

Matematički model za predviđanje potrošnje temperaturno ovisnih potrošača prirodnog plina

Pendić, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:475928>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Tea Pendić

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Tea Pendić

MATEMATIČKI MODEL ZA PREDVIĐANJE POTROŠNJE
TEMPERATURNNO OVISNIH POTROŠAČA PRIRODNOG PLINA

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: prof. dr. sc. Igor Sutlović

Članovi ispitnog povjerenstva:

1. prof.dr.sc. Igor Sutlović
2. prof.dr.sc. Veljko Filipan
3. izv.prof.dr.sc. Vladimir Dananić

Zagreb, rujan 2020.

Zahvaljujem mentoru prof.dr.sc Igoru Sutloviću na iskazanom trudu i razumijevanju tijekom pisanja ovog rada.

Zahvaljujem svojim roditeljima i bratu koji su bili uz mene u svim lijepim, ali i teškim trenucima života, uvijek me podupirali i vjerovali u mene.

Zahvaljujem svojim prijateljima i kolegama koji su mi bili oslonac i podrška u mom privatnom i fakultetskom životu.

MATEMATIČKI MODEL ZA PREDVIĐANJE POTROŠNJE TEMPERATURNO OVISNIH POTROŠAČA PRIRODNOG PLINA

Sažetak:

Prirodni plin jedan je od najvažnijih energetske izvora današnjice, a njegova potrošnja uključuje različite aspekte ljudskog života, posebno u kućanstvima gdje se koristi uglavnom za grijanje prostora i vode te u plinskim štednjacima. Osim potrošnje u domaćinstvu, prirodni plin je pronašao svoju primjenu u industriji kao sirovina ili energent, u poljoprivredi, toplanama, kotlovnica i prometu kao gorivo. Temperaturno ovisni potrošači prirodnog plina su oni čija potrošena količina ovisi o vanjskim uvjetima, odnosno temperaturi okoline. Temperaturno ovisni potrošači u Hrvatskoj zauzimaju udio od oko 40%, pa je potrebno pronaći matematički model koji bi opisao tu potrošnju. Model bi omogućio procjenu količine prirodnog plina koju operator transportnog sustava treba osigurati da bi zadovoljio dnevne potrebe potrošnje prirodnog plina. Ovaj rad daje model koji omogućuje procjenu potrošnje plina u sezoni grijanja, od početka listopada do kraja ožujka, i van sezone grijanja, od početka travnja do kraja rujna. Postoji linearna ovisnost potrošnje o temperaturi okoline, a model opisuje satnu i ukupnu dnevnu potrošnju. U sezoni grijanja uočene su znatne promjene potrošnje s promjenom temperature, dok su u razdoblju van sezone grijanja značajno manje promjene potrošnje s istom promjenom temperature. Iako postoji promjena potrošnje van sezone grijanja, taj iznos se može smatrati konstantnim i rad uzima srednju vrijednost potrošnje plina u tom razdoblju kao konstantu koja se oduzima od ukupne količine potrošnje tijekom razdoblja grijanja kako bi se dobila isključivo temperaturno ovisna potrošnja.

Ključne riječi: temperaturno ovisni potrošači prirodnog plina, potrošnja prirodnog plina, matematički model, procjena potrošnje plina

MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING THE CONSUMPTION OF TEMPERATURE DEPENDENT NATURAL GAS CONSUMERS

Abstract:

Natural gas is one of the most important energy sources of today and its consumption includes various aspects of human life, especially in households where it is used mainly for room and water heating and in gas stoves. In addition to household consumption, natural gas has found its application in industry as a raw material or energy source and in agriculture, cogeneration and heating plants. Temperature dependent gas consumers are considered to be those whose consumed quantities depend on external conditions, mostly temperature. Temperature dependent consumers in Croatia occupy a share of approximately 40%, so it is necessary to find a mathematical model that would describe that consumption. The model would make it possible to predict the quantities of natural gas that the transmission system operator would have to provide in order to meet the daily needs of natural gas consumption. This paper presents a mathematical model that describes gas consumption in the heating season, from October to April. There is a linear dependence of consumption on temperature and the model describes the hourly and total daily consumption. In the heating season, large changes in consumption were observed with a change in temperature, while in the period outside the heating season, significantly smaller changes in natural gas consumption were observed with the same change in temperature. Although there is a change in gas consumption outside the heating season, it can be considered constant and the paper takes the mean value of gas consumption in that period as a constant. This constant is subtracted from the total amount of consumption during the heating season periods in order to obtain temperature dependent gas consumption.

Key words: temperature dependent gas consumers, natural gas consumption, mathematical model, estimation of gas consumption

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	OPĆI DIO.....	2
2.1.	Transportni sustav	2
2.2.	Podzemno skladište plina.....	7
2.3.	Proizvodnja, prerada i rezerve prirodnog plina	9
2.4.	Energetski subjekti	11
2.5.	Distribucija prirodnog plina	13
2.5.1.	Gradska plinara Zagreb	14
2.5.2.	HEP-Plin d.o.o., Osijek	15
2.5.3.	Termoplin d.d., Varaždin	15
2.5.4.	Međimurje plin d.o.o., Čakovec	16
2.6.	Struktura potrošnje	17
3.	EKSPERIMENTALNI DIO	22
3.1.	Potrošnja prirodnog plina u ljetnim mjesecima	22
3.1.1.	Ljeto sa tipičnim temperaturama	22
3.1.2.	Ljeto sa netipičnim temperaturama.....	24
3.2.	Potrošnja prirodnog plina u zimskim mjesecima	26
3.2.1.	Zima sa tipičnim temperaturama	26
3.2.2.	Zima sa netipičnim temperaturama.....	28
3.3.	Prijelazna razdoblja	30
3.3.1.	Početak sezone grijanja	30
3.3.2.	Kraj sezone grijanja	32
3.4.	Potrošnja plina u jednoj godini.....	34
4.	REZULTATI I RASPRAVA.....	36
4.1.	Matematički model.....	36
4.1.1.	Sezona grijanja	36
4.1.2.	Van sezone grijanja.....	38
4.2.	Dijagram toka.....	41
5.	ZAKLJUČAK.....	42
6.	POPIS SIMBOLA.....	43
7.	LITERATURA	44
8.	ŽIVOTOPIS.....	45

1. UVOD

Utrošene godišnje količine plina variraju te se razlikuju ovisno o godišnjem dobu i temperaturi okoline. Tijekom cijele godine postoji određena potrošnja prirodnog plina koja je temperaturno neovisna jer se on koristi na djelatnosti koje ne ovise o temperaturi okoline poput industrijske proizvodnje ili u kućanstvima na procese koji ne uključuju zagrijavanje prostora. S druge strane postoji temperaturno ovisna potrošnja koja ovisi o vanjskoj temperaturi pa se grupe potrošača mogu podijeliti na temperaturno ovisne i neovisne. Zbog temperaturno ovisnih potrošača dolazi do znatnog odstupanja u potrošnji u i van sezone grijanja, potrošnja je veća u zimskim mjesecima kada su vanjske temperature znatno manje u odnosu na ljetne i proljetne mjesece. Djelatnost opskrbe prirodnim plinom složena je stvar upravo zbog nemogućnosti točne procjene potrošnje, a potrebno je dobiti okvirnu procjenu kako bi opskrbljivač osigurao dovoljne količine plina za sve korisnike te tako omogućio sigurnu opskrbu plinom. U tu svrhu radi se analiza potrošnje u prethodnim godinama kako bi se došlo do modela koji povezuje potrošene količine prirodnog plina i temperature okoline. Modelom je moguće procijeniti potrošnju u tekućoj godini na temelju poznatih podataka uz određena odstupanja.

2. OPĆI DIO

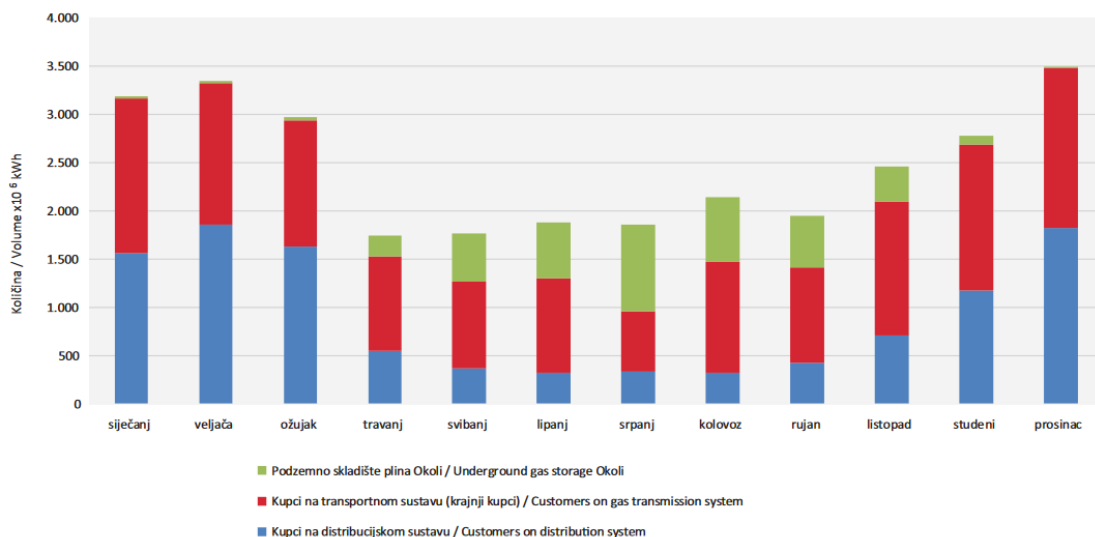
Kako bi se dobila kompletna slika o potrošnji prirodnog plina potrebno je proučiti kako je organiziran transportni sustav prirodnog plina. Na taj način je moguće dobiti uvid o količini dobavljenog i transportiranog plina, koje su županije najveći potrošači, kako se potrošnja mijenjala s godinama i kakva je struktura potrošnje s obzirom na grupu potrošača. Za razradu matematičkog modela potrošnje u ovisnosti o vanjskoj temperaturi, najvažniji podatak koji je moguće dobiti proučavanjem transportnog sustava je količina potrošenog plina po mjesecima, a kako bi dobili detaljnu sliku potrebno je analizirati i podzemno skladište plina u Okolima. Usporedba proizvodnje i rezervi plina u određenom periodu daje pobližu sliku o promijeni potrošnje i porastu uvoza, pa tako i povećanju broja potrošača, a analiza distribucije daje uvid o udjelu potrošnje pojedinih distributera plina, radi mogućnosti određivanja količine plina. Tako se dobivaju podaci o količini temperaturno ovisne potrošnje plina i broju potrošača s obzirom na grupu potrošnje, odnosno struktura potrošnje.

