja dodatnim razmenjivačem toplote i neretkom potrebom ponovnog vraćanja temperature na nivo primarnog fluida, što mora uraditi dodatni izvor energije.

Na sl. 37. prikazana je znatno složenija šema od prethodne oslonjena na bušotinu temperature 45^oC i iste izdašnosti kao prethodna 60 m³/h = 16.7 l/s = 16.7 kg/s. Ona zadovoljava 3 vrste potrošnje toplotne energije: grejanje objekata, pripremu sanitarne tople vode i pripremu takođe sanitarne vode nešto niže temperature za plivačke (rekreacione) bazene. Ova poslednja može biti zamenjena ili paralelna potrošnji u ribnjacima.

Funkciju **pripreme tople potrošne** vode obavlja toplotni razmenjivač RT1 i detaljno smo je opisali u prethodnom poglavlju. U slučaju da su potrošači grupisana domaćinstva stvar se komplikuje diskontinuitetom potrošnje, pa bi se kod većih grupa morao ugraditi akumulator sa dodatnom cirkulacionom pumpom. Međutim, mi ovde nećemo ulaziti u detalje instalacije kod potrošača, jer je to nemoguće bez konkretnih podataka o njemu, nego ćemo analiziranu šemu smatrati centralizovanim postrojenjem koje nudi iskazane mogućnosti. Treba uočiti da ova bušotina ne može sama pripremiti vodu na temperaturu 45^oC ili višu od nje. Sa dosta tesnom temperaturskom razlikom na jednom kraju razmenjivača od 3^oC može se postići polazna temperatura vode 42^oC. Mogla bi se temperaturska razlika stisnuti i na 1^oC (polazna 44^oC), ali bi to ozbiljno povećalo razmenjivačku površinu i cenu aparata. Polaznu temperaturu 45^oC, pa i nešto višu lako ostvaruje toplotna pumpa, pa je predviđena još jedna cevna linija od nje prema RT1 i nazad. Ova cevna veza ima i posebnu funkciju rasterećenja rashladnog tornja (kule) i treba je maksimalno koristiti, a naročito u letnjem periodu kada toplotna pumpa obavlja funkciju rashladnog uređaja.

Grejanje objekata je predviđeno na dva temperaturska nivoa i to 55^o/40^oC za radijatorsko (umesto klasičnog radijatora bolji je sve češći fan-coil) i 38^o/26^oC za podno ili vazdušno grejanje. Izbor dva nivoa je skoro obavezan. On obezbeđuje racionalnije korišćenje ovako niskotemperaturnog prirodnog izvora, svi ga preporučuju, a i termodinamička analiza ukazuje na njegove prednosti. Geotermalni izvor sa 45^oC jedva se nešto malo uključuje u sistem **radijatorskog grejanja** (sa 148 kW) dok je povratna temperatura 40^oC ili niža. Mi računamo da se režim 55/40^oC može održavati do blizu 0^oC spoljne temperature standardnim prekidnim grejanjem 16 h/dan, a do oko - 5^oC produžavanjem grejanja na 24-časovno.



Slika 37: Šema postrojenja za bušotinu 45°C i izdašnosti $60 \text{ m}^3/\text{h}$

Za nekolicinu ledenih dana i noći ispod te granice mora se uključiti **vršni dogrejač** (toplovodni kotao). To je drugi neophodan aparat za ovaj grejni krug i ima dvostruku ulogu u njemu. On pre svega služi za podizanje polazne temperature na 55°C, da korisno sagori 22.6 m³/h separisanog iz geotermalne vode (ako to postoji) pomešanog sa 93 m³/h prirodnog gasa i tek tako postigne polaznu temperaturu. On će, dakle, kontinualno raditi u baznom režimu grejanja snagom 982 kW, a kratko i povremeno služiti kao vršni izvor do 2,550 kW toplotne snage.

Šema pokazuje da se geotermalni izvor sa 45°C jedva i sa skoro beznačajnom snagom može neposredno uključiti u uslovno nazvan "visokotemperaturni" krug grejanja i da uz vrlo tesne temperaturske razlike može ostvariti do 43.5°C u sekundarnoj vodi. Mešanjem ovog relativno malog protoka (10.1 kg/s) sekundarne vode iz **razmenjivača toplote** (RT2) sa snažnim protokom 23.65 kg/s koji je iz povratnog voda grejanja skrenut ka **kondenzatoru toplotne pumpe** i zagrejavao se na 50°C, postiže se vrlo snažan protok (33.75 kg/s = 121.5 t/h) sa solidnom temperaturom 48.05°C. Do tog stanja polazna voda nosi u sebi snagu 148 kW iz RT2 i 990 kW iz toplotne pumpe. Od ukupne snage 148+990 = 1,138 kW, 264 kW su od električnog izvora, a sve ostalo (874 kW) od geotermalnog izvora i to golemom većinom posredno preko toplotne pumpe. Dakle, u ovom krugu grejanja oslanjanjem na geotermalni izvor odlučujuću ulogu ima toplotna pumpa koja spušta temperaturu geotermalne vode na 14.4°C, odnosno sasvim blisko okolini. Uz sve ovo ipak je potreban još jedan toplotni izvor snage 982 kW da se postigne 55°C u polaznoj vodi. To ne može postići dotok gasa separisanog u degazatoru (ako ga uopšte ima više nego za baklju), tako da se i u bazno grejanje mora uključiti dodatno gorivo.

Krug niskotemperaturskog grejanja obslužuje **razmenjivač toplote** RT3, koji transformiše već korišćenu geotermalnu vodu iz RT1 i RT2. U njoj još ima potencijala (na ulazu 40.3°C), koji je tesno iznad 38°C polazne vode ovog kruga grejanja kao neke krajnje još prihvatljive temperature podnog pa i vazdušnog grejanja. Povratna temperatura je 26°C i ona ostavlja pristojnu razliku do 30°C, koliko ima 14.5 kg/s protoka geotermalne vode posle neposredne predaje toplote u pripremi sanitarne tople vode (RT1), radijatorskog grejanja (RT2) i podnog ili vazdušnog grejanja (RT3). Treba uočiti da ovaj krug na šemi nije obezbeđen vršnim grejačem, a potreban mu je. Prostori koji se greju na ovakav način skoro uvek imaju ugrađene i radijatore kao osnovno ili "dežurno" grejanje. Podno grejanje ne trpi dizanje temperature ovde sekundarnog fluida, pa redovno nije samo za sebe dovoljno da podmiri potrebe pri niskim spoljnim temperaturama (pod nema dovoljnu površinu za instalaciju koja pokriva vršno opterećenje). Kod vazdušnog grejanja sekundarni fluid zagreva vazduh i ubacuje ga u prostoriju sa ograničenom temperaturom i protokom koji ne stvara neprijatnu promaju, pa i ono mora imati "dežurnu" instalaciju koja rešava problem vršnog grejanja. Dakle, oba moraju biti vezana na vodu iz vršnog kotla.

Protok od 14.5 kg/s sa 30°C, koji je obavio svoju funkciju zagrevanja sanitarne vode i grejanja prostorija meša se u rezervoaru sa 2.2 kg/s još neupotrebljene geotermalne vode iz degazatora i u njemu održava 32°C. Iz rezervoara pumpa povlači sav protok bušotine 16.7 kg/s kroz RT6, u njemu zagreva vodu za **plivački bazen** na 30°C, a sama se ohladi na 25°C. Tu je negde realna granica korišćenja geotermalne vode bez pomoći toplotne pumpe. Međutim, toplotna pumpa tehnički lako spušta tu granicu na 14.4°C i omogućuje iskorišćenje geotermalnog izvora snagom 2,139.5 toplotnih kW ili sa gubicima na razmenjivačima oko 2% realno se iskoristi oko 2,100 kW. Kad nema bazena i preostala 2.2 kg/s sa 45°C lako se prebacuju na jedan od krugova grejanja. Valja naglasiti da je predložena šema inače fleksibilna. Ako se razmenjivači toplote u investiciji dimenzionišu nešta komotnije prebacivanje snage sa jednog na drugog potrošača vrše automatski vođeni ventili, koje, naravno treba ugraditi kao i uređaj za automatsko upravljanje postrojenjem.

Ovako opisana funkcija predložene instalacije teče u vreme grejne sezone tokom 16 h dnevno (tzv. prekidno grejanje danju i isključenje noću) oko 200 dana godišnje, odnosno oko

3,200 h/a. Tako bi celo postrojenje bilo isključeno noću oko 1,600 h/a. Stajanje postrojenja koje se otplaćuje (ili je već plaćeno) nikako nije dobro. Ono je već prirodom stvari osuđeno na stajanje pola godine istekom grejne sezone, pa valja potražiti načina da se koristi barem noću u grejnoj sezoni i nekom delu vremena van sezone.

Predložena šema to omogućuje pod uslovom da postoji snažan potrošač tipa plivačkog bazena ili njemu vrlo sličnog ribnjaka. Malo je verovatno da bi to mogli biti obližnji platenici, ali ni to ne treba isključiti kao povoljnu alternativu. Dakle, ako bi postojao plivački bazen, onda bi se osim malog dnevnog zagrevanja sa 480 kW toplotne snage, noću lako mogla upotrebiti vrlo velika snaga od $1,090+1,115=2,205$ kW za njegovo (njihovo) zagrevanje. Naime, po prestanku rada RT3 (RT1 nastavlja kontinualno pripremu sanitarne tople vode i noću, kao i u letnjoj sezoni), u rezervoaru bi temperatura bila oko 40.9°C (podaci o noćnom režimu rada su osenčeni na šemi). Toplotna pumpa i RT2 bi nastavili proizvoditi 33.75 kg/s sekundarne vode temperature 48.05°C , ali bi se taj protok skrenuo prema RT5, koji bi sa 1,115 kW snage grejao vodu za bazen. S druge strane, u razmenjivač RT6 bi ulazio sav protok bušotine, ali sada sa 40.9°C , što omogućuje snagu od 1,090 kW (razmenjivač bi se dimenzionisao na taj režim rada). Tolika raspoloživa snaga bi tokom noći obezbedila potpunu zamenu vode u bazenu ili nekoliko njih zavisno od njihove veličine. Ovaj potrošač bi tokom grejne sezone povećao vreme korišćenja skoro celokupne instalacije (osim RT3 i vršnog dogrejača) za novih 1,600 h/a.

Isti ovaj noćni režim bi se mogao protegnuti i u prelaznom periodu posle prekida grejanja u dobrom delu proleća, ranog dela leta i nešto dužeg perioda rane jeseni. Kako bi u te dane postrojenje bilo raspoloživo po 24 sata dnevno, nakupilo bi se za ovu funkciju oko 1,400 h/a. Ovakvo servisiranje bazena bi garantovalo vrlo visok standard korisnicima, naročito kada bi tercijerni fluid bila nova pitka voda kojom se dnevno obnavlja sadržaj bazena. To bi, međutim, moglo podići cenu korišćenja bazena na za nas neprihvatljivu visinu. Nešto prihvatljivija bi bila solucija da tercijerna voda dolazi iz bazena i obnavlja se svežom samo koliko je neophodno (koliko nalažu higijenski propisi). Jasno je da bi masovnije korišćenje bazena uz stvarne troškove njegovog pristojnog održavanja zahtevalo dotacije lokalne samouprave, a punu cenu bi mogli plaćati gosti viših kategorija hotela.

I najzad, poslednja funkcija koju posmatrano postrojenje obavlja je **letnje hlađenje** onih istih prostorija (ili samo nekih od njih) koje se zimi greju. Taj proces obavlja toplotna pumpa, koja bi tada funkcionisala kao **rashladni uređaj**. Isključila bi se njena veza sa geotermalnom vodom, a priključio krug (bivšeg) radijatorskog grejanja. Iz "radijatora" bi se vraćala voda zagrejana na 12°C , a pumpa bi slala ohlađenu vodu sa 7°C da hladi te prostorije. Hlađenje vode bi se obavljalo u isparivaču rashladnog uređaja (toplotne pumpe). Realno je očekivati da bi se ovaj proces koristio oko 1,400 h/a (dobrim delom i u noćnim satima). Tako bi se toplotna pumpa eksploatisala zavidno dugo vreme i to: 3,200 h/a grejanje + 1,600 h/a opskrba bazena noću u sezoni grejanja + 1,400 h/a prelaznog perioda za bazen + 1,400 h/a za letnje hlađenje, dakle, ukupno 7,600 h/a.

U letnjem periodu hlađenja prostorija neophodno je hladiti kondenzator toplotne pumpe. Nema pravog potrošača za tu energiju u tom periodu. U šemi je to jedino priprema sanitarne tople vode, ali prilično slabe snage. Mogla bi se očekivati njena veća potrošnja u letnje vreme, a posebno ako bi se ponudila po nižim cenama, jer se energija sa kondenzatora ionako mora baciti u okolinu i to uz troškove. To se odvija preko "suvog" **rashladnog tornja**, uz prilično snažan ventilator, odnosno uz potrošnju električne energije. U najmanju ruku treba iskoristiti RT1 i vodom sa kondenzatorskih 50°C zagrevati potrošnu vodu na povoljnijih 45°C ili nešto više, pa makar to bio manji deo protoka kroz kondenzator. Ostali deo tog protoka mora ići u rashladni toranj. Takav postupak omogućuje kupovinu nešto manjeg i jeftinijeg rashladnog tornja.

Ako se sa jedne distance sagleda opisani potrošač, vidi se da je prilično složen i zahtevan. Mali je izbor potrošača ovakve strukture. Time se značajno sužavaju realne mogućnosti da se ovakva investicija profitabilno ostvari. Cela priča liči na razućen poslovno-rekreacioni centar sa hotelom/hotelima zavidno visoke kategorije i korišćenjem mogućnosti banjskog oporavka i lečenja.

Na narednoj sl.38 prikazana je u mnogo čemu istovetna šema kao prethodna. Ipak su u njoj dve bitne razlike i to: ona se bazira na bušotini značajno više temperature 55°C uz istu izdašnost 60 m³/h, a u prethodnu šemu je ukomponovano **postrojenje gasnog motora**. Gasni motor ovde ima mesta iz dva važna razloga. Prvi razlog za uvođenje gasnog motora se pojavljuje kod slučaja kad potrošač zahteva značajno veće snage nego što daje bušotina. To je u nekom obimu bilo i kod prethodne šeme i višak potrebne toplotne snage je ostvaren sagorevanjem dodatnih količina goriva. To je tehnički lako ostvarivo i kod potrošača sa sl. 39. kao i u svakoj sličnoj situaciji. Međutim, ta se funkcija može sprovesti na povoljniji način korišćenjem kogeneracije (vidi poglavlje 4.). To je pominjani drugi razlog za komponovanje šeme sa gasnim motorom, koji je vrlo moderna tehnologija za spregnutu (istovremenu) proizvodnju električne i toplotne energije u jednom postrojenju.