2.1. Transportni sustav

Tvrtka PLINACRO d.o.o., u vlasništvu Republike Hrvatske, vlasnik je i operator plinskog transportnog sustava i obavlja djelatnost transporta prirodnog plina. Transport plina je regulirana energetska djelatnost koja se obavlja kao javna usluga. [1]

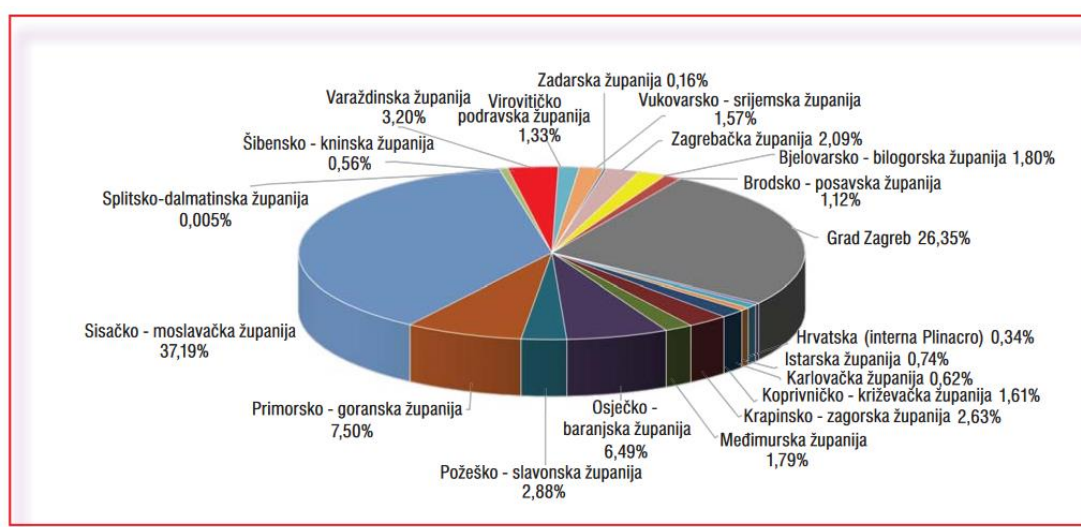
Kao operator transportnog sustava odgovoran je za transport i tranzit plina, vođenje (nadzor i upravljanje), održavanje, razvoj i izgradnju plinskog transportnog sustava, nediskriminirajući pristup transportnom sustavu, uravnoteženje količina plina u sustavu, povezivanje s drugim plinskim sustavima te je zadužen za dugoročne sposobnosti sustava da udovolji zahtjevima za transport plina. [3]

PLINACRO raspolaže sa 2.693 km cjevovoda, omogućuje predaju plina na području 19 županija, a plin se u transportni plinski sustav preuzima preko devet priključaka na ulaznim mjernim stanicama. Šest ih je u funkciji prihvata iz proizvodnih polja na teritoriju Republike Hrvatske, dva su međunarodna i u funkciji prihvata iz uvoznih dobavnih pravaca (Slovenija i Mađarska) i jedan je priključak u funkciji povlačenja plina iz podzemnog skladišta Okoli. Predaja plina iz transportnog sustava odvija se preko 195 priključaka na 157 izlaznih mjerno-redukcijskih stanica. Od navedenih, 36 je u funkciji predaje plina industrijskim kupcima na transportnom sustavu, a preko njih 158 se plin predaje u distribucijske sustave kojima upravlja 35 operatora distribucijskih sustava. [1], [2]



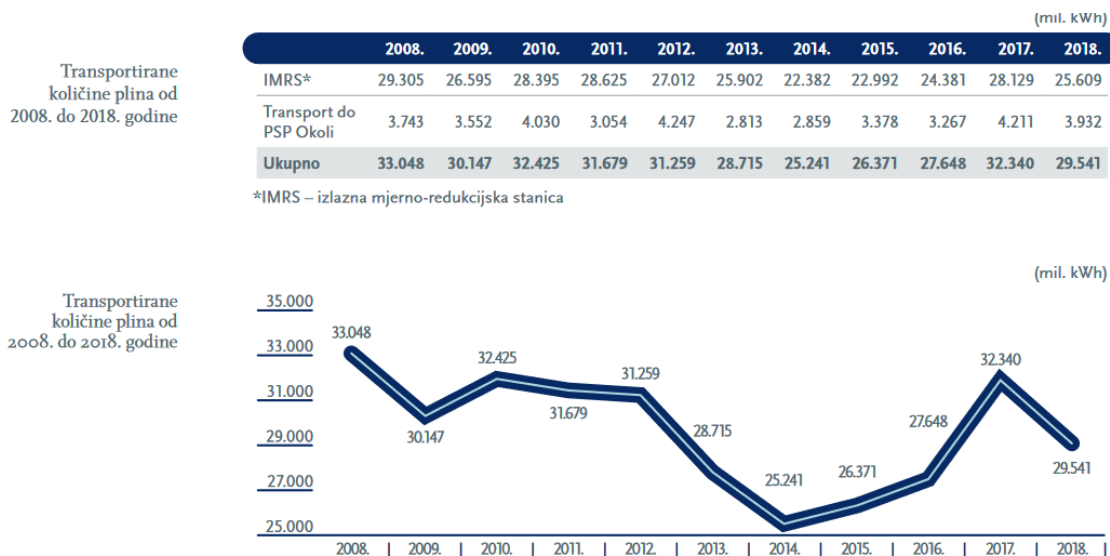
Slika 1. Struktura transportiranih količina prirodnog plina prema izlaznim mjerno-redukcijskim stanicama (IMRS) tijekom 2018. godine [1]

Na slici 1 je dana struktura transportiranih količina prirodnog plina izraženih u kWh prema IMRS u 2018. godini. Količina transportiranog prirodnog plina prema kupcima na transportnom sustavu ostaje gotovo nepromijenjena tijekom cijele godine i iznosi oko 1.500 milijuna kWh, osim u ljetnim mjesecima kada neznatno pada, oko 1.000 milijuna kWh. Podzemno skladište Okoli puni se od travnja do listopada pa su najveće transportirane količine upravo u tim mjesecima. Kupci na distribucijskom sustavu su većinom temperaturno ovisni potrošači i njihova potrošnja raste s padom temperature okoline i najveću potrošnju imaju u zimskim mjesecima.



Slika 2. Struktura transportiranih količina prirodnog plina po županijama tijekom 2018. godine [1]

Sisačko-moslavačka županija ima najveći udio u transportiranim količinama plina u iznosu od 37,19 % jer se najveći dio tog plina koristi u petrokemijskoj industriji Petrokemija d.d. kao sirovina, Grad Zagreb ima udio od 26,35 %, Primorsko-goranska 7,50 %, Osječko-baranjska 6,49 % i Varaždinska županija 3,20 % kao što je to prikazano na slici 2. Uzrok takve strukture potrošnje je taj što su to županije s najvećim udjelom temperaturno ovisnih potrošača, odnosno one u kojima se nalaze najveći hrvatski gradovi s najvećim brojem stanovnika i korisnika prirodnog plina.



Slika 3. Transportirane količine prirodnog plina od 2008. do 2018. godine [1]

Količine transportiranog prirodnog plina su u periodu od 2002. do 2018. godine varirale su od $25,2 \times 10^9$ do $33,1 \times 10^9$ kWh, a prosječna vrijednost iznosi $28,1 \times 10^9$ kWh. Najmanja transportirana količina u tom periodu je bila 2014. godine, maksimalna 2008., a u 2018. godini iznosila je $29,5 \times 10^9$ kWh. [1]

U 2018. godini su uslugu transporta plina koristila 49 opskrbljivača plinom, udružena u 14 bilančnih skupina. [2]

Podjela po kategorijama korisnika u 2018. godini glasi:

- 10 korisnika koji koriste ulaz u transportni sustav na interkonekcijama
- 1 korisnik koji koristi ulaz u transportni sustav iz mreže proizvodnih plinovoda
- 45 korisnika koji koriste izlaze iz transportnog sustava prema distribucijskim sustavima
- 12 korisnika koji koriste izlaze iz transportnog sustava prema krajnjim kupcima

U 2018. godini ukupna transportirana količina plina je iznosila 29.540.799.809 kWh, što je za 8,7 % manje u odnosu na prethodnu godinu, a gubici iznose 0,35 %, najveća dnevna količina transportiranog plina iznosila je 156.937.895 kWh/dan, a ukupni tehnički kapacitet na kraju godine je iznosio 8.673.872 kWh/h. [2]

Isporučka plina za krajnje kupce priključene na transportni sustav manja je za 14,26 % u odnosu na prethodnu godinu zbog smanjene potrošnje plina za pogon plinskih termoelektrana HEP-a d.d. i ramonta postrojenja Petrokemija d.d. u prvom polugodištu. U ukupno preuzetim količinama plina, udio plina proizveden u Hrvatskoj iznosio je 33 %, udio iz uvoza 52 % i udio preuzeti iz PSP Okoli 15 %. Isporučka plina u distribucijske sustave zbog temperaturnih uvjeta smanjena je za 0,91 % u odnosu na 2017. godinu. [3]

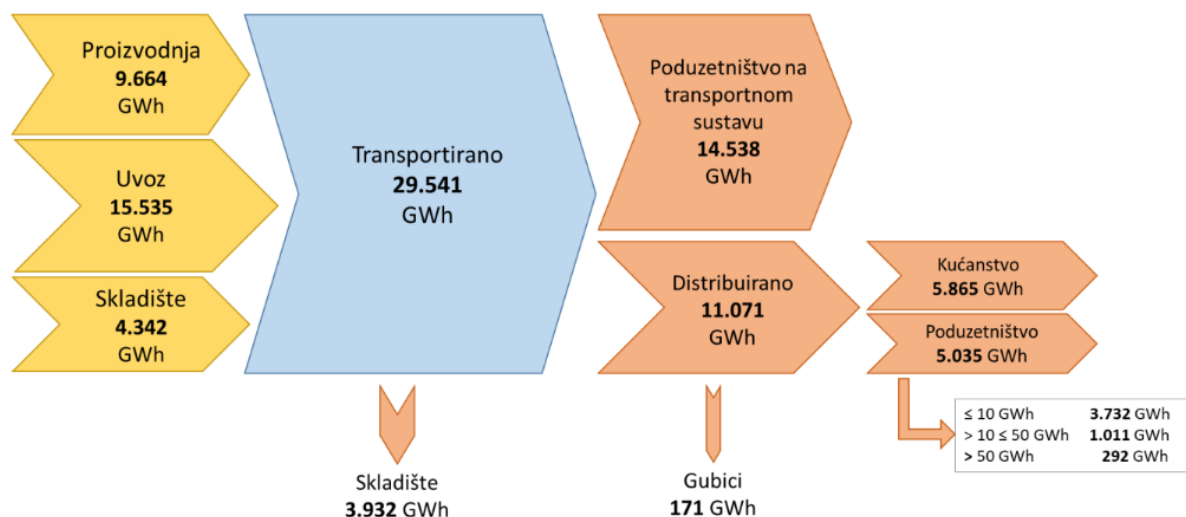
Tablica 1. Raspodjela količina prirodnog plina predanih kupcima po Regijama transporta plina [3]

Regija	Predane količine (x10 ⁶ kWh)	Udio (%)
Istočna Hrvatska	3.085	11,92%
Južna Hrvatska	9	0,03%
Sjeverna Hrvatska	8.551	33,04%
Središnja Hrvatska	12.098	46,74%
Zapadna Hrvatska	2.140	8,27%