Postrojenje pod uobičajenim nazivom "gasni motor" i samo za sebe je relativno složeno i sastavljeno je od motora sus (na gas kao gorivo), koji je na zajedničkom vratilu sa svojim starterom i elektrogeneratorom. Taj deo postrojenja omogućuje proizvodnju električne energije uz visoku električnu efikasnost oko 40% (netto), iako izlazni gasovi imaju čak vrlo visoku temperaturu (450 do 550)°C. Konstrukcija motora je takva da se mora hladiti vodom koja bi za samostalan motor cirkulisala kroz rashladni toranj (kod automobilskih motora "kiler"). U složenom kogeneracijskom postrojenju se to obavlja u **hladnjaku gasnog motora** (HL GM) i tako zagreva sekundarni fluid relativno velikom snagom (ovde 478 kW). Sve se to obavlja na nivou 80°C, što je u našem slučaju čak i previsoko, ali i dobrodošlo da smanji toplotni razmenjivač HL GM. Odatle sekundarni fluid (demineralizovana voda iz radijatorskog grejanja) odlazi u sledeći deo gasnomotornog postrojenja, zvani **rekuperator** toplote (REC) u kome se sekundarna voda zagreva hlađenjem izlaznih gasova iz motora, opet na relativno visokom temperaturnom nivou i relativno velikom snagom (678 kW). Ovolika snaga podrazumeva hlađenje izlaznih gasova do 120°C, što obezbeđuje termičku efikasnost oko 45.4% i uz 40% električne daje ukupnu efikasnost transformacije goriva 85.4%. U našem slučaju se temperatura do koje se hlade gasovi može značajno spustiti pošto je sekundarni (grejani) fluid negde između 50°C i 60°C.

Valjalo bi, međutim, napomenuti da se REC može jednostavno uključiti u krug nisko-temperaturnog grejanja, u kome bi se izlazni gasovi mogli ohladiti i na 35/40°C, kada bi se postigla obilna kondenzacija vodene pare iz otpadnih gasova i iskorišćena snaga povećala za oko 270 kW. Tako bi se ukupna efikasnost transformacije u gasnom motoru popela čak na 96%. Ovo premeštanje snage izvora značajno zavisi od potrošača, pa ako on ne zahteva toliku snagu na nižem nivou grejanja nema smisla činiti to na silu, ali ako ta potreba postoji ne treba je propustiti.

Ovakva šema dopušta mogućnost korišćenja absorpcione rashladne mašine u za nju povoljnim temperaturnim uslovima između 80 i 90°C. Naime, hladnjak gasnog motora (HL GM) ima baš taj nivo temperatura rashladne vode kao i solidnu snagu grejanja (toplotom iz kogeneracije!), pa bi njome mogao snabdevati generator absorpcione mašine. Ovakvu varijantu šeme postrojenja nismo proveravali pre svega zbog nemanja iscrpnih podataka o absorpcionim mašinama iz velikoserijske proizvodnje, ali i očekivanih teškoća njenog korišćenja u periodu letnjeg hlađenja. U tom periodu bi se otvorilo pitanje isplativosti pogona gasnog motora zbog ove ipak relativno male snage. Ako bi bila reč o velikoj snazi potrebnoj za hlađenje ovu varijantu bi valjalo proveriti tako da se na absorpcionu mašinu usmeri sva toplota iz kogeneracije (i HL GM i REC).

Prema šemi na sl.38. kogeneracijska toplota iz gasnog motora podiže temperaturu protoku 32 kg/s sa 50.15°C na 58.8°C i time skoro u potpunosti zatvara krug radijatorskog grejanja u baznom sistemu 60/40°C. Preostalih 1.2°C obavio bi separisani gas iz degazatora (ako ga ima bar 22.6 m³/h, što odgovara relativno niskom gasnom faktoru 0.377). Inače i ovaj mali dotok iz degazatora može proći kroz gasni motor pomešan sa prirodnim gasom, jer motor podnosi i mnogo lošije gasove nego što bi bila ova mešavina.

U noćnim satima bi se protok 32 kg/s = 115.2 t/h iz REC skrenuo na RT5 i vrlo velikom snagom zagrevao vodu za bazen (osenčeni podaci). U to isto vreme bi se pojačao rad RT6 sa dnevnih 507 na 1,210 kW noćne snage, tako da bi noću u grejnoj sezoni i svih 24 sata u prelaznom periodu prema bazenu bila usmerena snaga 3,680 kW.

Za funkciju letnjeg hlađenja predviđena je dosta manja snaga na isparivču toplotne pumpe oko 520 kW. U konkretnim uslovima projektovanja se to može značajno povećati (naravno, ako to traži potrošač) izborom snažnije toplotne pumpe (uz neznatno povećanje investicije), a to bi u grejnoj sezoni rezultiralo spuštanjem konačne temperature geotermalne vode i čak do 12°C, pa tako pojačalo i snagu radijatorskog grejanja.

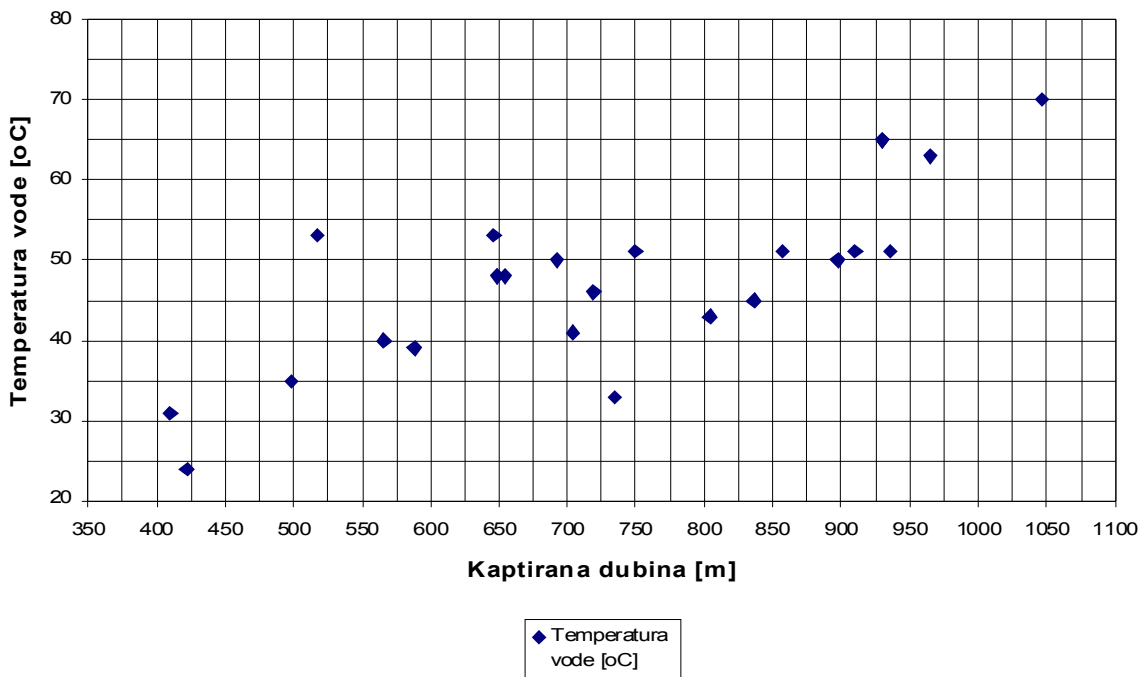
Letnje neophodno hlađenje kondenzatora toplotne pumpe treba prebaciti koliko god se može na pripremu sanitarne tople vode, a ostatak na rashladni toranj. Na šemi je veza sa rashladnim tornjem predviđena kao zajednička za gasni motor i za toplotnu pumpu. Oni to zaista mogu zajednički koristiti, jer su vremenski smaknuti (u vreme letnjeg hlađenja gasni motor ne radi). Tako kondenzator toplotne pumpe u letnje vreme može koristiti rashladni toranj gasnog motora (isporučuje se kao sastavni deo postrojenja sa gasnim motorom i obuhvaćen je ukupnom cenom isporuke, uključiv i sve elemente pripadajuće automatike). Međutim, taj toranj nije dovoljan za potrebe toplotne pumpe. Naime, on hladi motornu vodu sa 92°C na 82°C i to je na dosta visokom temperaturnom nivou, pa teče relativno lako. Na nivou 50/40°C za toplotnu pumpu to zahteva značajno veću rashladnu površinu tornja, jer mu je i snaga značajno veća 720 prema 478 kW, koliko treba u hladnjaku gasnog motora. Zato od isporučioaca gasnog motora treba tražiti isporuku snažnijeg rashladnog tornja, primerenog radu toplotne pumpe. Ne preporučuje se investiranje u zasebne rashladne tornjeve, što bi inače bilo trivijalno i najlakše tehničko rešenje, ali skupo.

5.3 EKONOMSKA OCENA PREDLOŽENIH TEHNIČKIH REŠENJA

Predložena rešenja su tehnički pouzdano ostvarljiva i temeljito proverena širokom upotrebom u ekonomski razvijenom svetu. Pri tome se misli na sastavne delove tehničkog rešenja, kao što su toplotna pumpa i postrojenje gasnog motora sa pripadajućom automatikom. Ne može se tvrditi da postoji masovno korišćenje geotermalne vode u energetske svrhe, ali ih ima priličan broj uspešnih. Naredni posao nam je ekonomska provera primenljivosti ovako komponovanih postrojenja i njihovo međusobno upoređenje radi izbora najpovoljnijeg.

Tu je prvo potrebno oceniti visinu troškova investicije u izgradnju ovakvog postrojenja. Da bismo operisali sa realnim podacima polazimo od stanja da tek treba izgraditi bušotine (proizvodnu i povratnu) ili ih zakupiti od vlasnika kao gotove objekte ili kroz plaćanje geotermalne tople vode. Raspolažemo cenama opremljenih proizvodnih bušotina sadašnjeg vlasnika NIS-a. Na osnovu ovih 10-ak konkretnih podataka sastavljena je korelaciona kriva zavisnosti cene bušotine od dubine kopanja (vidi sliku 4. u poglavlju 3.) i nje ćemo se držati. Prirodno je očekivati makar i slabu korelaciju temperature i dubine bušotine i ona je prikazana na sl. 39. Držaćemo se donekle i nje pri kalkulisanju vrednosti proizvodne bušotine, a u situaciji nepoznate cene opremljene povratne bušotine (nema ih kod nas) računamo je 10-ak % skupljom zbog dodatne opreme.

Ostali investicioni troškovi su proizašli uglavnom iz dostupnih kataloških podataka proizvođača takve opreme, kojih je uvek malo i prodavci ih nerado daju dok se ne pristupi ugovaranju konkretne prodaje. Samo neke cene proizilaze iz pretpostavki verziranih projekatana ovakvih postrojenja (dužina cevovoda, cena rezervoara i degazatora). Uz nabavnu cenu valja proceniti i troškove montaže koju treba dodati na prethodnu i tako kompletirati investicione troškove. Oni su osnovni podatak za godišnje troškove anuitetne otplate kredita, sa kojim svakako treba računati kao jedinim pouzdanim izvorom finansiranja ovakvog projekta. Detaljno ćemo taj postupak prikazati za prethodno naširoko opisane šeme na sl.37 i 38., kako bismo omogućili zainteresovanom stručnom auditorijumu da može kritički reagovati. Za sve ostale proračune (mnogobrojni su i zamorni) dijagramski ćemo prikazati konačne rezultate, koji omogućuju donošenje zaključaka o realnosti ovakvih poduhvata i redosledu primene odgovarajućih šema postrojenja. To će biti samo osnovna orijentacija za izradu studija o korišćenju konkretnih bušotina za konkretnog potrošača, a tek nakon toga bi se pristupilo projektovanju i izgradnji.



Slika 39: Zavisnost temperature na izlazu iz bušotine i njene dubine

Za bušotinu 45°C, izdašnosti 60 m³/h = 16.7 l/s (šema sa sl.37) ceo tok proračuna je prikazan u tabeli 22., a za bušotinu 55°C iste izdašnosti (šema sa sl.38) u narednoj tabeli 23.

Bušotina 45°C bez gasnog motora. U okviru naslova investicije upisana je cena dotične opreme i naznačeno množenje procenjenim faktorom cene montaže, pa se na kraju pojavljuju dve vrednosti zbira: u zagradi je nabavna cena opreme, van zgrade je zbir cena opreme sa pripisanim troškovima montaže. Za same bušotine je taj faktor 1.00, jer se računa sa tehnički pripremljenim bušotinama na koje se korisnik priključuje cevnom prirubnicom, a korišćenje počinje otvaranjem ventila na završnom delu bušotine. Ponovimo da se pojavljuju ovakva tri para zbiorova, odnosno tri osnovne varijante proračuna: (A)- otkupljuju se obe bušotine ili se plaća geotermalna voda kao da obe bušotine postoje i koriste se; (B)- otkupljuje se samo proizvodna bušotina ili se kupuje voda po ugovorenoj ceni sa NIS-om i (C)- otplaćuje se samo kredit za ostali deo postrojenja, kao da su bušotine već davno plaćene ili dobijene na poklon.

Tabela 22: Ekonomski proračun za bušotinu sa sl.37.

a) Investicija

Pumpe	kom.	9+(1 za A)	40,900x1.10		
Ventili	kom.	20	17,800x1.30		
RT	kom.	6	32,000x1.10		
Rezervoar	kom.	2	7,000x1.20		
Cevovodi			28,000x1.50		
Rashladna kula	sa TPV		32,800x1.10		
Vršni kotao	2,550 kW		46,500x1.20		
Degazator			10,000x1.10		
Toplotna pumpa	990/725/264		74,500x1.05		
Gasni motor	-		-		
Proizvodna bušotina	830 m		260,000x1.00	(289,500)	334,835 C
Povratna bušotina	830 m		290,000x1.00	(549,500)	594,835 B
			(839,500)	884,835 A	

b) Prihodi €/a

		0.035 €/kWh	0.060 €/kWh
Razl. cene EE	-	-	-
Razl. cene EE	-	-	-
Prodaja EE mreži	-	-	-
Radijatorsko grejanje	2,120x3,200x0.02x1.5		+203,520
Niskotemperaturno grejanje	615x3200x0.02x1.5		+59,040
Hlađenje	725x1,400x0.035		+35,525
TPV	133x8,200x0.02x1.5		+32,720
TPV+noć+leto	(250-133)x2,800x0.02x1.5		+9,830
Bazen uz grejanje	480x3,200x0.02x1.5		+46,080
Bazen (noć)	(1,090+1,115)x1,600x0.02x1.5		+105,840
Bazen (prelazno)	(1,090+1,115)x1,400x0.02x1.5		+92,610
			+585,165

c) Troškovi poslovanja €/a

Prirodni gas (GM)			-
Prirodni gas (dodatak)	93x3,200x35,100x0,02/3,600		-58,030
EE, toplotna pumpa + fiksni troškovi	(264x7,600+50x8,760)xcena	-85,555	-146,665
EE, pumpe+ostalo	(70x4,800+81x1,400+6x3,200)xcena	-16,400	-28,115
EE, pumpa povratne bušotine A	50x6,200xcena	-10,850 A	-18,600 A
Održavanje	-53,845* A	-47,445* B	-31,845 C
Anuitet 10 g., 10% kamate	-144,005 A	-96,805 B	-54,495 C
An(C)+pl.v 0.333(A);0.19(B);0.047(C)	-138,195 A	-102,855 B	-67,515 C
Σ po anuitetu sa 10% kamate	-368,685 / (-449,260) A	-304,235 / (-377,060) B	-246,325 / (-319,150) C
Σ po plaćanju vode	-340,875 / (-421,450) A	-294,685 / (-367,510) B	-259,345 / (-332,170) C

d) Dobit (gubitak) €/a

	A	B	C
Prvih 10 god. k=10%	+216,480 / (+135,905)	+280,930 / (+208,105)	+338,840 / (+266,015)
Prvih 10 god. plać.vode	+244,290 / (+163,715)	+290,480 / (+217,655)	+325,820 / (+252,995)
Nakon 10 god.	+360,485 / (+279,910)	+377,735 / (+304,910)	+393,335 / (+320,510)
Nakon 10 godina plać.vode	+298,785 / (+218,210)	+344,975 / (+272,150)	+380,315 / (+307,490)

* Kod varijante plaćanja vode održavanje je samo C=-31,845

Pod naslovom a) **investicija** navedene su kao prva stavka cirkulacione pumpe (komplet sa elektromotorom) snage između 4 i 10 kW tipa Willo. Ima ih prema šemi 9 i koštaju oko 40,900 €, a sa montažom koja zahteva samo pripremu postolja oko 45,000 €. Dopisana je još jedna i postoji samo u varijanti (A) za pumpanje u povratnu bušotinu. Bez valjanih iskustava (kod nas nema povratnih bušotina) predviđena je na 50 kW. Njena cena nije pod tom stavkom, nego pod stavkom povratne bušotine. Od naznačenih 20 ventila samo nekoliko je regulacionih. Procenjeni su na 17,800 €, a montaža na oko 5,300 €, što je oko 30% nabavne cene.

Od 2 rezervoara jedan je sabirnik iskorišćene geotermalne vode i služi kao tampon između bušotine i toplotnih razmenjivača. Drugi je mala akumulacija rashlađene vode i koristi se samo leti. Nešto viši procenat troškova montaže je posledica zamisli da se ukopavaju u zemlju. Rashladna kula je nešto manja i jeftinija nego što zahteva snaga kondenzatora toplotne pumpe (u letnjem periodu rada rashladnog uređaja) zahvaljujući mogućnosti da se deo protoka vode kroz kondenzator vodi u RT1 i umesto geotermalne vode zagreva sanitarnu potrošnu vodu snagom oko 250 kW (po mogućstvu i većom).

Snaga vršnog dogreivača (toplovodnog kotla) određena je tako kao da će bazno grejanje sa 2,120 kW podmiriti potrebe do oko -5°C spoljne temperature ili preko 60% maksimalne potrebne snage za pokrivanje toplotnih gubitaka za propisnu spoljnu projektnu temperaturu (između -18 i -20°C). Kad zaista naiđu tako niske temperature prestaje funkcija RT2, jer povratna voda ima temperaturu višu od 45°C i kotlu pomaže samo snažna toplotna pumpa snagom 990 kW. Značajno povećanom potrošnjom goriva (prirodnog gasa) kotao će slati oko $2,550+990 = 3,540$ kW. Ovaj deo procesa nismo obračunavali u ekonomskim računama ni na troškovnoj ni na dobitnoj strani poslovanja. To je kratkotrajan događaj nepoznate snage između 2,120 i 3,540 kW i slučajnog karaktera trajanja, ne da se valjano sračunati, a ne može bitno uticati na razliku između prihoda i troškova. Cene kotlova smo pouzdano odredili prema ponudama koje se vrte po našem tržištu i za ovaj slučaj je ona 46,500 Eu, a montažu procenjujemo na 9,300 €.

Za degazator smo se odlučili uzeti jednu sasvim osrednju vrednost oko 10,000 €, iako znamo da ona može biti i upola manja ili dvostruko viša, zavisno od sastava eruptirane vode, sadržaja gasa u njoj, propisane finoće gegazacije i konačne sudbine izdvojene mase gasa (baklja ili korisno sagorevanje u kotlu). Cena toplotne pumpe je katalogska ponuda ozbiljne zapadnoevropske firme. Po nama je ta cena vrlo prihvatljiva, a razlozi za to su povoljni uslovi rada oba njena razmenjivača (isparivač i kondenzator), koji se greju ili hlade vodom.

U šemi koju opisujemo (sl. 37) nema gasnog motora, pa ostaje samo da se iskaže cena bušotina. Prema sl. 39 temperaturi 45°C uz vrlo grubu ocenu odgovara oko 830 m dubine bušotine, a prema sl. 4, solidne korelacije, toj dubini odgovara cena oko 260,000 € i odnosi se na proizvodnu bušotinu. Cenu povratne bušotine procenjujemo na 290,000 €, odnosno na 10-ak % više od proizvodne.

Zbir pobrojanih iznosa je 839,500 € i to je nabavna cena postrojenja, koja će biti merodavna u proceni troškova održavanja. Drugi zbir je 884,835 € i to je cena postrojenja sa troškovima montaže, pa je merodavna za sračunavanje troškova otplate kredita. I u slučaju da investitor ima svoje pare i ne mora uzeti kredit realno je valjanost postrojenja ocenjivati kao da se kredit koristi, jer se "svoje pare" mogu nekom pozajmiti i ubrati kamate. U varijanti (B) su odgovarajući zbrojevi manji za 290,000 € (nema povratne bušotine), a u varijanti (C) za još 260,000 €.

Da bi se mogli sagledati troškovi poslovanja i veličina "proizvodnje" moraju se znati podaci o vremenu godišnjeg korišćenja pojedinih pogonskih celina, odnosno neka vrsta godišnjeg plana dinamike uključivanja elemenata iz šeme. Računaćemo sa korišćenjem punih snaga za planirano vreme, iako znamo da to vreme može biti i premašeno, ali i delimično manje iskorišćeno. Kod konačnog zaključivanja o preporučljivosti konkretnih rešenja o tome se mora voditi računa. Evo tih podataka raščlanjenih po tehničkim celinama i funkcijama:

- priprema TPV 8,200 h/a (342 dana/a) manjom naznačenom snagom danju, a noću u to isto vreme većom snagom (oko 2,800 h/a)
- toplotna pumpa 3,200 h/a dnevno grejanje + 1,600 h/a noćni rad za bazen i pomaganje pripreme TPV + 1,400 h/a za grejanje bazena u prelaznom periodu + 1,400 h/a za potrebe letnjeg hlađenja, dakle ukupno 7,600 h/a

- gasni motor 3,200 h/a za dnevno grejanje + 1,600 h/a noću za bazen + 1,400 h/a za bazen u prelaznom periodu, ukupno 6,200 h/a
- cirkulacione pumpe 3,200 h/a (danju) + 1,600 h/a (noću) = 4,800 h/a u grejnoj sezoni sa oko 70 kW snage; samo danju oko 6 kW za niskotemperatursko grejanje; oko 65 kW u prelaznom periodu 1,400 h/a i najzad 2 pumpe (oko 16 kW) u periodu hlađena takođe 1,400 h/a
- pumpa za povratnu bušotinu 50 kW oko 6,200 h/a, koliko se i koriste bušotine.

Pod naslovom **prihodi** iskazani su iznosi u €/a za "proizvode" koji će se prodati susednom korisniku (ako je energetske postrojenje zasebna poslovna jedinica) ili toliko vrednovati ako se potroše u okviru zajedničke firme energetske izvor + potrošač. Ovde je to samo toplotna energija raščlanjena na nekoliko segmenata zbog lakšeg i preglednijeg računanja. Kako nema proizvodnje električne energije, nego se ona kupuje iz javne mreže, prve tri rubrike ostaju prazne u formularu sastavljenom za opštiji slučaj. Posle naziva "proizvoda" napisan je izraz u kome prvi broj predstavlja toplotnu snagu postrojenja, drugi broj je godišnje vreme trajanja pogona tom snagom, treći je cena prirodnog gasa (vidi poglavlje 3.) i četvrti reguliše povećanje te cene za 50% (vidi obrazloženje na početku poglavlja 5.1).

Izračunati rezultati ne zavise od cene električne energije, pa su sa znakom + ispisani po sredini predviđenog prostora za opštiju šemu sa gasnim motorom. Cena energije podešene za hlađenje u letnjem periodu grubo je procenjena na 3.5 c€/kWh, dakle, oko 17% viša od cene energije za grejanje. Nemamo pravog repera za tačnije sagledavanje ove cene. I kod nas se ova potreba rešava masovnim korišćenjem malih kućnih aparata, koje pogoni (vrlo jeftina) električna energija, a tek ponegde se koristi centralizovani sistem klimatizacije nekih bolje stojećih poslovnih centara. Ima se neki osećaj da bi se mogla koristiti i značajno viša cena (kao da je reč o nekom luksuzu). Pretpostavljeno je da će priprema tople potrošne vode manjom snagom 133 kW iskoristiti blizu 95% godišnjeg raspoloživog vremena, a da se pojačava u letnjem periodu, kada ide pogon hlađenja (oko 1,400 h/a) i isto toliko u noćnim satima ostalog perioda godine (175 dana x 8h = 1,400 h/a).

Dinamika korišćenja plivačkog bazena je opisana na sredini poglavlja 5.2 i ovde se podrazumevala. Treba, međutim, istaći da je doprinos bazena ukupnom pozitivnom poslovanju vrlo značajan i ovde iznosi 46,080+105,840+92,610 = 244,530 €/a ili oko 42% od celokupne vrednosti prihodne strane poslovanja 585,165 €/a. To bi moglo biti otežavajuća okolnost za ostvarenje ovakve ideje (za siromahe je bazen luksuz).

Naslov **troškovi poslovanja** obuhvata neposredne troškove pogonske energije, troškove održavanja pogona i godišnju otplatu kredita, koja se prepliće sa plaćanjem geotermalne vode u zavisnosti od varijante koja se analizira. Tekući troškovi nabavke goriva (prirodnog gasa) su iskazani u prvoj stavci kao umnožak bazne potrošnje 93 m³_n/h (vidi sl.37), godišnjeg trajanja pogona grejanja 3,200 h/a, donje toplotne moći prirodnog gasa (35,100 kJ/m³_n : 3,600 kJ/kWh = 9.75 kWh/m³_n) i cene 0.02 €/kWh. Rezultat te operacije ne zavisi od cene električne energije, pa je upisan na sredini sa negativnim znakom.

U ovoj varijanti najveći neposredni trošak je plaćanje električne energije. Raščlanjen je na nekoliko stavki zbog vremenske dinamike korišćenja. Prva stavka su dva najdugotrajnija potrošača i to toplotna pumpa 7,600 h/a i jedna fiksna snaga za opšte potrebe, procenjena na 50 kW za svih 8,760 h/a. Ona, kao i sledeće zavisi od cene električne energije, pa su napisana dva iznosa. Naš sadašnji nivo cena za industrijske potrošače je oko 35 €/MWh, a u nekoj možda ne dalekoj budućnosti morala bi biti bar kao trostruka cena prirodnog gasa (vidi poglavlje 3.). Grupa cirkulacionih pumpi sa zbirnom snagom oko 70 kW u pogonu je oko 4,800 h/a (vidi tekst gore), dve u letnje vreme sa 16 kW, kao i 65 kW u prelaznom periodu rade po 1,400 h/a i još pumpa za krug niskotemperaturskog grejanja sa oko 6 kW samo u dnevnom režimu 3,200 h/a. I poslednji potrošač električne energije je pumpa povratne bušotine, pa se njen trošak pojavljuje samo u varijanti A.

Godišnji troškovi održavanja su ocenjeni kao procenat od nabavne vrednosti postrojenja. Pri tome je ceo pogon raščlanjen na 3 grupe elemenata (bušotine, gasni motor kad postoji u šemi i ostali). Za neposredno tehničko održavanje proizvodne bušotine, prema [2], dovoljno je oko 1% njene vrednosti, dakle oko 215,000 din/a ili 2,600 €/a. Ovde je, međutim, mnogo veća stavka plaćanje rente za korišćenje rudnog blaga i to oko 5% vrednosti proizvodne bušotine. Tako za varijantu (B) ukupan trošak održavanja bušotine iznosi 6% njene vrednosti, odnosno 15,600 €/a, pa sa 11% od zagrađenog zbira pod (C) za ostalu opremu (nema gasnog motora) 31,845 €/a. Onda je ceo godišnji trošak održavanja kod (B) – 47,445 €/a. Kod varijante (A) računa se trošak godišnjeg održavanja sa 4% od vrednosti obe bušotine (ne plaća se renta dvostruko, nego samo 5% cene proizvodne bušotine), te njen trošak iznosi 53,845 €/a. Najzad, za varijantu (C) 11% od vrednosti opreme bez bušotina, dakle 31,845 €/a. Za varijante kupovine geotermalne vode podrazumeva se da prodavac (vlasnik) sam održava bušotinu, pa su troškovi održavanja samo oni pod (C), odnosno – 31,845 €/a.

Godišnji trošak otplate kredita izračunava se po formuli:

$$\frac{k \cdot (k + 1)^n}{(k + 1)^n - 1}$$

gde je k efektivna godišnja kamatna stopa (izražena kao %/100), a n broj godina otplate kredita. Zadržali smo se na računanju sa $k = 10/100 = 0.1$ i $n = 10$ godina. Naravno, da će račun biti povoljniji sa manjom kamatom i dužim rokom otplate. Izračunavanjem gornjeg izraza dobija se rezultat 0.162745 (oko 63% povećan trošak nabavke i montaže opreme zbog korišćenja kredita), pa se tim brojem množi ukupan iznos investicije (uključiv i troškove montaže). Po varijantama su ti iznosi upisani pod Anuitet 10 god., 10% kamate. Za varijante plaćanja geotermalne vode sledi plaćanje anuiteta (C) u iznosu 54,495 €/a + cena potrošene vode.

U Tab. 22 samo je cena geotermalne vode 0.13 €/m³ za varijantu (B) pouzdan broj, doduše i on kao vrednost na solidno korelisanoj krivoj zavisnosti cene od temperature (sl.3). Za 45°C cena je oko 10.66 din/m³, odnosno po kursu 82 din/€ 0.13 €/m³. U toj ceni su svi troškovi vlasnika, pa i takse za korišćenje rudnog blaga. Kad bi postojale obe bušotine cena bi, naravno, bila viša, ali ne dvostruko. Isključilo bi se dvostruko plaćanje takse, tako da se dolazi do neke logične, ali fiktivne cene od 0.225 €/m³. Za varijantu (C) cena geotermalne vode sadrži samo taksu za korišćenje rudnog blaga.