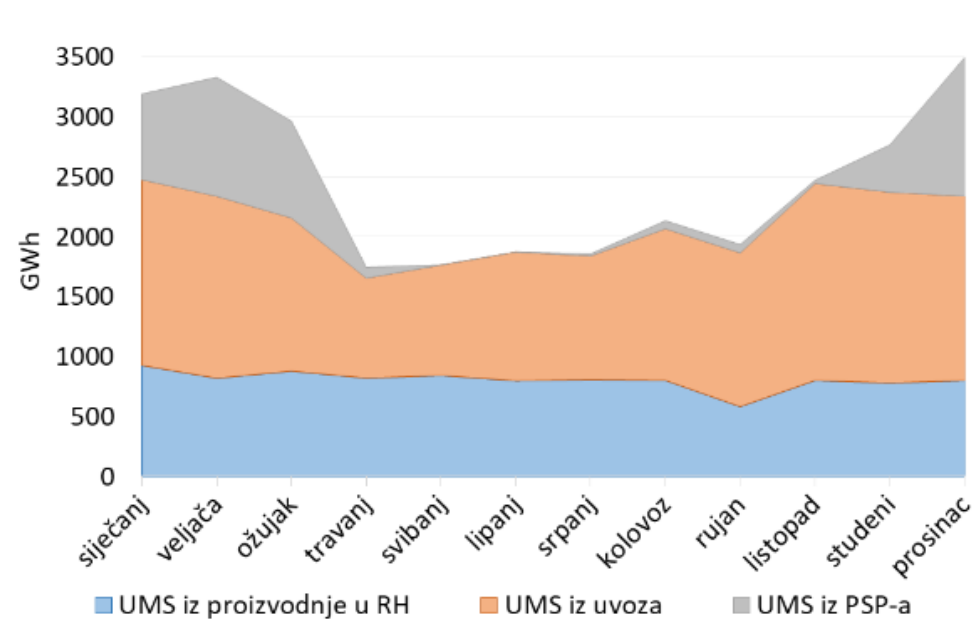
Najveću količinu predanog plina ima Središnja Hrvatska jer tu pripadaju područje Sisačko-moslavačke županije i Grada Zagreba te Sjeverna Hrvatska u kojoj se nalaze Varaždinska i Međimurska županija. Najmanju potrošnju ima Južna Hrvatska zbog znatno manjeg broja korisnika prirodnog plina kao energenta u kućanstvima i industriji.

Od prethodno navedene ukupne količine prirodnog plina na izlazu iz transportnog sustava, u 2018. godini je 14.538 milijuna kWh, odnosno 49,2 % isporučeno krajnjima kupcima izravno spojenim na transportni sustav. Kupcima na distribucijskom sustavu isporučeno je 11.071 milijuna kWh, odnosno 37,5 % ukupne količine, a u PSP Okoli isporučeno je 3.932 milijuna kWh tj. preostalih 13,3 %. Iste godine iz distribucijskih sustava je isporučeno ukupno 10.900 milijuna kWh, od čega je kućanstvima isporučeno 5.865 milijuna kWh (53,8%), a poduzetništvu 5.035 milijuna kWh (46,2%) prirodnog plina.

Ukupan broj krajnjih kupaca na kraju 2018. godine bilo je 671.736, od čega je 621.748 iz kategorije kućanstvo, 49.967 kupaca koji se opskrbljuju po tržišnim uvjetima na distribucijskom sustavu i 21 kupac koji se opskrbljuje po tržišnim uvjetima na transportnom sustavu. [2]

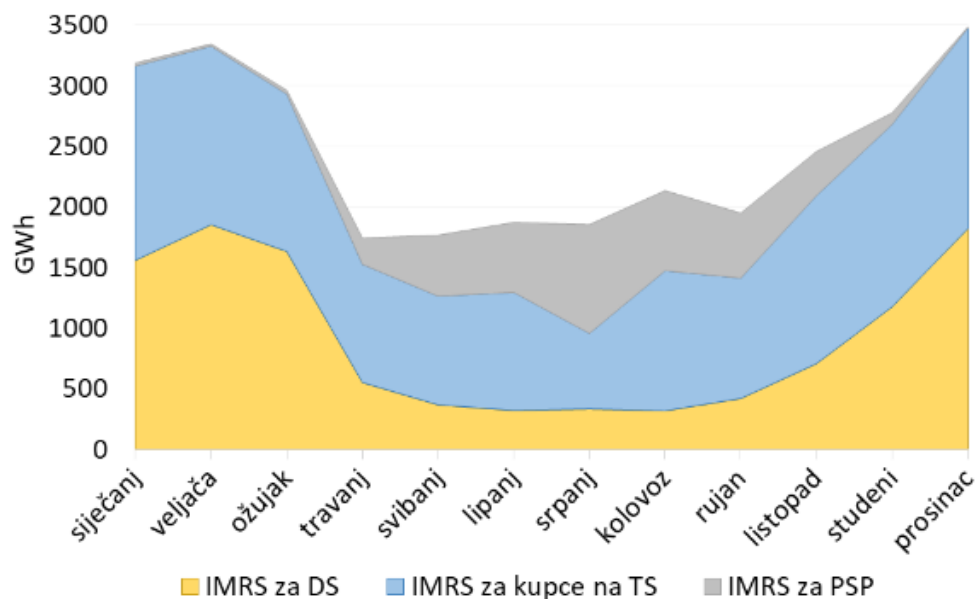


Slika 4. Bilanca prirodnog plina u Republici Hrvatskoj u 2018. godini [2]



Slika 5. Količine transportiranog plina po grupama ulaza u transportni sustav po mjesecima 2018. godine [2]

Količine prirodnog plina koji se transportira je najvećim udjelom iz uvoza i vlastite proizvodnje i njime se korisnici opskrbljuju tijekom cijele godine. Količine iz vlastite proizvodnje iznose oko 1.000 GWh, a iz uvoza oko 1.500 GWh. Plin se iz podzemnog skladišta koristi u zimskim mjesecima s iznosom od oko 1.000 GWh kao što je to prikazano na slici 5.



Slika 6. Količine transportiranog plina za grupe izlaza iz transportnog sustava po mjesecima 2018. godine [2]

Količine transportiranog plina za kupce direktno spojene na transportni sustav su približno konstantne tijekom cijele godine u iznosu od oko 1.000 do 1.500 GWh, za kupce na distribucijskom sustavu najveće količine transportiraju se u zimskim mjesecima jer se u ovu grupu ubrajaju temperaturno ovisni potrošači i maksimalan iznos je oko 1.700 GWh. Podzemno skladište se puni od travnja do listopada.

Klimatski uvjeti imaju direktan i konstantan utjecaj na višu ili nižu potrošnju u pojedinim mjesecima. Temperaturno ovisni potrošači koji su pretežito na distribucijskim sustavima, u strukturi potrošnje plina imaju udio od približno 40 %, a krajnji kupci direktno priključeni na transportni sustav udio od 60 %. [3]

2.2. Podzemno skladište plina

Podzemna skladišta plina osiguravaju fleksibilnost i sigurnost opskrbe plinom i sama djelatnost skladištenja je integralna tehnološka i poslovna djelatnost svakog plinskog sustava. U Republici Hrvatskoj je jedno skladište plina u mjestu Okoli koje se nalazi 50 km jugoistočno od Zagreba. Tvrtka PSP d.o.o., uz skladištenje prirodnog plina, zadužena je za upravljanje, održavanje i razvijanje sustava skladišta plina koji je siguran, pouzdan i učinkovit. Također u opisu posla joj je i daljnji razvoj skladišnih kapaciteta i poslovanja. [3]

U sklopu skladišta je 37 bušotina, od kojih je 26 radnih, 9 mjernih za praćenje stanja ležišta i 2 su utisne za povratno utiskivanje ležišne vode. Na kraju prosinca 2018. godine razina zapunjenosti skladišta je bila 65 milijuna m³ manja nego prethodne godine, tijekom te iste godine utisnuto je 366 m³ plina, u ciklusu povlačenja povučeno je 418 milijuna m³ plina. [1]

Prirodni plin se u skladište utiskuje u periodu od 1. travnja do 30. rujna, a povlači od 1. listopada do 31. ožujka. [2]

Tablica 2. Tehničke karakteristike PSP-a Okoli [1],[3]

Radni volumen	553 mil. m ³
Maksimalni kapacitet utiskivanja	3,84 mil. m ³ /dan
Maksimalni kapacitet povlačenja	5,76 mil. m ³ /dan
Maksimalni satni kapacitet utiskivanja	180.000 m ³ /h
Maksimalni satni kapacitet povlačenja	240.000 m ³ /h

Tehnološki proces odvija se u dva ciklusa:

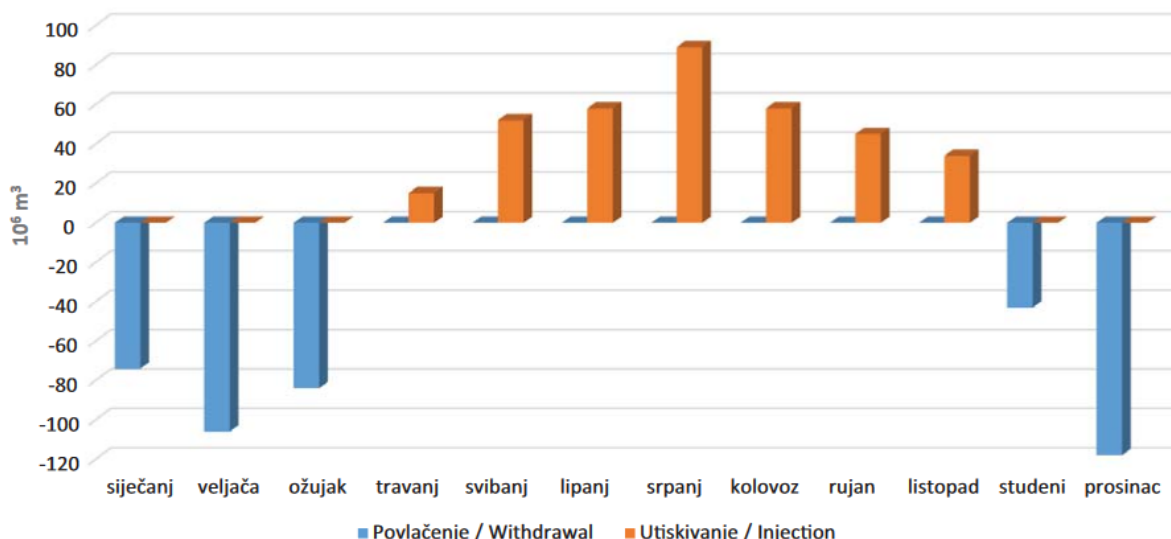
Ciklus utiskivanja (travanj - listopad):

- minimalni kapacitet: 30.000 m³
- maksimalni kapacitet: 180.000 m³/h

Ciklus povlačenja (listopad - travanj):

- minimalni kapacitet: 20.000 m³/h
- maksimalni kapacitet: 240.000 m³/h

Bez kapaciteta povlačenja iz PSP Okoli, ukupan tehnički kapacitet ulaza u transportni sustav iznosi 191.800.000 kWh/dan. [3]



Slika 7. Mjesečni promet PSP Okoli tijekom 2018. godine [1]

U 2018. godini najveće utisnute količine bile su u srpnju i iznosile su više od 80 milijuna m³, a najveće istisnute količine bile su u veljači u iznosu od 100 milijuna m³ i u prosincu u iznosu od 120 milijuna m³.

2.3. Proizvodnja, prerada i rezerve prirodnog plina

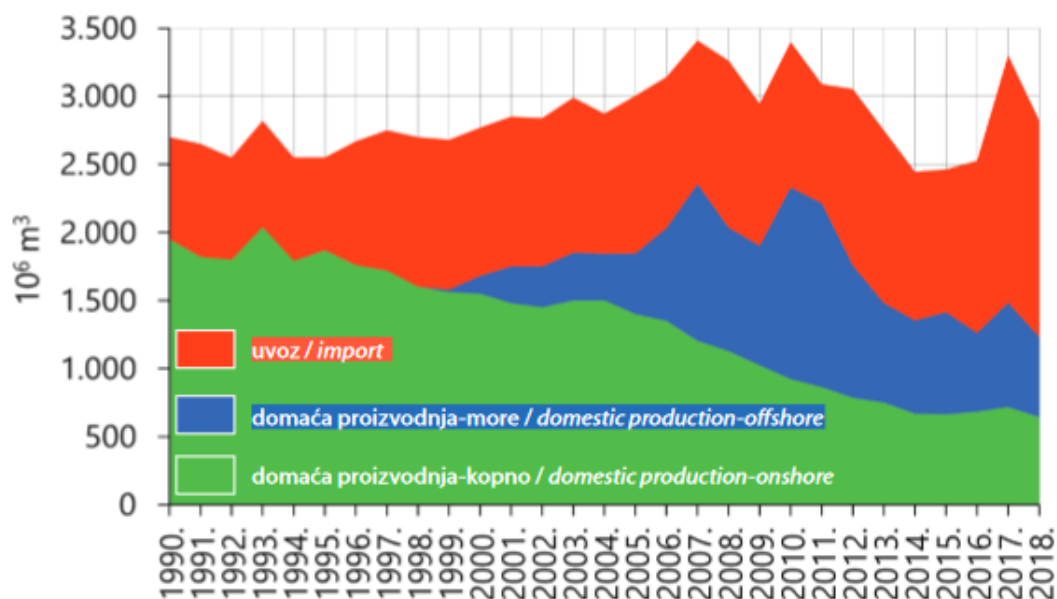
Plin se u Hrvatskoj proizvodi iz 18 eksploatacijskih polja Panona i 3 eksploatacijska područja na Jadranu. U 2018. godini je podmireno 44,4 % domaćih potreba iz vlastite proizvodnje. Plin iz Panona dolazi iz polja Duboka Podravina i Međimurje (Molve, Kalinovac, Gola, Stari Gradac, Vučkovec i Zebanec). Prihvati i priprema plina za transport s polja obavlja se na postrojenju Centralne plinske stanice Molve III. Proizvodni kapacitet CPS Molve III iznosi 5 milijuna m³ dnevno.[1]

Tablica 3. Bilančne rezerve i proizvodnja prirodnog plina (u 10⁶ m³) [1]

Prirodni plin Natural Gas	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Rezerve Reserves	34 500,2	31 587,1	23 959,9	24 214,3	21 386,6	17 933,0	14 928,6	13 168,4	10 286,3
Proizvodnja Production	31 587,1	23 959,9	24 214,3	21 386,6	17 933,0	14 928,6	13 168,4	10 286,3	20 290,7

Izvor | Source: Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, EIHP | Ministry of Environment and Energy, EIHP

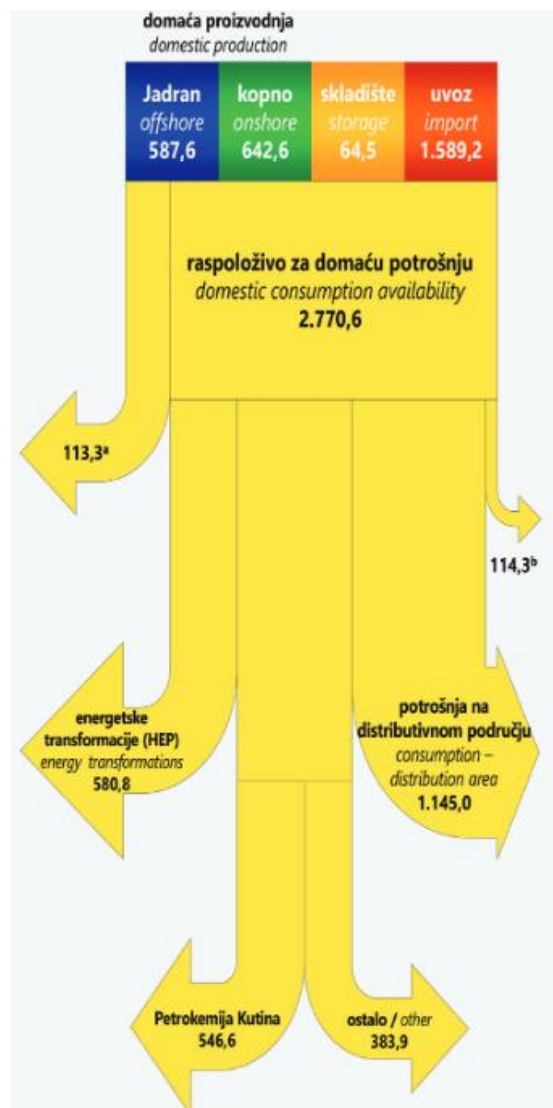
Od 2010. do 2018. rezerve prirodnog plina u Hrvatskoj su se smanjile za gotovo 2.500 milijuna m³ pa se kao posljedica toga smanjila i proizvodnja kao što je to prikazano u tablici 3.



Slika 8. Dobava i potrošnja prirodnog plina u periodu od 1990. do 2018. godine [9]

Količine uvezenog plina su gotovo jednake od 1990. godine, a povećane su se kad je naglo pala domaća proizvodnja nakon 2012. godine. Što se tiče domaće proizvodnje, do 1999. godine ona je bila iz prirodnog plina eksploatiranog na kopnu, a nakon te godine počinje eksploatacija plina iz Jadrana.

Od ukupne količine transportiranog prirodnog plina u 2018. godini prikazano na slici 9, 20,4 % plina dobiveno je iz domaće proizvodnje iz Jadrana, 22,3 % iz eksploatacijskih polja na kopnu, 2,2 % je povučeno iz skladišta plina i 55,1 % je uvezeno. Na energetske transformacije je potrošeno 21,0 % plina, petrokemijska industrija u Kutini zauzima udio od 19,7 %, potrošači na distribucijskom sustavu 41,3 %, kategorija ostalo 13,9 % i 4,1 % plina je utrošeno u samom procesu proizvodnje plina.



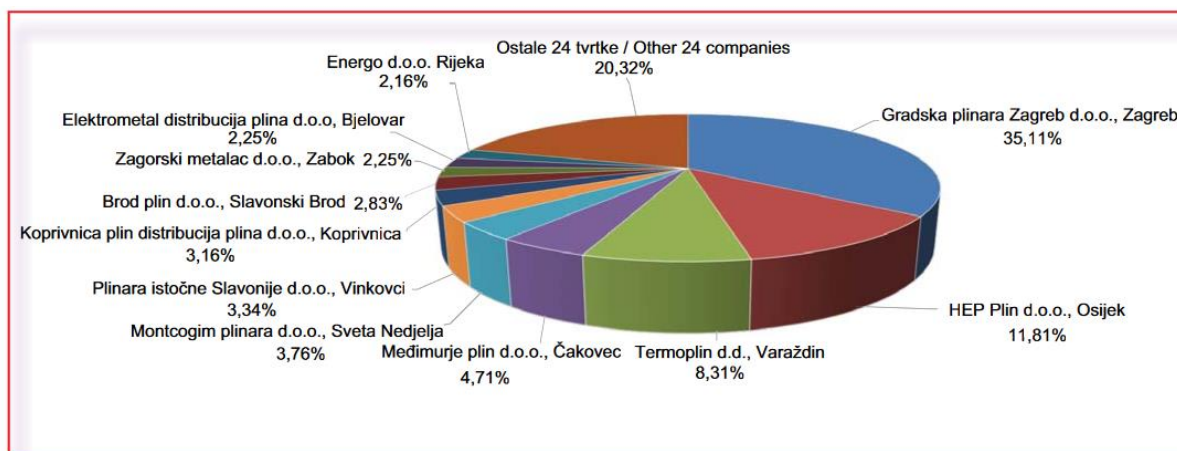
Slika 9. Energetska bilanca prirodnog plina u 10^6m^3 u 2018. godini [9]

2.4. Energetski subjekti

Javne usluge prema reguliranim načelima se smatraju one usluge koje su dostupne u svako vrijeme krajnjim kupcima i energetskim subjektima prema reguliranoj cijeni i uvjetima pristupa i korištenja energetske usluge koja mora biti dostupna, dostatna, održiva sigurna, redovita te kvalitetna, mora osigurati zaštitu okoliša, učinkovitost korištenja energije i zaštitu klime koja se obavlja prema načelima razvidnosti i nepristranosti te uz nadzor tijela određenih zakonom. [4]

U skladu sa odredbama Zakona o tržištu plina o razdvajanju energetske djelatnosti, djelatnosti operatora transportnog sustava, distribucijskog sustava, sustava skladišta plina i operatora terminala za UPP moraju biti organizirani u samostalnom pravnom subjektu neovisno od drugih djelatnosti u sektoru plina. [2]

Tvrtka INA-Industrija nafte d.d. ima dozvolu za obavljanje djelatnosti proizvodnje prirodnog plina koja je izdana na 7 godina, za skladištenje plina registrirana je tvrtka Podzemno skladište plina d.o.o. Zagreb s dozvolom na 7 godina, za djelatnost transporta plina dozvolu na 15 godina ima tvrtka PLINACRO d.o.o., Hrvatski operator tržišta energije d.o.o. ima dozvolu za organiziranje tržišta plina, 12 tvrtki trenutno ima dozvolu za obavljanje djelatnosti trgovine plinom i dozvole su izdane na razdoblje od 3 godine. U 2018. godini je 54 energetska subjekta imalo dozvolu za obavljanje djelatnosti opskrbe plinom, od čega je njih 45 to aktivno obavljalo, dok je 35 tvrtki imalo dozvolu za obavljanje djelatnosti distribucije plina. Opskrbljivačima u obvezi javne usluge omogućeno je bilo te iste godine da od opskrbljivača na veleprodajnom tržištu kupuju plin po reguliranim uvjetima za potrebe krajnjih kupaca iz kategorije kućanstvo koji koriste javnu uslugu opskrbe. [1]