Zbirovi svih troškova su napisani u poslednja dva horizontalna reda po varijantama (A), (B) i (C) i uvek su upisane po dve vrednosti. U zagradi je uvek veći trošak za višu cenu električne energije, dok je ispred i bez zgrade podatak za nižu cenu. Prva horizontala je varijanta kreditne otplate sve ili odgovarajućeg dela opreme, a druga je varijanta kupovine geotermalne vode i otplate kredita za opremu isključivši bušotine. Kod ovog primera varijanta sa kupovinom vode za (A) i (B) ima nešto manje troškove, a (C) nešto više. Sve u svemu tu nema bitne razlike i dovde bi se moglo zaključiti da je cena geotermalne vode osnovano odmerena. Međutim, ta problematika ima niz drugih aspekata, pa se zasad ne može doneti konačan zaključak o tome.

U rubrici **dobit** (gubitak) iskazani su ovi podaci kao zbir pozitivne strane poslovanja (prihodi) +585,165 €/a i odgovarajućeg negativno označenog troška, na primer –268,685 €/a kod niže cene električne energije varijante (A). To u ovom slučaju iznosi +216,480 €/a i upisuje se van zgrade kao prvi podatak pod (A) u prvoj horizontali. Za višu cenu električne energije trošak je veći i iznosi – 449,260 €/a, pa se manja dobit upisuje u nastavku u zagradi. U drugoj horizontali se na isti način upisuju dobiti za varijantu plaćanja geotermalne vode i desetgodišnje otplate ostale opreme bez bušotina. U dva poslednja reda upisane su dobiti koje se ostvaruju nakon 10 godina, odnosno nakon otplate kredita i one su, naravno, veće

od prethodnih za iznos ranije plaćane rate otplate. Ovo su absolutne vrednosti dobiti, koje zavise od uspešnosti predložene šeme postrojenja, ali i od njegove veličine, odnosno visine investicije u izgradnju postrojenja po predloženoj šemi.

Ako se prikazani iznosi dobiti podele odgovarajućom investicijom, dobiće se precizniji pokazatelj uspešnosti poslovanja. Zvaćemo ga **specifična dobit**, vodeći računa da je "specificiran" na iznos investicije (moglo se to svesti na količinu isporučene toplote ili slično). U narednim izlaganjima ćemo dijagramski prikazati i jedan i drugi podatak.

Tabela 23: Ekonomski proračun za bušotinu sa sl.38

a) Investicija

Pumpe	kom.	9+(1 za A)	41,600x1.10		
Ventili	kom.	20	17,800x1.30		
RT	kom.	6	37,600x1.10		
Rezervoar	kom.	2	7,000x1.20		
Cevovodi			28,000x1.50		
Rashladna kula kombinovano sa GM+TPV			24,000x1.10		
Vršni kotao		2,200 kW	41,000x1.20		
Degazator			10,000x1.10		
Toplotna pumpa		720/520/200	53,750x1.05		
Gasni motor		1,019 kW _e	723,500x1.02		
Proizvodna bušotina		1,000 m	350,000x1.00	(984,250)	1,041,670 C
Povratna bušotina		1,000 m	390,000x1.00	(1,334,250)	1,391,670 B
			(1,724,250)		1,781,670 A

b) Prihodi €/a

		0.035 €/kWh	0.060 €/kWh
Razl. cene EE, topl.pumpa+ fiksni	250x6200x(c-0.025)	+15,500+(3,100 A)	+54,250+(10,850 A)
Razlika cene EE, pumpe	[70x4,800+81x1,400+6x3,200]x(c-0.025)	+4,685	+16,400
Prodaja EE mreži	(1,019x6,200-2,018,600)x0.7xcena	+105,330-(7,595 A)	+180,565-(13,020 A)
Radijatorsko grejanje	2,680x3,200x0.02x1.5		+257,280
Niskotemperaturno grejanje	705x3200x0.02x1.5		+67,680
Hlađenje	520x1,400x0.035		+25,480
TPV	205x8,200x0.02x1.5		+50,430
TPV+noć+leto	(250-205)x2,800x0.02x1.5		+3,780
Bazen uz grejanje	507x3,200x0.02x1.5		+48,670
Bazen (noć)	(1,210+2,470)x1,600x0.02x1.5		+176,640
Bazen (prelazno)	(1,210+2,470)x1,400x0.02x1.5		+154,560
		910,035	1,035,735
		(905,540) A	(1,033,565) A

c) Troškovi poslovanja €/a

Prirodni gas (GM)	1,019x6,200x0.02/0.40		-315,890
Prirodni gas (dodatak)	-		-
EE, ostali fiksni troškovi	(8,760-6,200)x50xcena	-4,480	-7,680
EE, toplotna pumpa	200x1,400xcena	-9,800	-16,800
EE			-
Održavanje	-140,415 A	-131,815 B	-110,815 C
Anuitet 10 g., 10% kamate	-289,960 A	-226,490 B	-91,990 C
An(C)+pl.v 0.333(A);0.19(B);0.047(C)	-293,400 A	-240,205 B	-187,010 C
Σ po anuitetu sa 10% kamate	-760,545 / (-770,745) A	-688,475 / (-698,675) B	-610,510 / (-620,710) C
Σ po plaćanju vode	-734,385 / (-744,900) A	-681,190 / (-691,390) B	-627,995 / (-638,195) C

d) Dobit (gubitak) €/a

	A	B	C
Prvih 10 god. k=10%	+144,995 / (+262,820)	+221,560 / (+337,060)	+299,525 / (+415,025)
Prvih 10 god. plać.vode	+151,175 / (+288,980)	+228,845 / (+344,345)	+282,040 / (+397,540)
Nakon 10 god.	+434,955 / (+552,780)	+448,050 / (+563,550)	+469,050 / (+584,550)
Nakon 10 godina plać.vode	+340,680 / (+458,505)	+398,370 / (+513,870)	+451,565 / (+567,065)

* Kod varijante plaćanja vode održavanje je samo C = -91,990

Bušotina 55°C sa gasnim motorom. Ovo postrojenje (sl.38) značajno je tehnički moćnije, ali takođe mnogo skuplje. Visoka cena gasnomotornog postrojenja 723,500 € pouzdano je odmerena [3] i tu ne može biti većeg odstupanja. Ona je u rangi vrednosti obe bušotine zajedno (740,000 €), iako joj je montaža krajnje jednostavna i jeftina. Uz povećanu cenu bušotina (55°C je na oko 1,000 m dubine) to je glavni razlog znatno veće (dvostruke) investicije nego u prethodnom slučaju.

Stavka **Prihodi** (Tab.23) se suštinski razlikuje od prethodne pošto je ovde nova stavka "proizvodnja" električne energije, koja u periodu korišćenja gasnog motora (6,200 h/a) potpuno podmiruje potebe celog postrojenja, a ima i višak za plasiranje u javnu električnu

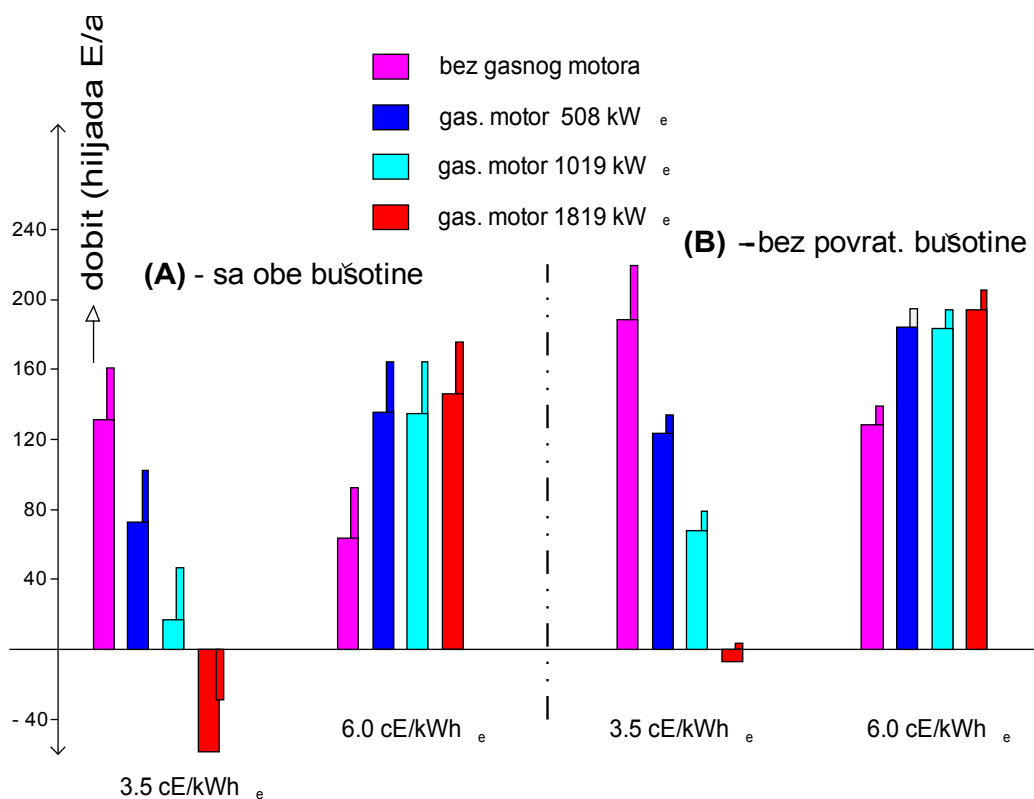
mrežu. Potrošnja dela proizvedene električne energije, koji koristi samo postrojenje, teče na prvi pogled u povoljnijim finansijskim uslovima nego kada se kupuje iz javne mreže. Taj deo se potroši skoro bez ikakvih gubitaka u distribuciji (kod nas čak i do 20%) i na njega se ne plaća porez na dodatnu vrednost. Tako nastaje ušteda oko 1 c€/kWh kod niže računate tarife, a čak 3.5 c€/kWh kod više tarife za svu električnu energiju koja ne izlazi iz kruga posmatranog postrojenja. Nju ćemo voditi kao dobitnu stavku poslovanja, a u delu tabele gde su upisani troškovi poslovanja upisaćemo pune iznose tih troškova. Iz ovoga ne valja zaključiti da je gasnim motorom proizvedena električna energija jeftinija od one iz javne mreže. U troškovima poslovanja nju opterećuje ne samo cena skupog goriva, nego i otplata investicije i troškovi održavanja. Tek kad sračunamo dobit zaključićemo da li je postrojenje sa gasnim motorom bolje ili lošije od onog koje nema taj deo instalacije. Tako su sračunate vrednosti za prva dva reda i dve električne tarife. U prvom redu je sa znakom + ispred zgrade posebno evidentiran ovaj efekat za korišćenje pumpe povratne bušotine da bi se lakše pratila varijanta (A). U trećem redu je upisan efekat prodaje viška električne energije javnoj mreži kao proizvod pogona elektrogeneratora punom snagom 6,200 h/a, umanjen potrošenim iznosom zbira 2,018,600 kWh/a iz prva dva reda ovog dela tabele.

Prodaja viška proizvedene električne energije će verovatno biti mučan posao (iskustvo razvijenih zemalja) dugačkih pregovora između ovog malog (za javnu mrežu marginalnog) proizvođača i vlasnika javne mreže. Tehnički nema nikakvih smetnji, jer "mali proizvođač" ionako mora ostati priključen na javnu mrežu (snabdevanje tokom zastoja i naročito za vreme kada ne radi postrojenje gasnog motora). Problem su finansijski odnosi između malog prodavca i ogromnog kupca te energije. Jasno je da se ne može računati prodaja po nabavnoj ceni iz javne mreže, jer mreža posle preuzimanja viška ima troškove distribucije do konačnog potrošača, uključiv i neminovne gubitke prenosa (kod nas čak i krađe). Ocenili smo da bi sniženje cene za oko 30% trebalo pokriti ove troškove, pa je ta dobitna stavka računata sa 70% cene električne energije iz javne mreže. I kod ove stavke posebno je upisana stavka za varijantu (A), sada kao negativan iznos (i pumpa povratne bušotine umanjuje raspoloživu energiju za prodaju, a ne samo potrošači iz prva dva reda, koji rade u svim varijantama). Ostale stavke su strukturno identične kao kod prethodne tabele.

Sabiranjem se dobijaju ukupni iznosi godišnjih prihoda i ima ih 4. Zagrađene i osenčene sume se odnose na varijantu (A) i naravno, manje su od iznad njih napisanih za dve preostale (B) i (C).

I stavka **troškovi poslovanja** ima specifičnosti . Ovde sav prirodni gas prolazi kroz gasni motor i sračunava se deleći proizvedenu električnu energiju (1,019x6,200) stepenom iskorišćenja (električnom efikasnošću) ovog procesa transformacije (ovde 40% = 0.40) i najzad množeći cenom gasa 0.02 €/kWh. Iz javne elekromreže pokriva se potrošnja opštih potreba kad ne radi gasni motor, kao i rashladni pogon (toplotna pumpa) u letnje vreme.

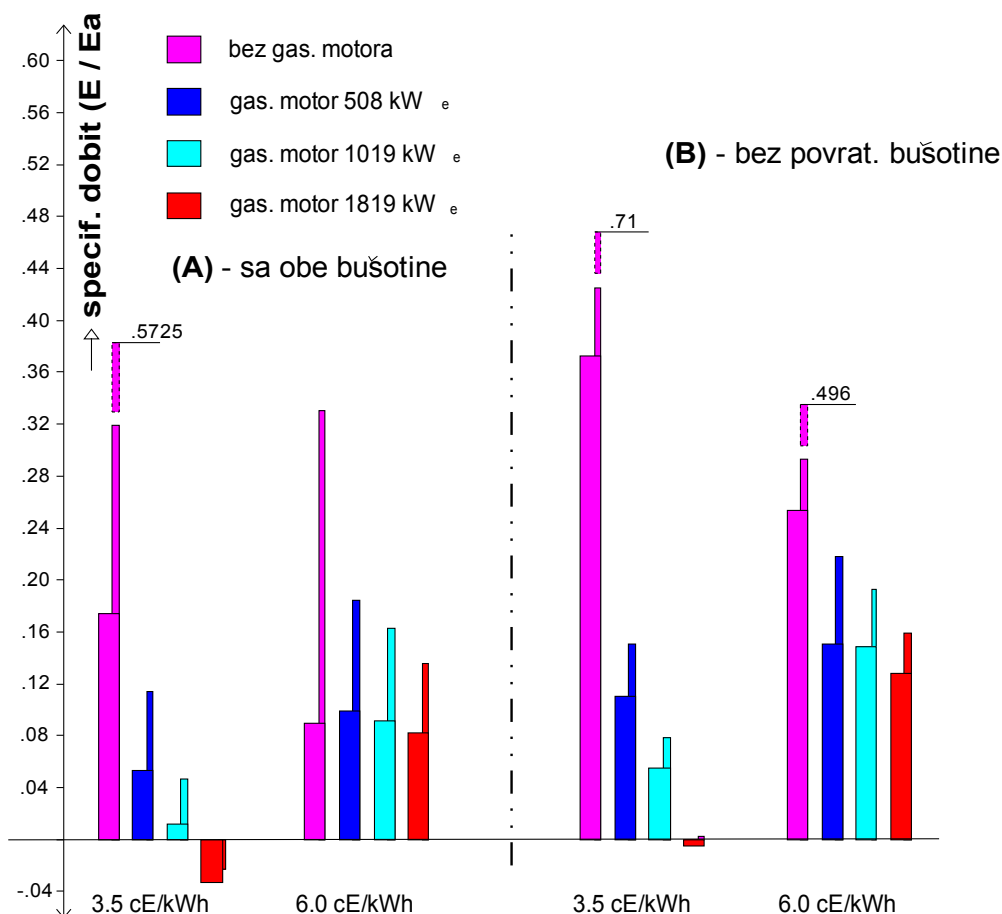
Specifičnost je i kod troškova održavanja. Ovde se posebno sračunavaju troškovi održavanja postrojenja gasnog motora i sabiraju sa prethodno objašnjenim za bušotine i ostalu opremu. Troškovi održavanja postrojenja sa gasnim motorom vezani su proporcionalno za njegovu električnu snagu uz podrazumevanje da se koristi preko 7,000 h/a (vidi sl.40 u [3.]). Za naše ne preterano niže korišćenje 6,200 h/a koriste se nešto veći koeficijenti proporcionalnosti od preporučenih i to: 0.0145 za snagu 508, 0.0137 za snagu 678, 0.0130 za snagu 1,019 i 0.0125 €/hkW_e za snagu 1,819 kW_e .