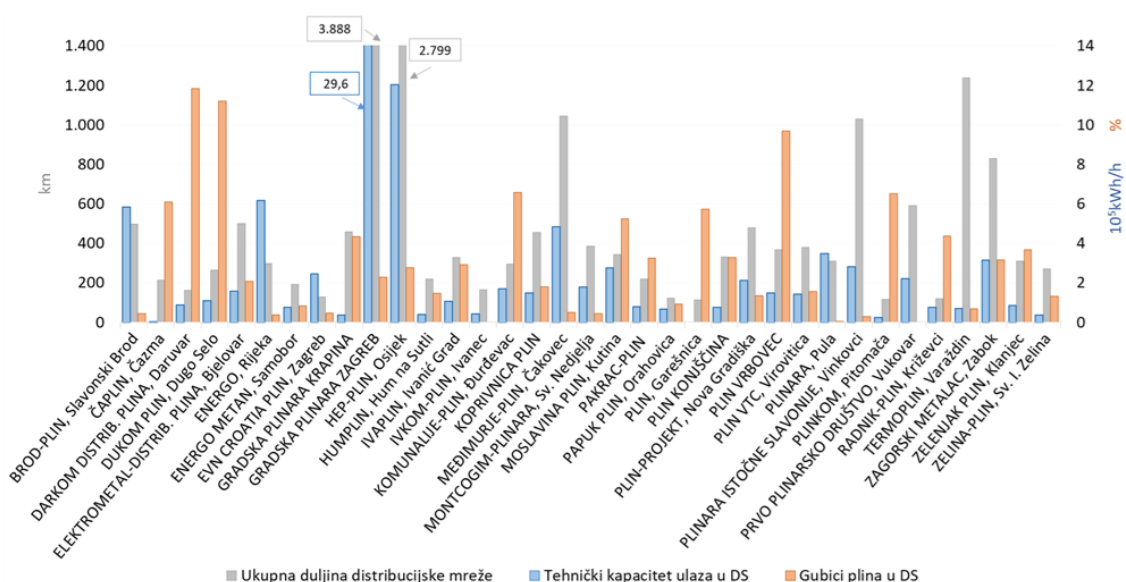
Slika 10. Udjeli količina prirodnog plina preuzetog iz transportne mreže pojedinih tvrtki u ukupnoj potrošnji u 2018. godini [1]

Distributeri s najvećim udjelom preuzetog plina iz transportne mreže u 2018. godini su Gradska plinara Zagreb d.o.o. (35,11 %), HEP Plin d.o.o. u Osijeku (11,81 %), Termoplin d.d. u Varaždinu (8,31 %) i Međimurje plin d.o.o. u Čakovcu (4,71 %). Njihovi udjeli zajedno čine više od 50 % potrošnje s obzirom na teritorij cijele države.

2.5. Distribucija prirodnog plina

U 2018. godini je energetska djelatnost distribucije plina obavljalo 35 energetskih subjekata, a sama duljina distribucijske mreže iznosila je 18.067 km. Od ukupne duljine distribucijskog sustava, u 2018. godini se 16,2 % odnosilo na niskotlačne plinovode, 77,1 % na srednjetlačne i 6,7 % na visokotlačne. Što se tiče sastava cijevi, 16,9 % izgrađeno je od čelika, 82,8 % od polietilena i 0,3 % od ostalog materijala. [1]

Zadaća distributera je preuzimanje plina od transportera na mjerno regulacijskim stanicama (MRS), obrada plina za komercijalnu uporabu, odnosno redukcija tlaka i odorizacija, te isporuka plina krajnjim kupcima pomoću sustava distribucijske mreže (međumjesni i mjesni plinovodi, distribucijsko regulacijske stanice tj. DRS, obračunska mjerna mjesta tj. OMM). Zadužen je osigurati sigurnu, pouzdanu i učinkovitu opskrbu plinom, bilancirati potrebe i ugovarati nabavu plina, ugovarati i rezervirati kapacitete transportnog sustava, ugovarati javne usluge distribucije plina, ugovarati opskrbu krajnjih kupaca plinom, obračunati i knjižiti prodani plin, izvještavati o opskrbi plinom i rješavati reklamacije kupaca. Obračunsko mjesno mjesto je mjesto u distribucijskom sustavu s ugrađenim plinomjerom i drugom mjernom, regulacijskom i sigurnosnom opremom na kojem se obavlja mjerenje radi obračuna isporučenom plina. [4]



Slika 11. Usporedba duljine distribucijskih sustava, ukupnog tehničkog kapaciteta ulaza u distribucijske sustave i gubitaka plina po operatorima distribucijskog sustava u Republici Hrvatskoj u 2018. godini [2]

Ukupne distribuirane količine plina u 2018. iznosile su oko 11.071 milijuna kWh, za 0,9 % manje nego u prethodnoj godini. Od ukupne količine, najveće količine plina distribuirane su korisnicima tarifnih modela TM2 (4.048 milijuna kWh), TM5 (1.317 milijuna kWh) i TM3 (1.234 milijuna kWh). Ukupan broj obračunskih mjernih mjesta krajnjih kupaca na distribucijskom sustavu je iznosio 671.715 što je za 1 % više u odnosu na prethodnu godinu. Od ukupnog broja obračunskih mjernih mjesta bilo je 665.545 mjernih mjesta tarifnih modela TM1-TM4 (s godišnjom potrošnjom do 100.000 kWh) i 6.17 tarifnih modela TM5-TM12 (s godišnjom potrošnjom većom od 100.000 kWh). [2]

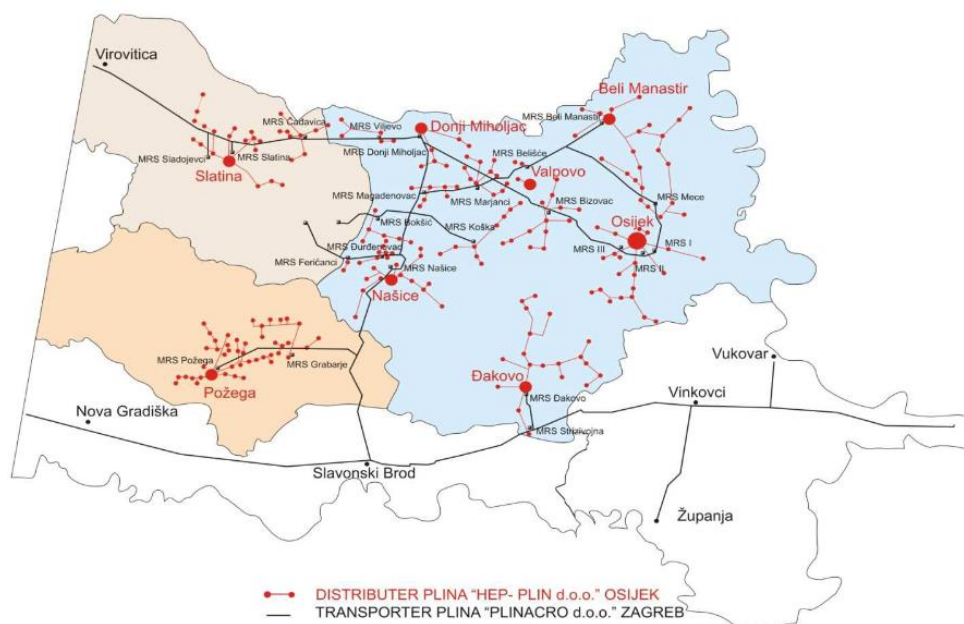
Gradska plinara Zagreb d.o.o. obavlja energetske djelatnosti distribucije plina s tradicijom poslovanja dugom 157 godina, vodeća je tvrtka u distribuciji plina u Hrvatskoj i njihovo poslovanje je u skladu s europskom praksom visokih standarda kvalitete, zaštite i sigurnost. Zadaća tvrtke je krajnjim kupcima osigurati sigurnu i pouzdanu opskrbu plinom, distribucijska mreža proteže se na 3.810.000 m i 284.453 potrošača te distribuira plin na području grada Zagreba, Zaprešića i Velike Gorice, općine Brdovec, Pušća, Marija Gorica i Dubrava. [5]



14

2.5.2. HEP-Plin d.o.o., Osijek

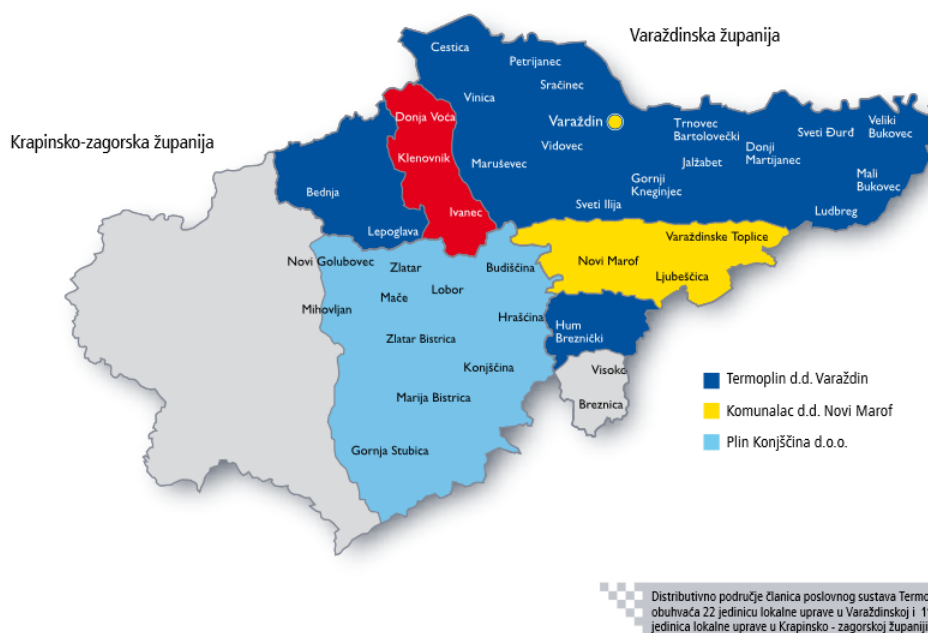
Distribucijsko područje HEP-Plin-a se prostire na području Osječko-baranjske, Požeško-slavonske i Virovitičko podravske županije u ukupno 47 lokalnih samouprava u kojima je 401 naselje. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine u tim naseljima je bilo 118.974 kućanstava, a HEP-Plin je krajem 2013. godine koncesijsku i distribucijsku djelatnost obavljao u 237 naselja u kojima se plin isporučivao u 68.677 kućanstava (58% od ukupnog broja kućanstava). [6]



Slika 13. Distribucijsko područje HEP-plina d.o.o. sa sjedištem u Osijeku [6]

2.5.3. Termoplin d.d., Varaždin

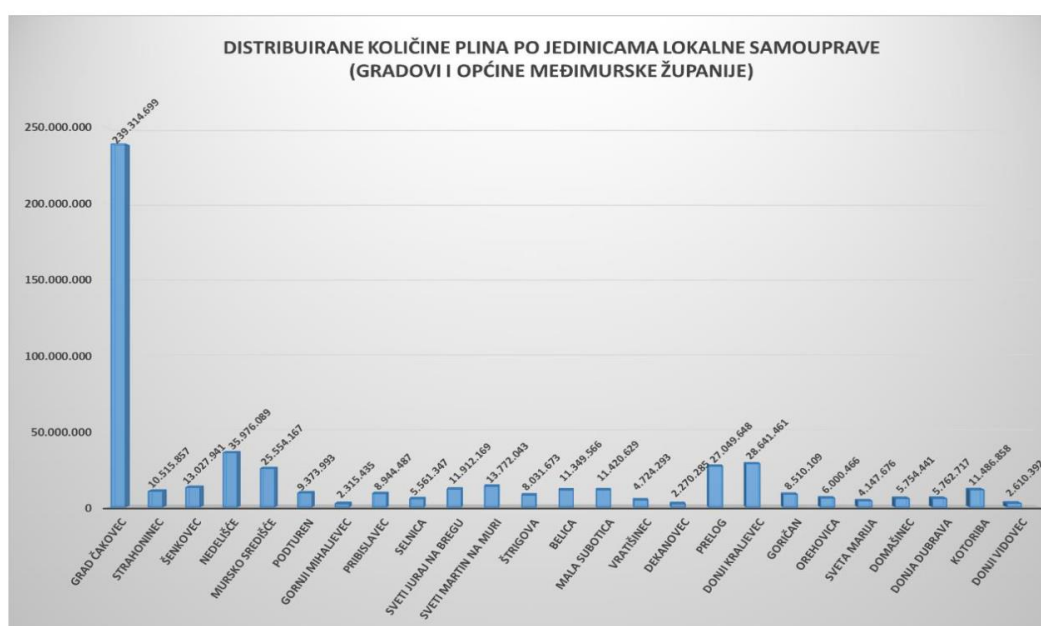
Termoplin na svom distribucijskom području plinom opskrbljuje 30.319 domaćinstava od kojih je 1.000 potrošača iz sektora industrije, poljoprivrede i uslužnih djelatnosti i 17 kotlovnica. Sama duljina plinskog sustava je 1.800 km, a godišnja potrošnja iznosi oko 120 milijuna m³ što je po apsolutnoj godišnjoj potrošnji plina Termoplinu osiguralo treće mjesto u državi iza Gradske plinare i HEP-Plina-a po intenzitetu plinifikacije i prosječnoj godišnjoj potrošnji od oko 2300 m³ on je vodeći hrvatski distributer plina. Djelatnost distribucije i opskrbe obavlja na području 24 jedinice lokalne uprave u Varaždinskoj županiji od kojih su naj veći gradovi Varaždin, Lepoglava, Ludbreg, Novi Marof, Varaždinske toplice, Ivanec i 18 općina.[7]



Slika 14. Distribucijsko područje Termoplina d.d. sa sjedištem u Varaždinu [7]

2.5.4. Međimurje plin d.o.o., Čakovec

U 2018. godini su količine isporučenog iznosile oko 80 milijuna m³, najveću potrošnju imao je grad Čakovec, a sam broj obračunskih mjernih mjesta krajnjih kupaca prirodnog plina iznosio je 31.805 od kojih je 27.386 činilo kućanstvo, a 2.717 poduzetništvo na distribucijskom području Međimurje-plin. Na ostalim distribucijskim područjima je bilo 7 mjernih mjesta koja su se odnosila na kućanstvo i 1.695 na poduzetništvo. [8]

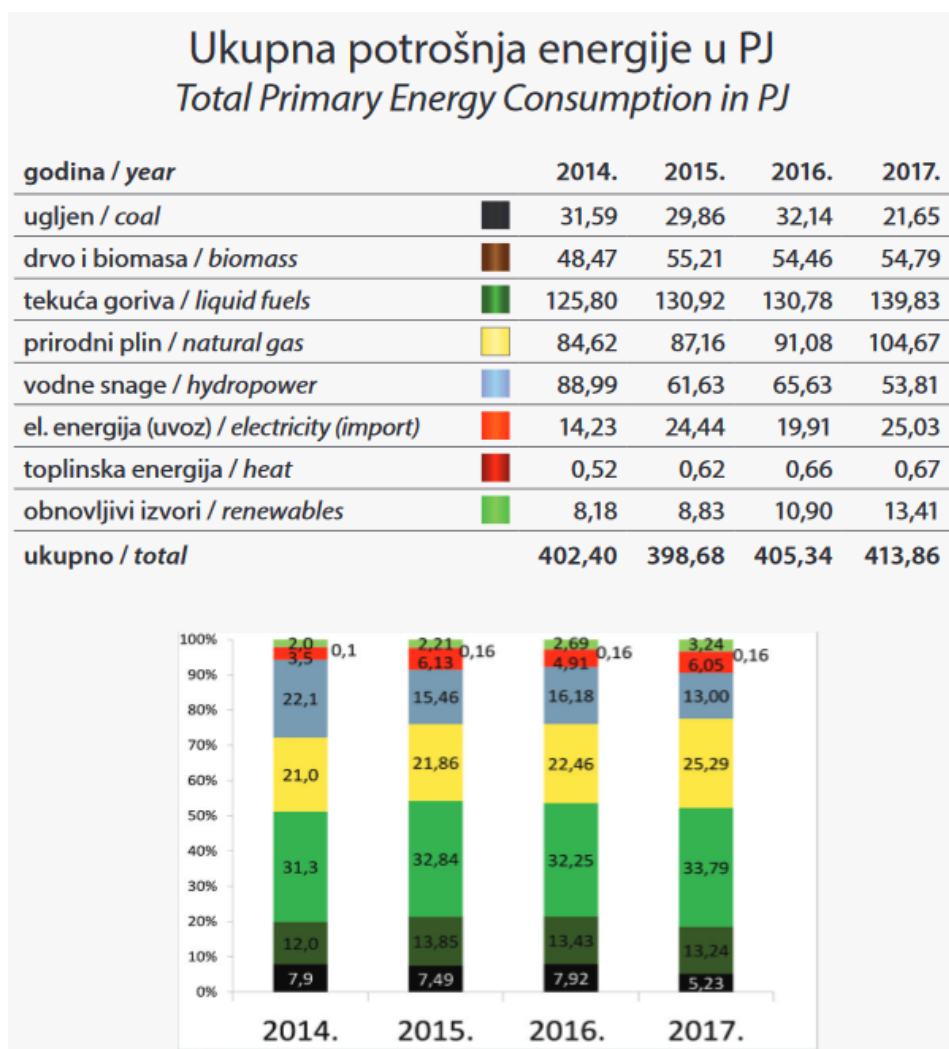


Slika 15. Distribucijsko područje Međimurje plina d.o.o. sa sjedištem u Čakovcu [8]

2.6. Struktura potrošnje

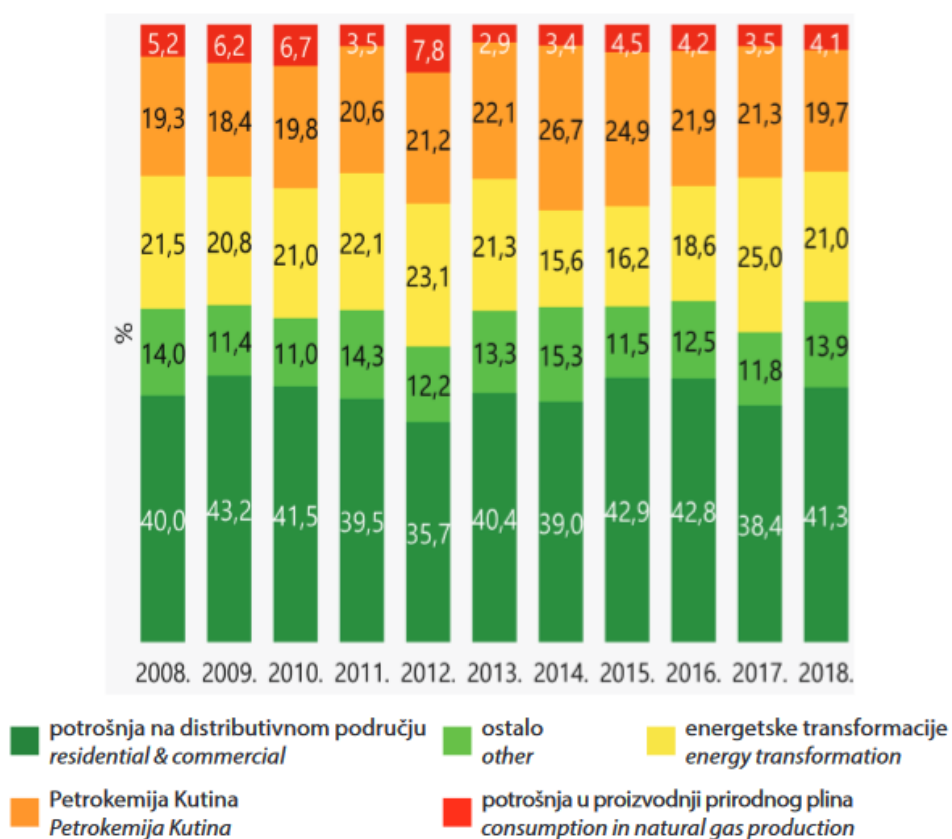
S obzirom na potrošnju energenata u periodu od 2014. do 2017. godine, najveći udio zauzimaju tekuća goriva te se njihova potrošnja s godinama povećavala. Slijedi potrošnja prirodnog plina čija potrošnja također raste, a treće mjesto zauzimaju vodne snage kod kojih je uočljiv pad potrošnje unutar te četiri godine. Uz navedene izvore primarne oblike energije, velik udio u potrošnji zauzima drvo, biomasa i ugljen te električna i toplinska energija kao i obnovljivi izvori energije. Ukupna potrošnja energije se povećavala s godinama kao što je to prikazano u tablici 4 na kojoj je prikazan detaljan udio energenata u potrošnji.

Tablica 4. Ukupna potrošnja energije izražena u PJ u periodu od 2014. do 2017. godine [9]

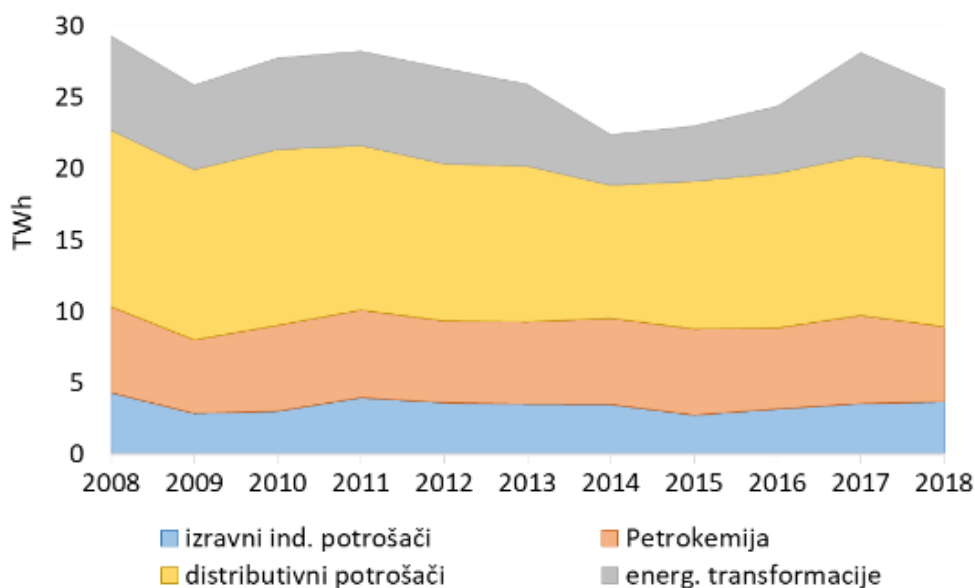


Struktura potrošnje prirodnog plina se dijeli na potrošnju na distributivnom području koji zauzima najveći udio koji varira oko 40 %, a 2018. godine je iznosio 41,3 %. Na energetske transformacije i industrijsko postrojenje Petrokemija d.d. u Kutini i iznosi oko 20 % za obje grupe. U kategoriju energetskih transformacija ubrajaju se termoelektrane, javne toplane i kotlovnice, industrijske toplane i kotlovnice, rafinerije, gradske plinare i proces degazolinaže. Ostala potrošnja se svodi na kategoriju ostalo i potrošnju u proizvodnji samog prirodnog plina. Detaljan prikaz strukture potrošnje prikazan je na slici 16.