Slika40: Varijante dobiti (gubitka) za bušotinu $t = 40^{\circ}\text{C}$, $V = 60 \text{ m}^3/\text{h}$

Na sl.40 prikazana je absolutna vrednost dobiti u €/a za bušotinu temperature izliva 40°C , izdašnosti $60 \text{ m}^3/\text{h}$ protoka geotermalne vode u $4 \times 2 \times 4 = 32$ proverene varijante proračuna. Širi uspravni stub prikazuje dobit pod uslovom kupovine obe (A) ili samo proizvodne bušotine (B), dok iz njega izviruje uski stub za varijantu ugovorne kupovine geotermalne vode. U svim prikazanim slučajevima povoljnija je kupovina vode od vlasnika bušotina. U svim varijantama najpovoljnija je šema bez gasnog motora dok se računa sa nižom cenom električne energije, dok je obrnuta situacija kod više cene. Kod niže cene električne energije postrojenje sa najvećim ovde analiziranim gasnim motorom od $1,819 \text{ kW}_e$ u rigoroznoj varijanti (A) sigurno ide u gubitak. Gubitak bi se verovatno ostvario i kod varijante (B), koja ima sve izgleda da se uskoro ekološki diskvalifikuje. Varijante sa gasnim motorom uz višu električnu tarifu su ujednačene i sigurno ostvaruju veću dobit. Na osnovu toga se ne može ishitreno zaključiti da su one u tim uslovima sigurno nadmoćne, te da isključuju varijante bez gasnog motora.

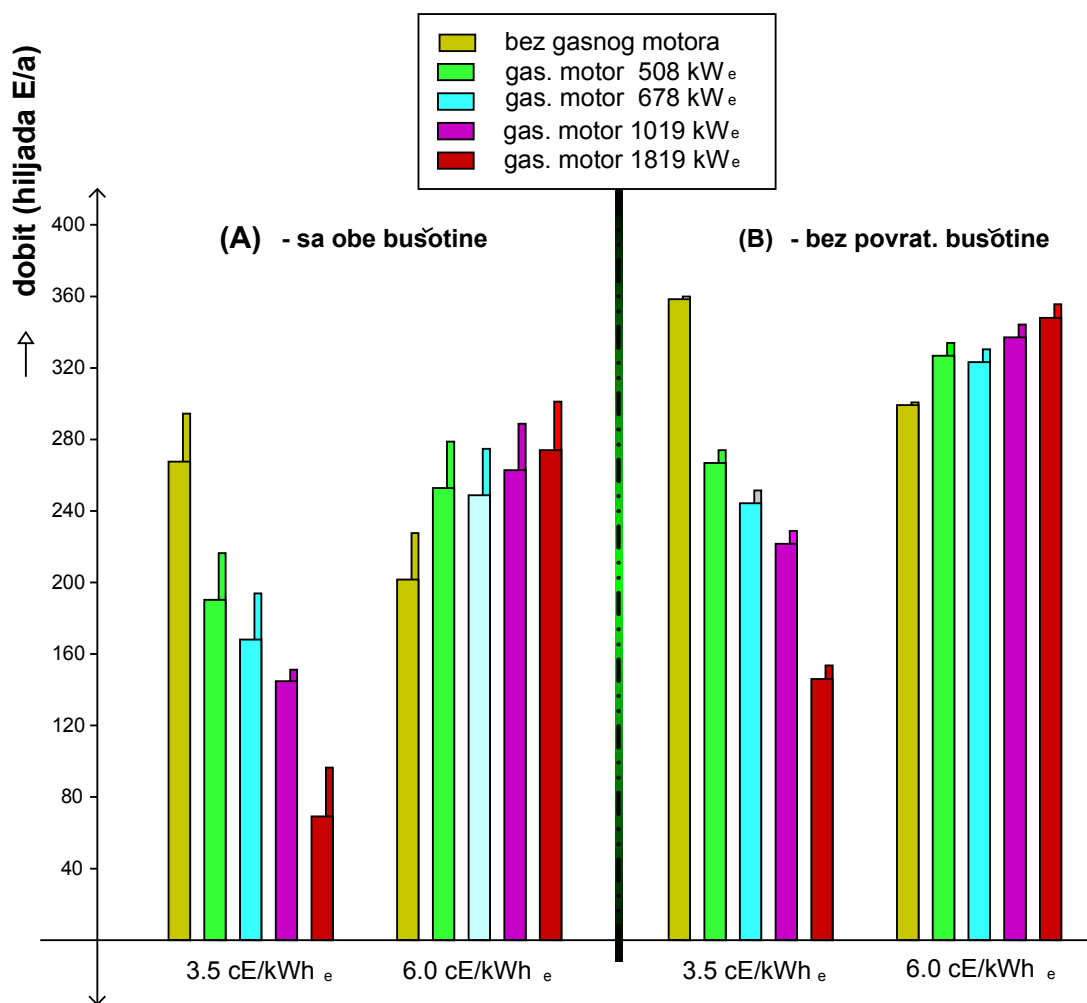
Samo postrojenje gasnog motora je skupo i u rangu je cene obe bušotine zajedno, pa cela investicija postaje visoka. Mora se zato proanalizirati sličan dijagram koji pokazuje specifičnu dobit (svedenu na visinu investicije), pa uz druge okolnosti odlučiti koja je varijanta prihvatljivija. Za istu grupu šema postrojenja on je prikazan na sl.41. Za nižu cenu električne energije specifična dobit i za (A) i za (B) je izrazito veća kad nema gasnog motora. Za višu električnu tarifu je kod (A) jednaka motornim varijantama, dok je kod (B) i značajno veća.



Slika 41: Varijante specifične dobiti (gubitka) za bušotinu $t = 40^{\circ}\text{C}$, $V = 60 \text{ m}^3/\text{h}$

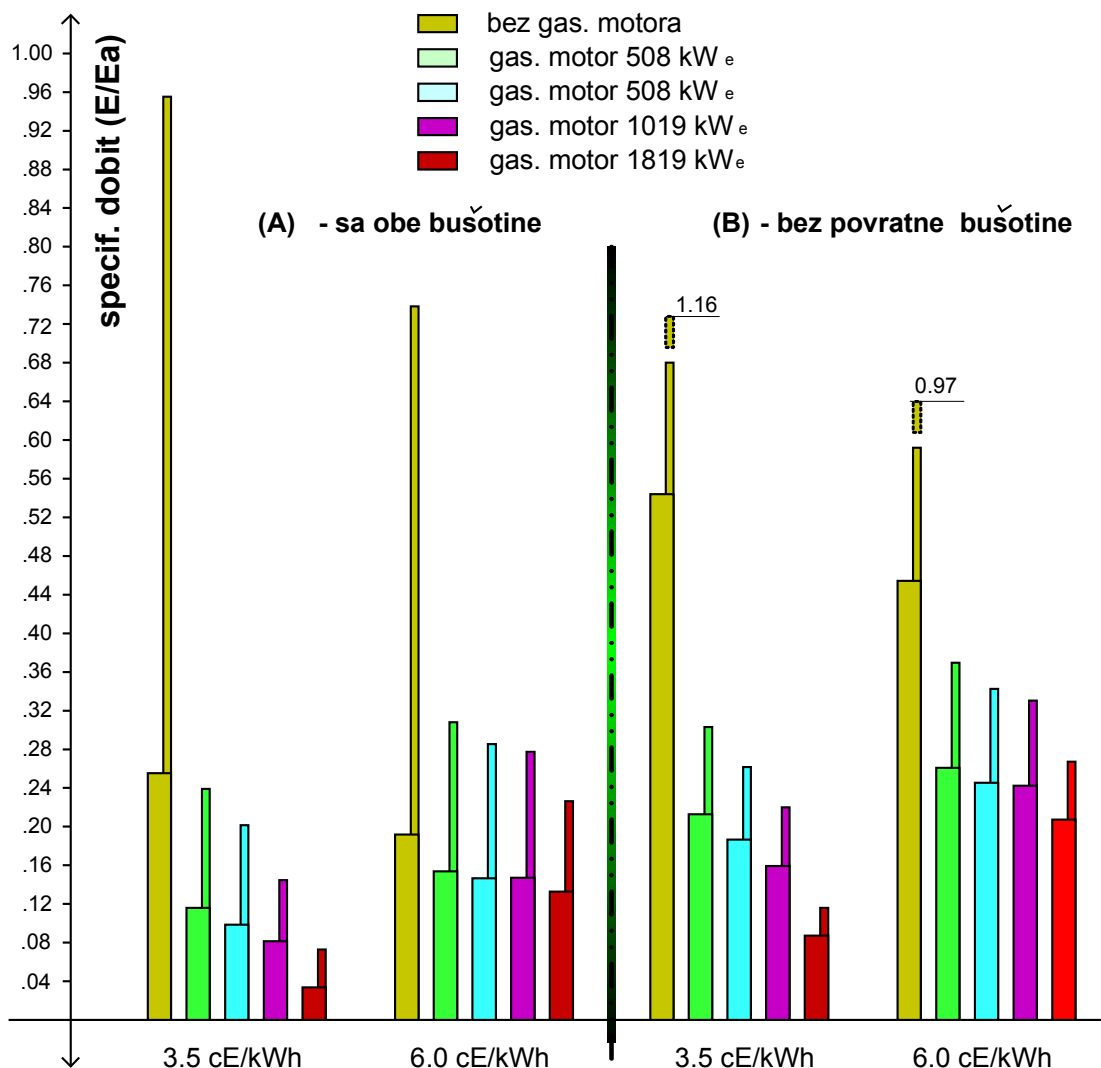
Za varijante ugovorne kupovine geotermalne vode od vlasnika bušotine specifična dobit je značajno veća u svim motornim kombinacijama, a neuporedivo je najveća kod šeme bez gasnog motora. To je, naravno, posledica činjenice da je kod svih tih računa isključena velika investicija u izgradnju bušotina, a posebna je povoljnost uklanjanje baš velike investicije u postrojenje gasnog motora. To treba ovako shvatiti: korisnik bušotina neće u njih ništa investirati, pa ako se još odluči za šemu bez gasnog motora, onda će sa zbilja malim kreditom ući u posao i brzo vratiti pozajmljena sredstva. Međutim, investicija u izgradnju bušotina se ne može izbeći, pa će je snositi njihov vlasnik. Dakle, kad se gleda na celinu ovakvog projekta moraju se računati i troškovi izgradnje bušotina. Oni stvarno postoje i samo su locirani kod nekog drugog u odnosu na neposrednog korisnika.

Iste ovakve podatke daju dve naredne slike za snažniju bušotinu sa istim izlivom, ali značajno višom temperaturom vode 55°C . Namerno se prikazuju detaljni podaci za bušotine 40°C i 55°C , kao dve krajnosti između onih koje smo analizirali. Prvo što treba uočiti je da ova znatno moćnija bušotina ni u jednoj varijanti ne nagoveštava gubitke u poslovanju. Ponavlja se ekonomska nadmoć šeme bez gasnog motora za nižu cenu električne energije, kako je to bilo i kod slabijeg geotermalnog izvora sa 40°C . Opet su motorne varijante međusobno približno izjednačene u granicama tačnosti ovih proračuna kod više električne tarife, a sve lošije kako raste snaga kod niže cene električne energije.


 Slika 42.: Varijante dobiti za bušotinu $t = 55^{\circ}\text{C}$, $V = 60 \text{ m}^3/\text{h}$

Još je izrazitija ekonomska nadmoć varijanata bez gasnog motora kad se pogleda dijagram specifične dobiti na sl.43. I ovdje valja naglasiti da su specifične dobiti varijanata kupovine geotermalne vode kod šema bez gasnog motora neuporedivo povoljnije samo sa stanovišta konkretnog korisnika bušotina, jer je najveći trošak investiranja smešten kod njihovog vlasnika. To bi, međutim, mogao biti vrlo povoljan mamac za buduće korisnike, pošto su početni troškovi eksploatacije najviše opterećeni kreditnim anuitetima. Ovako se otplata kredita raspodeljuje manjim iznosom na malu uslužnu organizaciju korisnika geotermalne vode i moćnu Naftnu industriju Srbije.

Varijante sa postrojenjem gasnog motora su, dakle, slabije i kod niže cene električne energije imaju trend opadajuće profitabilnosti porastom veličine gasnog motora, bez obzira što njegova specifična cena opada ka većim električnim snagama (uz povećane stepene korisnosti transformacije u električni oblik energije). Tako je profitabilnost kod najvećeg analiziranog gasnog motora u varijanti (A) prilično blizu poslovanja bez dobiti. Kod više cene električne energije postrojenja sa gasnim motorom su ujednačena sa blagim rastom uz porast snage i, u granicama tačnosti proračuna, konkurentna su onim bez gasnog motora ako se gleda na absolutnu vrednost dobiti. Prema vrednostima specifične dobiti ipak su značajno slabija i kod više cene električne energije.