Struktura potrošnje prirodnog plina *Structure of Natural Gas Consumption*



Slika 16. Struktura potrošnje prirodnog plina u periodu od 2008. do 2018. godine[9]



Slika 17. Ukupne godišnje količine transportiranog plina za grupe potrošača na distributivnom i transportnom sustavu [2]

Ukupne godišnje količine transportiranog prirodnog plina u periodu od 2008. do 2018. godine su približno jednake po grupama potrošača izuzev energetskih transformacija kod kojih je od 2014. do 2016. godine došlo do pada sa oko 7 TWh na 5 TWh. Izravni industrijski potrošači troše oko 5 TWh godišnje, Petrokemija d.d. u Kutini 7 TWh, a distributivni potrošači oko 13 TWh.

Tablica 5. Potrošači prirodnog plina u periodu od 2007. do 2018. godine [9]

Godina Year	Kućanstva Households	Industrija Industry	Usluge Services	Poljoprivreda Agriculture	Toplane i kotlovnice Cogeneration & heating plants	Ostali Others	Ukupno Total
2007.	519.739	2.845	34.149	787	371	0	557.891
2008.	556.598	2.932	32.632	820	379	0	597.365
2009.	577.372	3.029	38.057	822	383	0	619.663
2010.	605.568	3.853	39.605	785	382	0	650.193
2011.	589.056	6.261	35.959	863	387	10.649	643.175
2012.	588.925	50.565 ^a	---	1.187	418	1.034	642.129
2013.	596.713	5.683	42.659	1.296	399	818	647.568
2014.	597.938	4.066	43.577	805	410	586	647.382
2015.	602.807	9.634	39.388	1.074	408	561	653.875
2016.	607.934	5.425	43.145	1.036	413	668	658.621
2017.	614.111	5.382	43.699	1.118	421	681	665.412
2018.	626.307	5.305	42.743	1.100	421	723	671.740

a - industrija + usluge / industry + services

Korisnici plinskih kotlovnica u vlasništvu distributera plina (2017.)
Users of gas heating plants owned by gas distributors (2017)

1. stanovi / residence - 24.925 (procjena / estimation) 2. ustanove / institutes - 1.432 - (procjena / estimation)

U tablici 5 je podjela potrošnje po vrstama potrošača prirodnog plina u periodu od 2007. do 2018. godine. Najveći je broj kućanstava koji su u tom periodu godine porasli za 100.000. U industriji brojevi variraju između 5 i 6 tisuća nakon 2010. godine, osim 2015. godine kad je njihov broj iznosio 9.963, kategorija usluge obuhvaća oko 40 tisuća korisnika, u poljoprivredi taj broj iznosi oko tisuću, a toplane i kotlovnice broje oko 400 korisnika.

Tablica 6. Struktura potrošnje prirodnog plina po grupama potrošača od 2013. do 2018. godine [1]

Tablica | Table 4.3.1. Prirodni plin | Natural gas

		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2018./17.	2013-18.
		10 ⁶ m ³						%	
Proizvodnja	Production	1856,1	1747,0	1780,5	1647,2	1483,5	1230,1	-17,1	-7,9
Uvoz	Import	1270,4	1132,6	1050,1	1264,7	1818,3	1589,2	-12,6	4,6
Izvoz	Export	376,1	433,9	367,4	389,4	199,7	113,3	-43,3	-21,3
Saldo skladišta	Stock change	59,5	-2,1	56,0	88,9	-93,8	64,5		
Ukupna potrošnja	Energy supplied	2809,9	2443,6	2519,2	2611,4	3008,3	2770,5	-7,9	-0,3
Potrošnja za pogon	Energy sector own use	140,5	120,2	129,0	123,2	128,7	129,0	0,2	-1,7
-proizvodnja nafte i plina	-oil and gas extraction	46,5	44,3	75,9	55,2	39,3	21,2	-46,1	-14,5
-rafinerije	-oil refineries	85,3	72,6	48,1	54,6	65,7	73,1	11,3	-3,0
-degazolinaža	-NGL plant	8,7	3,3	5,0	13,4	23,7	34,7	46,4	31,9
Energet. transformacije	Total transformation sector	1136,1	875,8	881,6	991,3	1288,2	1106,8	-14,1	-0,5
-termoelektrane	-thermo power plants	2,7	0,6	52,5	66,1	5,3	0,5	-90,6	-28,6
-javne toplane	-public cogeneration plants	580,4	352,1	343,7	407,9	745,6	583,0	-21,8	0,1
-javne kotlovnice	-public heating plants	85,9	71,6	72,4	71,0	54,8	53,8	-1,8	-8,9
-industrijske toplane	-industrial cogeneration plants	328,2	307,3	257,5	276,8	315,7	277,5	-12,1	-3,3
-industrijske kotlovnice	-industrial heating plants	53,7	52,8	54,6	59,0	59,6	75,5	26,7	7,1
-rafinerije	- petroleum refineries	83,1	86,6	88,4	103,4	98,3	106,6	8,4	5,1
-gradske plinare	- gas works	2,1	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0		
-degazolinaža	-NGL-plant	0,0	3,7	12,2	7,1	8,9	9,9	11,2	
Neenergetska potrošnja	Non energy use	487,5	500,7	495,6	456,0	493,6	427,7	-13,4	-2,6
Gubici	Losses	40,7	29,0	31,7	33,4	32,2	30,0	-6,8	-5,9
Neposredna potrošnja	Final energy consumption	1005,1	917,9	981,3	1007,5	1065,6	1077,0	1,1	1,4
Industrija	Industry	214,9	208,4	211,1	196,9	227,1	239,4	5,4	2,2
-željeza i čelika	-iron and steel	14,3	14,6	16,5	12,0	12,8	17,1	33,6	3,6
-obojenih metala	-non-ferrous metals	0,9	1,1	2,6	2,6	9,4	12,0	27,7	67,9
-stakla i nem. minerala	-non-metallic minerals	46,5	44,9	38,7	44,7	50,6	51,0	0,8	1,9
-kemijska	-chemical	9,6	9,7	11,5	7,3	9,2	10,0	8,7	0,8
-građevnog materijala	-construction materials	39,3	36,3	40,7	38,4	52,0	56,8	9,2	7,6
-papira	-pulp and paper	6,6	5,7	6,7	6,2	7,4	7,1	-4,1	1,5
-prehrambena	-food production	60,3	61,5	57,3	50,9	46,1	45,4	-1,5	-5,5
-ostala	-not elsewhere specified	37,4	34,6	37,1	34,8	39,6	40,0	1,0	1,4
Promet	Transport	1,9	3,9	4,0	4,4	5,1	5,1	0,0	21,8
-cestovni	-road	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0
-javni gradski	-public city	1,7	3,7	3,8	4,3	4,9	4,9	0,0	23,6
-ostali	-non-specified	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Opća potrošnja	Other sectors	788,3	705,6	766,2	806,2	833,4	832,5	-0,1	1,1
-kućanstva	-households	601,3	524,1	540,0	560,5	578,1	564,7	-2,3	-1,2
-usluge	-services	166,0	159,8	204,8	217,9	231,3	244,3	5,6	8,0
-poljoprivreda	-agriculture	21,0	21,7	21,4	27,8	24,0	23,5	-2,1	2,3

Izvor | Source: EIHP

U tablici 6 navedene su proizvedene, uvezene, izvezene količine plina u m³ kao i saldo skladišta plina u periodu od 2013. do 2018. godine. Proizvodnja kao i izvoz se smanjuje, dok uvoz raste. Dana je potrošnja po grupama potrošača od kojih najveću količinu plina troše energetske transformacije. Neposredna potrošnja je druga grupa po količini potrošenog plina, zatim opća potrošnja u koju se ubrajaju kućanstva, usluge i poljoprivreda. U 2018. godini sveukupna potrošnja je iznosila 2.770,5 milijuna m³. Od čega je potrošnja za pogon zauzimala udio od 4,66 %, energetske transformacije 39,95 %, neenergetska potrošnja 15,46 %, a neposredna potrošnja 38,87 %. U kategoriju neposredne potrošnje pripadaju industrija koja zauzima udio od 8,64 % ukupne potrošnje, promet s udjelom od 0,18 % i opća potrošnja s iznosom od 30,05 %. Najveće udjele u ukupnoj potrošnji imala su kućanstva sa 20,38 % i javne toplane sa 2,04 %.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