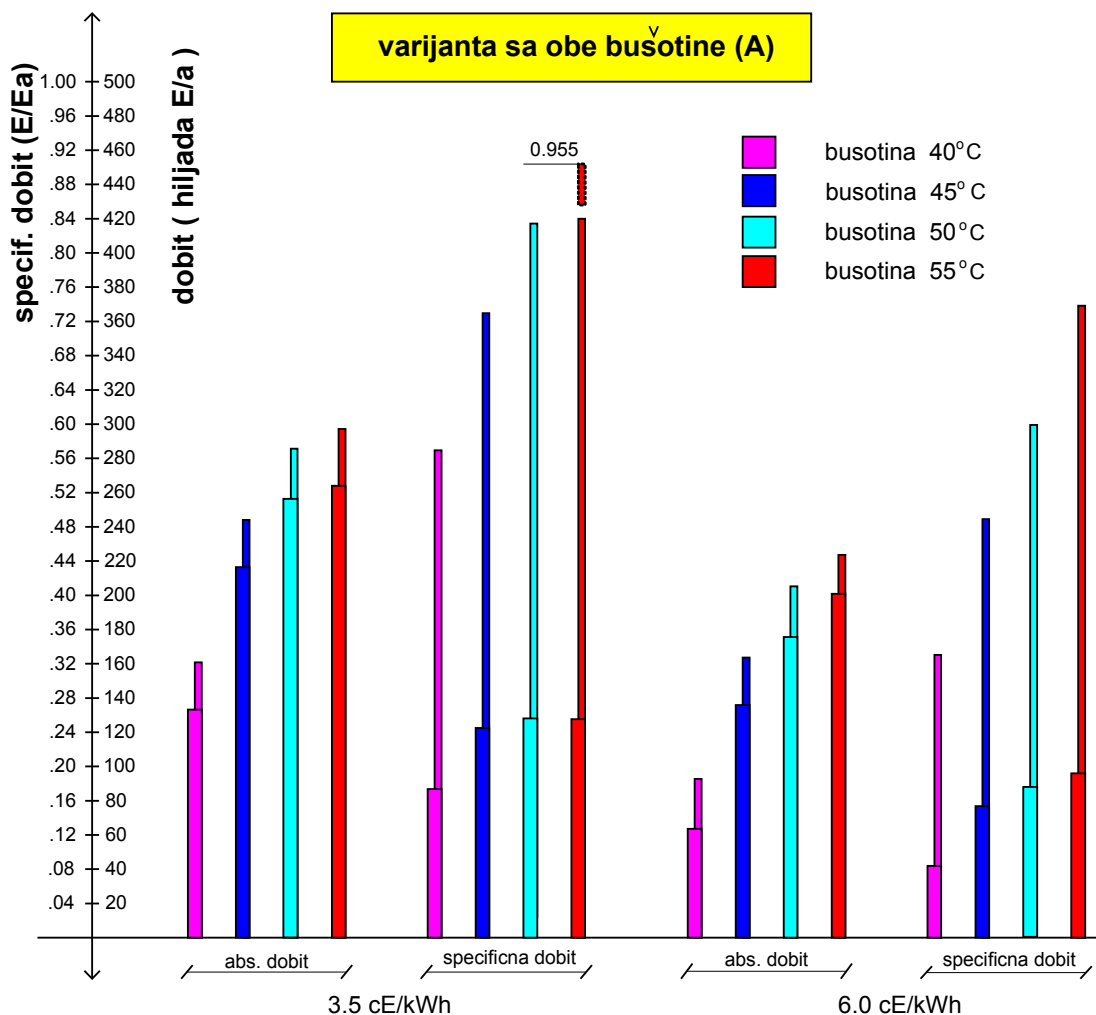


Slika 43: Varijante specifične dobiti za bušotinu $t = 55^{\circ}\text{C}$, $V = 60 \text{ m}^3/\text{h}$

Slična je, naravno situacija i kod bušotina sa temperaturama između 40 i 55°C. I to smo računski proverili, ali te rezultate ne iznosimo zbog obimnosti teksta. Ipak se još ne može zaključiti da uključivanje gasnog motora u šemu postrojenja za eksploataciju geotermalnog izvora nema perspektivu. Dovoljno je da značajnije poraste cena električne energije ili opadne cena prirodnog gasa, pa da se sve okrene u njihovu korist.

U ovom ocenjivanju posmatrane su bušotine sa dosta jakim protokom od 60 m³/h, kao što je to učinjeno i na samom početku ovog poglavlja za najpovoljnijeg i jakog potrošača. Tamo smo brojčano iskazali veliko pogoršanje poslovanja ako se taj protok prepolovi. Ne ulazeći u sračunavanje brojčanih vrednosti moramo i ovde iskazati da bi pod ovakvim uslovima iskazane dobiti znatno opale, a kod varijanti sa malim dobitima prešle u zonu negativnih vrednosti, odnosno u oblast poslovanja sa gubicima. Mora se misliti i na još jednu nepovoljnu mogućnost, a to je situacija kada bi došlo do iskakanja nekog od značajnijih potrošača, na primer plivačkih bazena. I to je dosta detaljno obrađeno u prethodnom delu teksta, pa se prema tim pokazateljima treba obazrivo poneti i kod konkretnih tehničkih rešenja uzeti ih u obzir, ako se i minimalno sumnja na mogućnost otkaza.

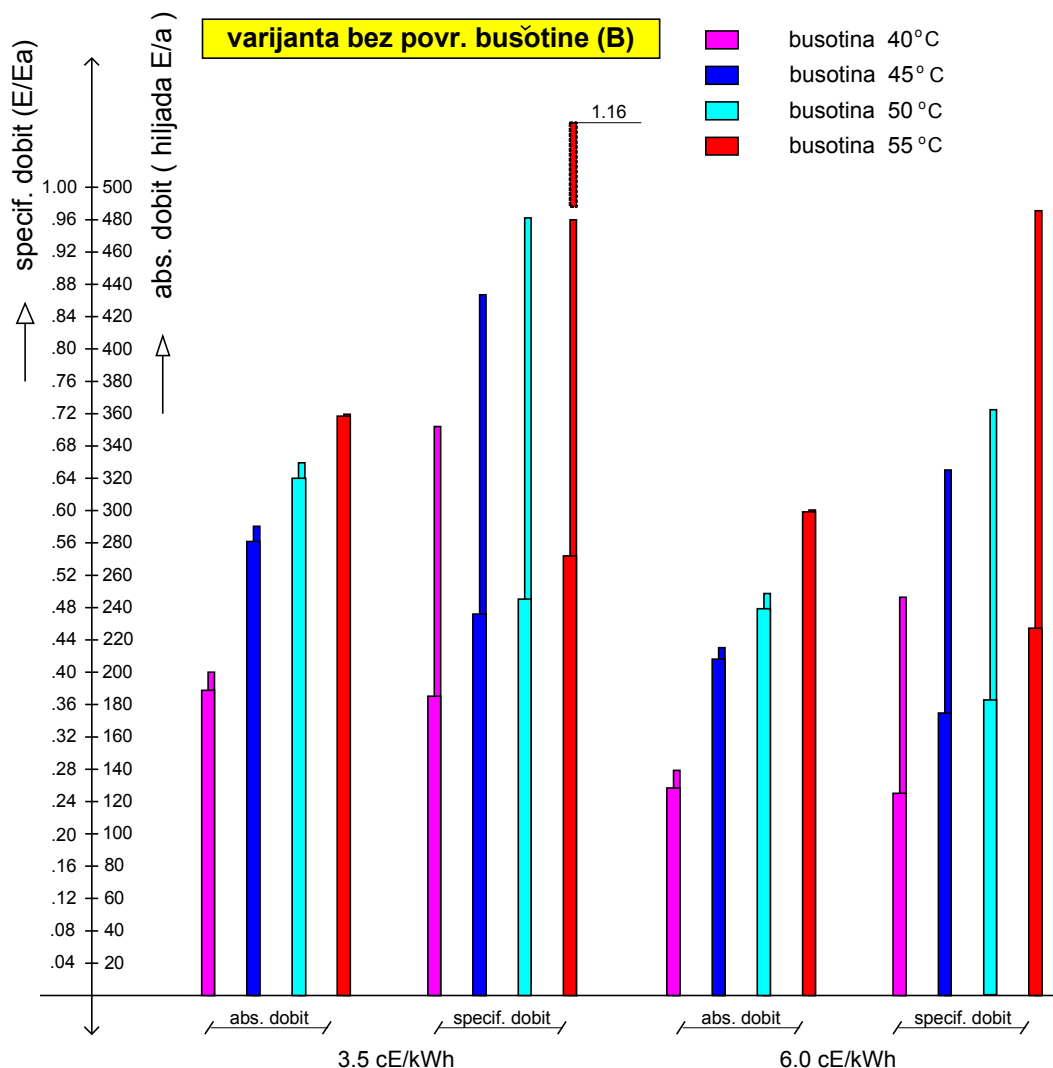
Prema sadašnjem nivou cena nedvosmisleno prednost imaju postrojenja bez gasnog motora, pa ćemo njima posvetiti pažnju i međusobno ih uporediti. Najbolje ćemo to učiniti studirajući dijagrame na sl.46. i 47., u kojima su prikazane i dobiti i specifične dobiti za šeme bez gasnog motora redom za bušotine od 40 do 55°C i za obe varijante (A) i (B).



Slika 44: Dobiti za šeme bez gasnog motora za bušotine 40, 45, 50 i 55°C var. (A)

Uočava se očekivani rast i jedne i druge veličine sa porastom temperature na izlazu iz bušotine za isti protok od 60 m³/h geotermalne vode, odnosno sa rastom toplotne snage bušotina. Pri tome je absolutna vrednost dobiti neznatno različita i veća za varijante kupovine geotermalne vode od onih kada bi se bušotine otkupile od sadašnjeg vlasnika po računatoj ceni i u varijanti (A) i u varijanti (B). Takav je odnos i za višu i za nižu cenu električne energije.

Specifična dobit je, međutim, mnogo povoljnija ako se posluje plaćanjem geotermalne vode, a da se ne menja vlasnik. U tom je pogledu bušotina 55°C, naravno, najbolja i ostvaruje oko 3.5 puta veću specifičnu dobit od najslabije sa 40°C u varijanti (A), a oko 3.3 puta kod (B). Postrojenje bez gasnog motora bi se otplatilo 3.5, odnosno 3.3 puta brže na bušotini 55°C od nešto manje dimenzionisanog na bušotini 40°C ako bi poslovalo po varijanti plaćanja geotermalne vode vlasniku bušotine. Naime, kao što smo to već ranije rekli specifična dobit (tačnije njena recipročna vrednost) je neka vrsta pokazatelja roka otplate.



Slika 45: Dobiti za šeme bez gasnog motora za bušotine 40, 45, 50 i 55 °C var. (B)

To je neposredno vidljivo iz, na primer tab.22, gde je za ovu varijantu (45°C, **A**) po nižoj električnoj tarifi dobit +244,290 €/a i nije daleko od investicionih ulaganja 334,835 €/a (nema ulaganja u gasni motor, kao ni u bušotine). Tu je, dakle, specifična dobit količnik $244,290 / 334,835 = 0.73$, a njena recipročna vrednost 1.37, što ukazuje da bi se otplata trajala oko $1.37 \times 12 = 16.5$ meseci pod uslovima 10-godišnjeg kredita sa kamatom 10%. Kod dvogodišnjeg kredita sa 10% kamate postrojenje bi se otplatilo za te dve godine dana i ostalo bi $2 \times (244,290 - 0.576 \times 334,835) = 102,720$ €, odnosno 51,360 €/a dobiti za svaku godinu. U narednom periodu eksploatacije, kad bi otplata prestala ostvarivala bi se godišnja dobit u iznosu $244,290 + 144,005 = 388,295$ €/a. Rezultat pokazuje da se mogao koristiti i kratkoročniji kredit (negde oko 20-ak meseci).

Ima još ne mali broj aspekata izučavanja ovakvih projekata, koje nismo stigli obuhvatiti u ovoj ipak vremenski ograničenoj studiji. Razmotrimo bar još jedan, svakako važan za konačno zaključivanje o valjanosti ideje korišćenja relativno niskih potencijala geotermalnih izvora energije. Od interesa je da se razmotri situacija kada se već instalisana (i plaćena) oprema samo delimično eksploatiše. To je na neki način imperativna potreba, pošto su naši prethodni računi bazirani na korišćenju pune snage postrojenja koju omogućuje posmatrana šema, a to nije lako ostvarljivo u živom pogonu. Ova problematika ima raširenu lepezu različitih načina analiziranja. Na primer, analiza događaja kada se neki od potrošača isključi,

što smo već ranije na neki način osmotrili u slučaju da ne postoji bazen ili njemu sličan potrošač. Videli smo da bi tada ostvarene dobiti drastično opale, iako su delovi postrojenja koji ga obslužuju već pri projektovanju izostavljeni (nisu u investicionim troškovima). Mi ovde razmatramo još nepovoljniji slučaj funkcionisanja već izgrađenog kompletnog postrojenja koje koristi samo deo svog instalisanog kapaciteta. Tada ostaje pun iznos troškova otplate kredita, koji nisu mali. Smanjenjem korišćenja postojećeg kapaciteta neće se skoro nimalo smanjiti troškovi održavanja. Smanjiće se svakako neposredni troškovi za nabavku energenata, ali to neće ići proporcionalno smanjenju opterećenja, jer se pri manjim opterećenjima pogoršavaju stepeni korisnosti u energetske transformacijama.

Kad se osvrnemo na stranu ostvarivanja prihoda smanjenim korišćenjem instalisane snage konstatovaćemo da će se oni smanjiti u najmanju ruku proporcionalno smanjenju snage. Onda je očigledan put u pogoršane rezultate ukupnog poslovanja. Ova načelna stanovišta je najbolje pokazati na nekom konkretnom primeru.

Uzmimo kao primer podatke za, inače moćno postrojenje iz tabele 23. i proverimo šta se događa kad se instalisana snaga koristi u nekom smanjenom stepenu. U slučaju godišnjeg prosečnog korišćenja 80% snage pogona, što se može smatrati solidnim pogonskim dostignućem, prihodi bi bili (za A po nižoj ceni električne energije) $0.8 \times 905,540 = +724,432$ €/a. Smanjila bi se potrošnja prirodnog gasa i bila $0.8 \times 1,019 \times 6,200 \times 0.02 / 0.388 = -260,528$ €/a. Troškovi električne energije bi bili $-4,480 - 0.85 \times 9,800 = -12,810$, a troškovi održavanja $0.95 \times 140,415 = -133,394$ €/a. Rata otplate kredita se ne menja i iznosi $-289,960$ €/a, pa bi ukupni troškovi dostigli vrednost $-696,690$ €/a, što je oko 94% od onih sa punom snagom pogona. Iz prihoda i troškova sledi dobit i to $+724,432 - 696,692 = +27,740$ €/a. To je samo $27,740 / 163,820 = 0.1693 = 17\%$ od ostvarenja pogona punom snagom, a u granicama tačnosti naših proračuna negde je na granici gubitaka.

Ista ovakva provera sa 60% prosečnog godišnjeg korišćenja instalisanog kapaciteta iskazuje gubitak oko $81,740$ €/a. Kad se na ovaj način proveravaju varijante kupovine geotermalne vode pokazuje se da je to opet povoljnije, jer je otplata kredita manja za oko $120,000$ €/a, a nešto se uštedi i na plaćanju smanjene potrošnje te vode (ugovaraju se cene po m^3 vode).

6 EKOLOŠKI UTICAJI NA KORIŠĆENJE GEOTERMALNE VODE

Korišćenje geotermalne vode u energetske svrhe može imati pozitivan i negativan ekološki uticaj. U idealnom slučaju, koji u praksi ne postoji, primena u energetske svrhe hemijski potpuno čiste geotermalne vode bi redukovala emisiju gasova iz konvencionalnih izvora u onoj meri u kojoj bi se time smanjio udeo fosilnih goriva u zadovoljenju energetskih potreba. Sa druge strane, u najgorem slučaju, hemijski najprljavija geotermalna voda bi mogla "izneti" na površinu Zemlje i u atmosferu velike količine zagađujućih gasova i drugih materija te, za zadovoljenje jednakih energetskih potreba, negativan uticaj korišćenja geotermalnih voda teoretski može biti i veći od onoga koji bi nastao sagorevanjem goriva u konvencionalnim postrojenjima.

Svetske preporuke za korišćenje geotermalne energije kao obnovljive energije su izuzetno jake. Dolaze od svih važnih institucija koje se zalažu za potpunu primenu "Kyoto" deklaracije, jer primena geotermalnih voda u energetske svrhe u poređenju sa konvencionalnim rešenjima omogućava dominantno pozitivan uticaj na okolinu. Geotermalne vode mogu uticati na promenu: vazduha, vode i zemljišta u užem ili širem okruženju mesta korišćenja geotermalne vode. Ovo znači da u realnoj situaciji konvencionalna rešenja još uvek imaju višestruko izraženiji negativan uticaj na okolinu. Njegovo saniranje je takođe povezano sa daleko većim poteškoćama.

6.1 EKSPLOATACIJA POTENCIJALA GTV I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

I pored svih preporuka za korišćenje geotermalne vode, mora se imati u vidu da postoje direktni uticaji koji mogu opteretiti životnu sredinu na lokaciji gde se koristi energija GTV, i to ispuštanjem gasova i otpadnih voda u okruženje. U vezi s tim od značaja je poznavanje hemijskih svojstava vode, te je u tom smislu nužna klasifikacija (koja je ovde samo delimično naznačena u tačkama 1, odnosno 2 ove studije).

Važećim zakonom o vodama:

- ❖ "Službeni glasnik RS", br. 46 od 31. VII 1991, 53 od 16. VII 1993, 67 od 30. VIII 1993, 48 od 20. VII 1994, 54 od 26. XII 1996,

i ostalim saglasnim zakonima koji su na snazi:

- 1) Uredba o klasifikaciji voda („Službeni glasnik SRS", broj 5/68);
- 2) Uredba o kategorizaciji vodotoka („Službeni glasnik RS", broj 5/68);
- 3) Pravilnik o sadržini tehničke dokumentacije koja se podnosi u postupku za dobijanje vodoprivredne saglasnosti i vodoprivredne dozvole („Službeni glasnik SRS", broj 3/78);
- 4) Pravilnik o obrascu i načinu vođenja vodne knjige („Službeni glasnik SRS", broj 16/78 i 20/85);
- 5) Pravilnik o opasnim materijama u vodama („Službeni glasnik SRS", broj 31/82);
- 6) Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona i pojaseva sanitarne zaštite objekata za snabdevanje vodom za piće („Službeni glasnik SRS", broj 33/78);
- 7) Pravilnik o načinu i broju ispitivanja kvaliteta otpadnih voda („Službeni glasnik SRS", broj 47/83 i 13/84);
- 8) Pravilnik o uslovima koje moraju da ispunjavaju preduzeća i druga pravna lica koja vrše određenu vrstu ispitivanja kvaliteta otpadnih voda („Službeni glasnik SRS", broj 49/90);

9) Odluka o određivanju granice vodnih područja („Službeni glasnik SRS", broj 29/90).

definisane su granice prisustva pojedinih konstituenata u ambijentu. Konkretno, određena su sledeća ograničenja.

Dozvoljeni nivo H₂S po zakonu o emisiji SG 54 od 8.08.1992. je 8 µg/m³ za 3 časovno, a 50 µg/m³ za 24 časovno uzorkovanje. Ovaj gas, takođe, predstavlja problem jer ga čovek lako detektuje u vazduhu čak i pri koncentracijama manjim od 1 ppm. Efekti po životnu sredinu od H₂S i SO₂ se veoma razlikuju, njihov odnos u ambijentu se menja: na udaljenostima od oko 5 km od izvora niz vetar, utvrđeno je da sav H₂S oksidiše u vazduhu do SO₂.

Dozvoljene vrednosti za gvožđe u recipientu su do 0.3 mg/l za klase vode I i II, ili 1 mg/l za klase vode III i IV; za amonijak dozvoljena vrednost je 0.1 za klase I i II i 0.5 za klase vode III i IV; olovo je dozvoljeno do 0.05 mg/l u klasi vode I i II, ili 0.1 mg/l u vodama klase III i IV.

Dodatnim analizama, kao i izradom procene uticaja na životnu sredinu za svaku bušotinu mogu se definisati mere i preporuke koje će održati zagađujuće materije u propisanim dozvoljenim koncentracijama. U svakom slučaju, zakonski propisu nameću niz ograničenja na tehnički moguća rešenja eksploatacije GTV. Nije dakle isključeno, da potreba za evakuacijom GTV iz okruženja, nakon eksploatacije, dramatično suzi mogućnosti jer, na primer, zahteva dopunsko bušenje (injekciju GTV nazad u tle) - što uslovljava dopunske troškove i ekonomski opterećuje postrojenje. Ovo se naročito potencira najavljenom odlukom Evropske unije da se voda mora vraćati na istu dubinu, ili eventualno prečistiti na kvalitet pijaće. Pitanje je samo vremena kada će ovakvi propisi morati da se kategorično sprovede svuda pa i kod nas.

6.2 DOSADAŠNJA PRAKSA I OČEKIVANI USLOVI ZA KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U BUDUĆNOSTI

Ograničavajući faktori šire primene vojvođanskih geotermalnih potencijala u prošlosti mogu se svrstati u dve grupe: tehnološke i ekonomske.

Tehnološki faktori su povezani pre svega sa fizičko-hemijskim karakteristikama geotermalne vode i uticajima koje njihova upotreba ima na bušotine, površinske instalacije nadzemnog hidrotermalnog sistema i posebno na prirodnu sredinu zbog problema deponovanja nakon iskorišćenja.

Ekonomski faktori odnose se na probleme troškova istraživanja, istražnog bušenja i izgradnje hidrotermalnog sistema sa jedne strane i problema rentabilne eksploatacije, odnosno izbora najoptimalnijeg načina korišćenja toplotne energije vode od strane korisnika sa druge strane.

Višegodišnja praksa korišćenja geotermalnih voda koju je stekao "NIS Naftagas" gazdujući ovim resursom ukazuje na sledeće važne činjenice.

- Po sadašnjoj praksi "NIS Naftagas" sa korisnicima sklapa Ugovor o kupoprodaji geotermalne vode, u kome se obavezuje da redovno isporučuje geotermalnu vodu odgovarajuće temperature, da vrši održavanje i remont bušotine i nadzemnog dela instalacija do linije uklapanja sa korisnikom. Kupac se obavezuje da reguliše i obezbedi odvod i deponovanje, odnosno ispust iskorišćenih geotermalnih voda i snosi troškove deponovanja u skladu sa propisima koji ovo regulišu.

- Većinu hidrotermalnih bušotina "NIS Naftagas" je izbušio i ispitao o svom trošku i one su njeno vlasništvo, takođe svi hidrotermalni sistemi su izgrađeni iz sopstvenih sredstava "NIS Naftagas"-a.
- Dosadašnji način eksploatacije geotermalnih bušotina i sistema nije obezbeđivao povraćaj ulaganja, na nekim bušotinama čak ni posle 20 i više godina eksploatacije, zbog visokih finansijskih sredstava koje treba uložiti u bušenje i ispitivanje bušotina i izradu i održavanje sistema.
- Iz navedenih razloga u poslednjih 10-ak godina "NIS Naftagas" je izvodio nove bušotine kroz zajedničko ulaganje sa korisnicima, to su bušotine Kž-3/H u Kanjiži i Šaj-1/H u Šajkašu, ovu praksu će nastaviti i dalje ili će modaliteti ulaganja zavisiti od sklopljenog ugovora, odnosno cene geotermalne vode koju će isporučivati korisnicima.
- Na bušotinama sa izgrađenim hidrotermalnim sistemima koje nisu u proizvodnji treba uzeti u obzir da je neophodno ponovno ispitivanje bušotina kao i remont ili dogradnja nadzemnog sistema.
- Kod bušotina koje nikada nisu bile u proizvodnji potrebno je ponovno ispitivanje i projektovanje i izrada nadzemnog sistema ali samo pod uslovom da se sklopi ugovor sa budućim korisnikom, gde će on garantovati da će preuzimati toplu vodu. Takođe je potrebno uraditi Elaborat o rezervama, da bi se dobila Potvrda o rezervama, sledeći neophodan dokument je Odobrenje za eksploataciju.
- Za bušenje novih bušotina potrebno je uraditi Projekat istraživanja na osnovu koga se u nadležnom Pokrajinskom sekretarijatu dobija odobrenje za istraživanje, Uprošćeni rudarski projekat – kao izvođački projekat za izvođenje radova na terenu. Posle ispitivanja bušotine radi se Elaborat o rezervama i dalje je procedura kao u prethodnom stavu. Ako postoji zainteresovan investitor koji će sve finansirati, "NIS Naftagas" može uraditi svu potrebnu projektno-tehničku dokumentaciju i radove na terenu a investitor može tražiti Odobrenje za istraživanje i eksploataciju u svoje ime.
- Po sadašnjoj metodologiji formiranja cena termalne vode, koja je na preispitivanju i ne važi za "nove korisnike", cena vode podeljena je po grupama (temperatura vode na mestu predaje potrošačima 68 °C i više, (64-67) °C, (53-63) °C, (48-52) °C i ispod 48 °C, a zavisi od cene prirodnog gasa, indeksa transportnih troškova, koeficijenta pariteta prema konvencionalnim energentima koji se definiše ugovorom i koeficijenta korišćenja sistema (u odnosu na kapacitet bušotine).
- Kod utvrđivanja tehno-ekonomske ocene eksploatacije uzimaju se u obzir: utrošena sredstva za istraživanje, troškovi investicione izgradnje sistema i troškovi proizvodnje (troškovi materijala, električne energije, investiciono i tekuće održavanje, porez na imovinu i naknada za korišćenje vode).
- Do sada su vršena istraživanja termomineralnih voda pogodne mineralizacije, koja bi se posle iskorišćavanja mogla upuštati (bez prerade) u neki recepient, uslovno do ukupne mineralizacije od 10 g/l. Treba uzeti u obzir da će se kriterijumi upuštanja iskorišćenih voda u recepient znatno pooštriti a u odnosu na novu usvojenu zakonsku regulativu. U ovom momentu ne možemo sagledati potrebne troškove na izgradnji sistema na kome bi se vode prečišćavale posle korišćenja do kvaliteta koji bi se mogao upuštati u recepient.

- U Vojvodini postoje uslovi da se dobiju termomineralne vode sa većim izlaznim temperaturama, ali nisu vršena ni osnovna istraživanja, upravo iz razlog što se znalo da bi takve vode bile sa znatno višom mineralizacijom i da na dosadašnjem stepenu tehnološkog razvoja ne bi bile upotrebljive. Istraživanje ovih voda ostaje izazov za buduća vremena.

Aktuelni stavovi o načinima i uslovima korišćenja geotermalnog potencijala koji su iskazani na svetskoj konferenciji o geotermalnoj energiji u Antaliji, Turska (GWC 2005) ukazuju na pojačani trend favorizovanja svih obnovljivih izvora energije pa i geotermalnih voda ali i pooštavanje ekoloških uslova za njihovo korišćenje: Generalno, mogu se sistematizovati u sledeće stavove

- ❖ Evropska unija je već usvojila program da do 2010. godine u ukupnoj potrošnji energije 12% mora biti iz obnovljivih izvora. Sada je u toku intenzivnije lobiranje da se donese dekret po kome bi do 2020. godine to bilo 25%. Ovaj podatak će dati ogroman impuls razvoju opreme i sistema za korišćenje obnovljivih izvora, a među njima sigurno i geotermalnih. Shodno ovome, činjenica je da Vojvodina ima taj potencijal i sigurno je da se moraju izučavati načini za njegovo pravilno i što masovnije korišćenje.

Sa druge strane može se iskoristiti i saznanje da zemlje EU imaju svoje programe za smanjenje emisije gasova koji razaraju ozonski omotač. Te planove mogu ostvariti i u drugim zemljama, a da im se postignuti efekti priznaju u svom ukupnom zbiru efekata zaštite omotača. To bi mogao biti izvor za uvoz ionako nedostajućeg kapitala za investiranje u oblast korišćenja geotermalnih resursa.

- ❖ U Evropskoj uniji sve više uzima mah korišćenje energetskeg potencijala plitkih slojeva do 300m. Ugradnjom razmenjivača do tih dubina koristi se energija slojeva voda i zemlje i toplotnim pumpama priprema za korisnike. U porastu je korišćenje ovakvih sistema za zagrevanje manjih objekata, a sve više i individualnih kuća. Procenjuje se da je ovaj potencijal dovoljan za narednih 100,000 godina.
- ❖ Nepovoljan trend za korišćenje geotermalne energije je znatno pooštavanje uslova za ispuštanje iskorišćenih geotermalnih voda u okolinu. U evropskim zemljama reinjektiranje je ozakonjeno i samo vode posebnog kvaliteta mogu biti ispuštane u prirodni vodotok.

To je već rezultiralo time da su u Mađarskoj neke farme i staklenici dovedeni u vrlo težak položaj. Korišćenje vode u banleološke svrhe se na određeni način, još uvek "provlači" kroz sve oštrije mere zaštite okoline.

7 ZAKLJUČAK

- ❖ Na teritoriji Vojvodine su u proteklom periodu dosta detaljno istražene hidrotermalne vode bušenjem na 75 mesta od kojih je 65 bilo aktivno. Takođe je dosta veliki broj 27 buština tehnički opremljen hidrotermalnim sistemima za eksploataciju, a samo 15 izvora se koristio ili i sada koristi. Tako ovaj region spada u istraženije oblasti evropskog kontinenta, pa se o njegovim resursima može dovoljno sigurno zaključivati.
- ❖ Istraženi resursi su sa energetskeg stanovišta skromni, naročito u pogledu temperatura geotermalne vode na izlivu. Ima ih samo nekoliko sa preko 60 °C na dubinama oko 1,000 m, a svega 3 su između (70-82) °C. Nije verovatno da bi dalja istraživanja i skupa bušenja dala neki viši temperaturni potencijal. Prema tome, sav potencijal je ispod 90 °C, što je donja granica na opšteprihvaćenom Lindal-ovom dijagramu za primenu u proizvodnji mehaničke (električne) energije korišćenjem još uvek retkih binarnih postrojenja i znatno ispod 150 °C za primenu u klasičnim termoenergetskim postrojenjima. Drugim rečima, postoje samo teoretske mogućnosti (dosta detaljno nagoveštene u poglavlju 4 ove studije) za transformaciju potencijala vojvođanskih geotermalnih voda u mehanički, odnosno električni vid energije.
- ❖ Za ovakve geotermalne vode ostaje jedino realna mogućnost korišćenja transformacijom u toplotnu energiju za zagrevanje i to na relativno niskom nivou temperature (kod velike većine ispod 60 °C). Ovo je druga i znatno komplikovanija strana medalje korišćenja geotermalne energije. Naime, već odavno neuspešno se traga za potrošačima niskotemperaturske toplote u nizu alternativnih oblasti snabdevanja energijom (solarni izvori, otpadna toplota industrijskih pogona). Unapred je jasno da će ova primena biti rentabilna kod nekolicine industrijskih potrošača koji bi radili 7,000 h/a punim kapacitetom i bili zadovoljni ovakvim temperaturnim nivoom. Njih je, na žalost, malo, čak vrlo malo.
- ❖ Najveći broj potrošača ovakve niskotemperaturne energije je u tehnologijama zagrevanja objekata, koje su kampanjskog (sezonskog) karaktera. One se, naravno, koriste samo u zimskom periodu i to sa standardnim prekidima noću, što obezbeđuje eksploataciju izgrađenog postrojenja do 3,200h/a u tzv. baznoj snazi grejanja. Zbog malog broja vrlo hladnih zimskih dana bazna snaga niskotemperaturnog grejanja nije dovoljna, pa se mora instalirati dodatno vršno postrojenje značajno veće snage, koje će praktično stalno stajati i izazivati troškove održavanja.
- ❖ Na osnovu kazanog zaključujemo da je pre odluke o izgradnji neophodno temeljno ekonomski (i ekološki) prostudirati razne varijante toplotnih šema svakog konkretnog slučaja. Pri tome treba najozbiljnije potražiti mogućnosti za produženje vremena (sezone) korišćenja zamišljene instalacije, što odlučujuće utiče na ekonomičnost funkcionisanja. U sadašnjem momentu sagledivi resursi za produženje sezone korišćenja ovakvih geotermalnih izvora su plivački bazeni, ribnjaci, staklenici i plastenici u poljoprivredi. Za ovakve objekte su potrebne ne male investicije, ali bi u eksploataciji imali relativno niske troškove energije. Kod njih je, međutim, osnovni problem dobra organizovanost i nalaženje sigurnog tržišta.
- ❖ Konačan zaključak je da na teritoriji Vojvodine postoje geotermalni potencijali respektabilni sa stanovišta malih i osrednjih potrošača. Nisu to energetske izvori od velikog pokrajinskog značaja, koji bi bitno uticali na snabdevanje energijom. To ne znači da Pokrajina ne treba da brine o njihovom uključivanju. Naprotiv, trebalo bi svaki izgledan projekat ove vrste pomoći sistemom niskih kamata, kao što se to čini u razvijenim zemljama za sve slučajeve korišćenja zvane "zelene energije".

Ipak, za sada se ne predlažu nova bušenja, osim pojedinačnih zahteva potrošača koji su temeljno proučavali svoj projekat. Više se treba okrenuti investicijama u potrošače toplote na lokaciji postojećih bušotina većeg energetskeg potencijala, makar to išlo i sa snažno beneficiranom cenom geotermalne vode.

8 LITERATURA

- [1] Aksin V., Tonic S.: Istraživanje i korišćenje geotermalne energije u Srbiji, Srpska akademija nauka i umetnosti, Odbor za energetiku, Pododbor za geotermalnu energiju, knjiga 2. Novi Sad/Beograd, 1997.
- [2] Bašić Đ. i drugi: Studija potencijala geotermalne energije i mogućnost proizvodnje električne i toplotne energije, Nacionalni program energetske efikasnosti, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [3] Gvozdenac D., Marić M. Petrović J.: Sadašnja potrošnja energije i perspektive uvođenja modernih energetske tehnologije u industriji i komunalnoj energetici Vojvodine, Novi Sad, 2004.
- [4] Mantzos L., Capros P., Kouvaritakis N., Zeka-Paschou M.: European energy and transport - trends to 2030, National Technical University of Athens, Athens, 2003.
- [5] Milosavljević S., Vidović S.: Stanje u istraživanju i mogućnosti korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini, Zbornik referata sa XII jugoslovenskog simpozijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, Novi Sad, 1999.
- [6] Sevic S., Vidovic S.: Summary of the origin and potentials of geothermal systems of Vojvodina MEGASTOK 97, 7th International Conference of Thermal Energy Storage, Sapro, Japan, 1997, Proceedings, Paper No. 302,
- [7] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015 godine, Beograd, 2005.
- [8] Varga P.: Izvor toplote javnog kupatila u Temerinu, Novi Sad, Solar '85.
- [9] Vidović S., Varga P., Đurić S.: Utilisation of geothermal waters and geothermal energy in Vojvodina, European Geothermal Energy Congress, Szeged 2003., Hungary
- [10] Vidović S., Milosavljević S.: Geotermalni potencijal severnog i srednjeg Banata i mogućnosti korišćenja, Stručni časopis NIS-Naftagas – a, DIT, Novi Sad, 2000.
- [11] Vidović S., Nikolić M.: Korišćenje slobodnih i rastvorenih gasova iz termalnih voda za proizvodnju električne energije, JUNG 4P, Vrnjačka Banja, 2000.
- [12] Vidović S., Đurić S., Krivačević Ž.: Neki vidovi korišćenja geotermalne energije u poljoprivredi na području Vojvodine, Geothermal Energy Application in Agriculture – GEAlA2004, Athens, Greece, 2004.
- [13] Kutscher C. F.: The Status and Future of Geothermal Electric Power, Presented at the American Solar Energy Society (ASES) Conference Madison, Wisconsin June 16-21, 2000 (August 2000, NREL/CP-550-28204).
- [14] Lund J., Small Geothermal Power Project Examples, GHC Bulletin, June 1999, pp. 9-26.
- [15] Pernecker G., Uhlig S.: Low-Enthalpy Power Generation With Orc-Turbogenerator The Altheim Project, Upper Austria, GHC Bulletin, March 2002, pp. 26-30.
- [16] Maghiar T., Antal C.: Power Generation From Low-Enthalpy Geothermal Resources, GHC Bulletin, June 2001, Pp. 35-38.
- [17] Korobitsyn M. A.: New and Advanced Energy Conversion Technologies. Analysis of Cogeneration, Combined and Integrated Cycles, Amsterdam, 1998.
- [18] Gawlik K., Hassani V.: Advanced Binary Cycles: Optimum Working Fluids, September 20-23, 1998 Geothermal Resources Council 1998 Annual Meeting, San Diego, California (November 1998 NREL/CP-550-26209)
- [19] Thorin E.: Power Cycles with Ammonia-Water Mixtures as Working Fluid, Analysis of Different Applications and the Influence of Thermophysical Properties, Doctoral Thesis 2000, Department of Chemical Engineering and Technology, Energy Processes, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- [20] Dejfors C., Thorin E., Svedberg G.: Ammonia-Water Power Cycles For Direct-Fired Cogeneration Applications, Energy Convers. Mgmt Vol. 39, No. 16-18, Pp. 1675-1681, 1998.
- [21] Kalina Waste Heat Power Plant Cycle, (Island presentation, ... slajd 29).
- [22] David H.F. Liu & Bela G. Liptak: Environmental Engineer's Handbook, Boca Raton: CRC Press LLC, 1999.

- [23] Rafferty K.D.: P.E. Geo-Heat Center, Klamath Falls, Or 97601, Chapter 13: Absorption Refrigeration, pp. 299-306.
- [24] Srihirin P., Aphornratana S., Chungpaibulpatana S.: A review of absorption refrigeration technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 5 (2001) 343–372.
- [25] Pilatowsky I., Rivera W., Romero R. J.: Thermodynamic analysis of monomethylamine – water solutions in a single-stage solar absorption refrigeration cycle at lowgenerator temperatures, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 70 (2001) 287–300.
- [26] Nowak W., Stachel A. A.: Systems of simultaneous operation of low- and high-temperature heating installations and the effect on the degree of geothermal energy utilization in a geothermal heating plant, *International Geothermal Conference, Reykjavík, Sept. 2003 Session #3*.
- [27] Rafferty K. D.: P.E. Heat Exchangers, Chapter 11, *Geothermal Direct Use Engineering and Design Guidebook_* (www.geoheat.oit.edu).
- [28] Rafferty K.D., Knipe E.C.: Corrosion in Low-Temperature Geothermal Applications (www.geoheat.oit.edu).
- [29] Lund J. W.: Geothermal Heat Pumps - An Overview, *Geo-Heat Center, GHC Bulletin, March 2001*, pp.1-2,
- [30] Erding: Geo-Heating Plant, *Best Practice Projects Yearbook 1997-2000*, p. 333, www.fiz-karlsruhe.de/hpn/html/bp_de.html
- [31] Lund J.W.: Balneological use of thermal waters, *Geo-Heat Center, Downloads Papers and Articles: www.geoheat.oit.edu/pdf/pdfindex.htm*
- [32] Lund J. W.: Direct Heat Utilization Of Geothermal Resources, *Geo-Heat Center, Downloads Papers and Articles: www.geoheat.oit.edu/pdf/pdfindex.htm*
- [33] Rafferty K.: Geothermal Power Generation (A Primer on Low-temperature, small-scale applications), *Geo-Heat Center, January 2000* (Geo-Heat Center, Downloads Papers and Articles <http://geoheat.oit.edu/pdf/pdfindex.htm>)
- [34] Nichols K.: Wellhead Power Plants and Operating Experience at Wendel Hot Springs, *Geothermal Resources Council Translations, Vol. 10., 1986., Davis, CA.*
- [35] Enting D. J., Easwaran E., McLarty L. W.: Small Geothermal Electric Systems for Remote Power, *Geothermal Resources Council Bulletin, Vol. 23, NO. 10, November 1994, Davis, CA.*
- [36] Hurter S., Schellschmidt R.: Atlas of geothermal resources in Europe, *Geothermics* 32 (2003), pp. 779–787.
- [37] Mantzos L., Capros P., Kouvaritakis N., Zeka-Paschou M.: European energy and transport - scenarios on key drivers, *National Technical University of Athens, Athens, 2004.*
- [38] Đ. Bašić: Metodologija i postupak određivanja sadržaja rastvorenih gasova (ugljovodonika, metana) u slojnim vodama, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1998., 44 str.*
- [39] Lj. Stepanov i dr.: Studija perspektivnog razvoja toplifikacije gradova u SAP Vojvodini do 1985. i 2005. godine sa orijentacijom na korišćenje domaćih izvora energije, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Rudarsko geološki fakultet Beograd, Institut za ekonomiku industrije, Beograd, 1982, str. 507*
- [40] Đ. Bašić, M. Stevanov: Analiza mogućnosti ispitivanja hidrauličnih karakteristika hidrotermalnih sistema gas-voda, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1988. str. 25*
- [41] Đ. Bašić: Studija - Supstitucija gasovitog goriva sa geotermalnom energijom, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996., str. 56*
- [42] M. Dimić i dr.: Kompleksna primena geotermalnih voda u energetske svrhe, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1989., str. 78*
- [43] Đ. Bašić: Geotermalna energija kao izvor u sistemima centralizovanog snabdevanja toplinom energijom, *XI međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji KGH-80, Beograd, 1980.*

- [43] Bašić Đ., Nedeljkov M.: Analiza mogućnosti primene vazduha za staklenike (plastenike) u aparatima sa ispunom, korišćenjem geotermalne vode, XIII Međunarodni seminar za grejanje, hlađenje i klimatizaciju, Beograd, 1982.
- [44] Bašić Đ.: Ocena mesta i perspektive primene niskotemperaturnih hidrometalnih voda u sistemima za snabdevanje toplotnom energijom Međunarodni simpozijum INTERKLIMA-83, Zagreb, 8-9. juna, 1983,
- [45] Bašić Đ.: Jedan pristup analizi mogućnosti primene geotermalne energije u SAP Vojvodini, XV Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 14-16. novembra, 1984, Zbornik, str. 241-251
- [46] Bašić Đ. Milosavljević S., Vidović S.: Improved utilization of lowtemperature thermal water rich in hydrocarbongases, Third Joint Workshop of the CNRE on the use of Solar and Geothermal Energy for Heating Greenhouses, FAO of United Nation, Adana, Turkey, April 11-14 1988, Paper CNRE/88/41/1
- [47] Bašić Đ., Vidović S., Stevanov M.: A new way to use the thermal potential of geothermal waters rich in free and solubility gas, IV International Conference of Energy Storage for Building Heating and Cooling, IId International Cololloquium on Applied Geothermics, Versailles, France, October 18-21, 1988, proceedings Vol. 2, 603-606
- [48] Bašić Đ.: Osnovni pravci razvoja opreme za korišćenje niskopotencijalne geotermalne energije, Jugoslovensko savetovanje Tehničko-tehnološki razvoj opreme za energetiku, Beograd, 49-60, januar 1983, Zbornik radova, knjiga 3,
- [49] Bašić Đ.: Analiza uticaja promena ulaznih parametara procesa u postrojenju za pripremu geotermalne vode na održavanje izlaznih parametara, Automatizacija u naftnoj i petrohemijskoj industriji, Zbornik XXX JUREMA-85, Zagreb, Tuheljske toplice, april 16-19, 1985, Zbornik referata, str. 7-9
- [50] Herman Č., Bašić Đ.: Struktura algoritma programa za uporednu tehnoekonomsku analizu centralizovanih sistema za snabdevanje geotermalnom energijom, Automatizacija u naftnoj i petrohemijskoj industriji, Zbornik XXX JUREMA-85, Zagreb, Tuheljske toplice, april 16-19, 1985, Zbornik referata, 7-9
- [51] Bašić Đ.: Zagrevanje geotermalne vode kontaktom produkata sagorevanja metana, II Jugoslovenski kongres za hemijsko inženjerstvo i procesnu tehniku, Dubrovnik, maj 11-15, 1987., Materijal kongresa 5 II 9, 1-9
- [52] Bašić Đ., Marić M., Milošević O.: Mogućnosti i perspektive korišćenja termalnih voda sa rastvorenim ugljovodonicima, Zbornik referata IX Jugoslovenskog simpozijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knjiga 1 - Hidrogeologija 27-32, 20-24, 10 1987, Priština
- [53] Bašić Đ.: Patent - Uređaj za separaciju i neposredno dogrevanje geotermalne vode zemnim gasom, Termoprocena energetika, prema međunarodnoj klasifikaciji F24J 3/04; CO2B 1/10, Savezni zavod za patente Jugoslavije, nomenklatura 854/82, realizovan prototip 1984. ispitan 1985. i 1986.
- [54] Bašić Đ.: Glavni tehnološko-mašinski projekat degazacije metana iz vode za izvorište Kovilj, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1989.