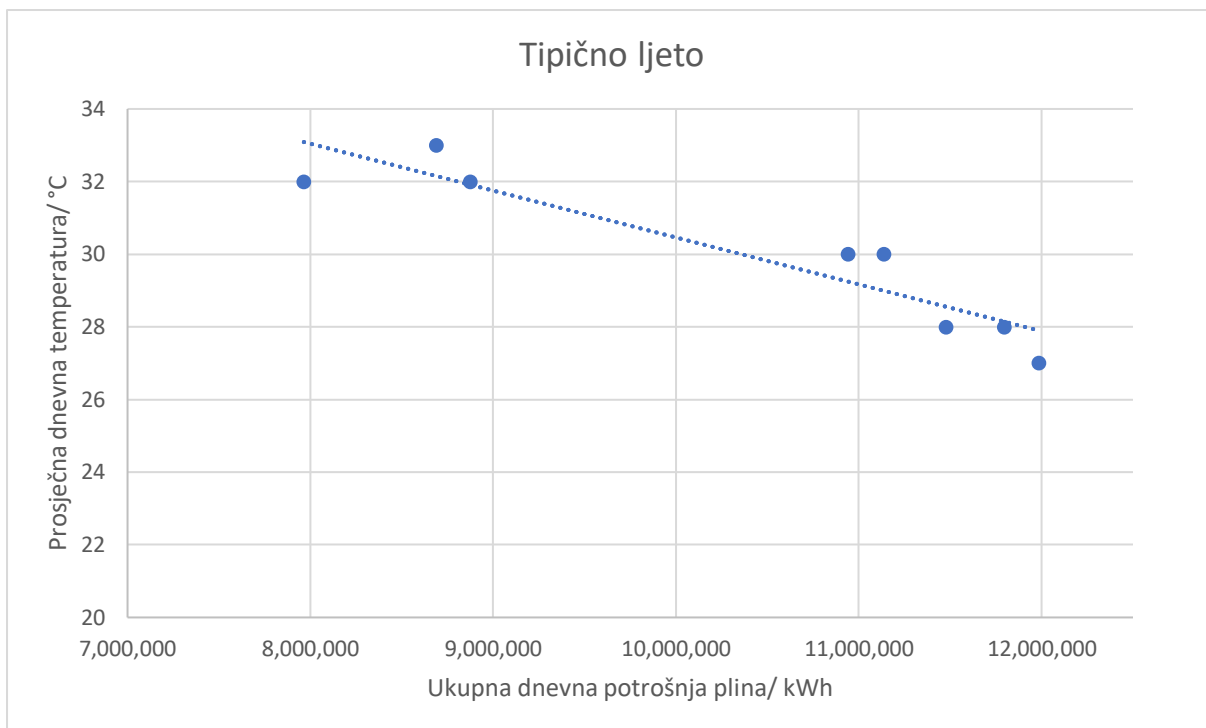
Temperaturno ovisni potrošači su oni čija potrošnja prirodnog plina ovisi o temperaturi okoline jer koriste plin kao energent u kućanstvima za grijanje prostora. Količina potrebnog plina za korištenje direktno je povezana s temperaturom i ovisnost je obrnuto proporcionalna i linearna. U Hrvatskoj njihov udio iznosi približno 40 % od ukupne godišnje potrošnje. Uz grijanje prostora, u kućanstvima se plin koristi i u plinskim štednjacima i bojlerima za zagrijavanje vode. Kao što je prethodno navedeno, u ukupnu potrošnju plina ubrajaju se korisnici spojeni direktno na transportni sustav, industrija koja ga koristi kao energent, u poljoprivredi, u prometu, u pogonu za proizvodnju nafte i plina te rafinerijama. Njihova potrošnja nije temperaturno ovisna jer količine potrošenog plina ne ovise o temperaturi okoline. S obzirom da distributeri plina opskrbljuju krajnje korisnike na distribucijskoj mreži prirodnim plinom, potrebno je naći model kojim bi se procijenila potrošnja plina u ovisnosti o temperaturi okoline kako bi se osigurala dobava plina i omogućile dostatne količine za sve korisnike. Kako bi se dobio model za procjenu potrošnje, prikupljeni su podaci prosječnih dnevnih temperatura u Zagrebu u periodu od 20.05.2019. do 19.05.2020. i ukupnih dnevnih i prosječnih satnih potrošnji plina iz podataka dobivenih na Plinacro-ovim stranicama. Temperature su dane za Zagreb jer je to najveći hrvatski grad koji ima najveći broj temperaturno ovisnih potrošača plina u državi. Iz podataka su u programu Microsoft Excel napravljeni dijagrami ovisnosti potrošnje o temperaturi okoline. Dobiveni pravci su definirani jednadžbama pravca koje opisuju matematičku ovisnost temperature i potrošnje, odnosno model uz određene pretpostavke i odstupanja.

3.1. Potrošnja prirodnog plina u ljetnim mjesecima

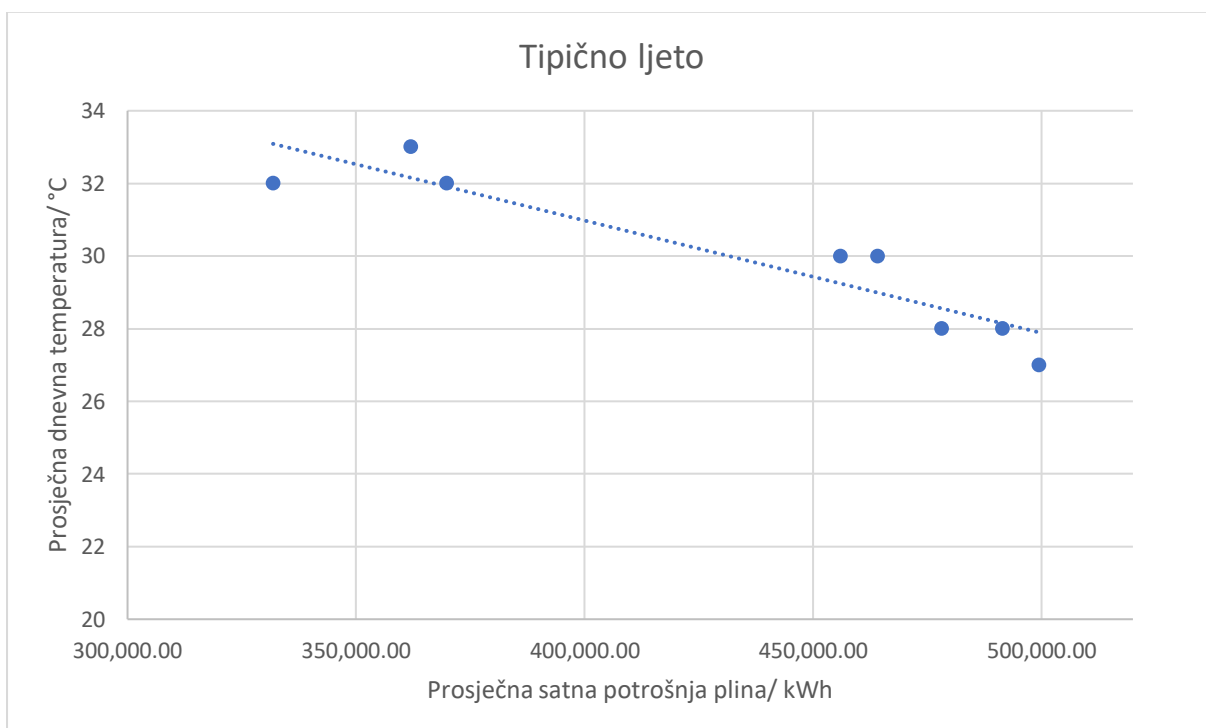
3.1.1. Ljeto sa tipičnim temperaturama

Tablica 7. Ovisnost potrošnje o temperaturi okoline u ljeti s tipičnim temperaturama [3] [10]

Datum	Maksimalna satna potrošnja (kWh)	Ukupna dnevna potrošnja (kWh)	Prosječna satna potrošnja (kWh)	Prosječna dnevna temperatura (°C)
16.7.2019	704.642	11.986.117	499.422	27
17.7.2019	703.385	11.795.036	491.460	28
18.7.2019	657.188	11.475.442	478.143	28
19.7.2019	654.919	11.137.667	464.069	30
20.7.2019	487.718	8.873.689	369.737	32
21.7.2019	444.639	7.964.316	331.847	32
22.7.2019	608.887	10.942.432	455.935	30
27.7.2019	479.374	8.687.851	361.994	33



Slika 18. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u ljeti s tipičnim temperaturama (iznad 25 °C) [3] [10]



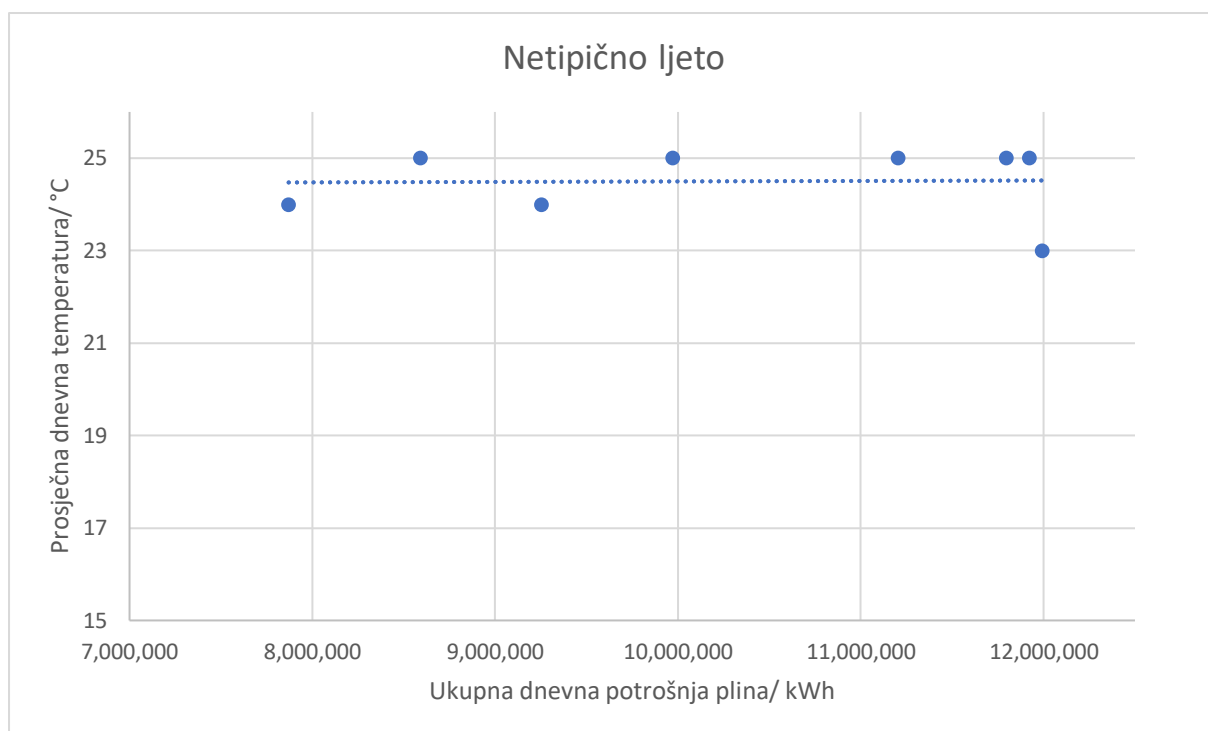
Slika 19. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u ljeti s tipičnim temperaturama (iznad 25 °C) [3] [10]

Dijagrami na slikama 18 i 19 dobiveni su iz podataka za period od 16.07.2019. do 23.07.2019. U ljeti kada su prosječne dnevne temperature iznad 25°C, očekuje se konstantna potrošnja prirodnog plina jer je tada ona neovisna o temperaturi, ali je iz dobivenih podataka vidljivo da potrošnja varira između 8.000.000 kWh i 12.000.000 kWh u rasponu temperatura od 25 do 33°C. Pretpostavke zašto dolazi do takve potrošnje su životne navike hrvatskih građana koji u ljetnim mjesecima odlaze iz većih gradova poput Zagreba i Osijeka, ujedno najvećih potrošača plina, u obalna područja gdje je električna energija glavni izvor energije u kućanstvima. Postoji mogućnost da dolazi do povećanja zbog povećane potrošnje u industriji ili ako je plin korišten u rashladnim uređajima, ali je nemoguće sa sigurnošću tvrditi zašto dolazi upravo do takve potrošnje zbog raznih faktora koji utječu na nju. Iz dobivenih podataka vidljivo je da postoji trend pada potrošnje s porastom vanjske temperature, ali su razlike u količinama u odnosu na zimske mjesece i sezonu grijanja gotovo zanemarive.

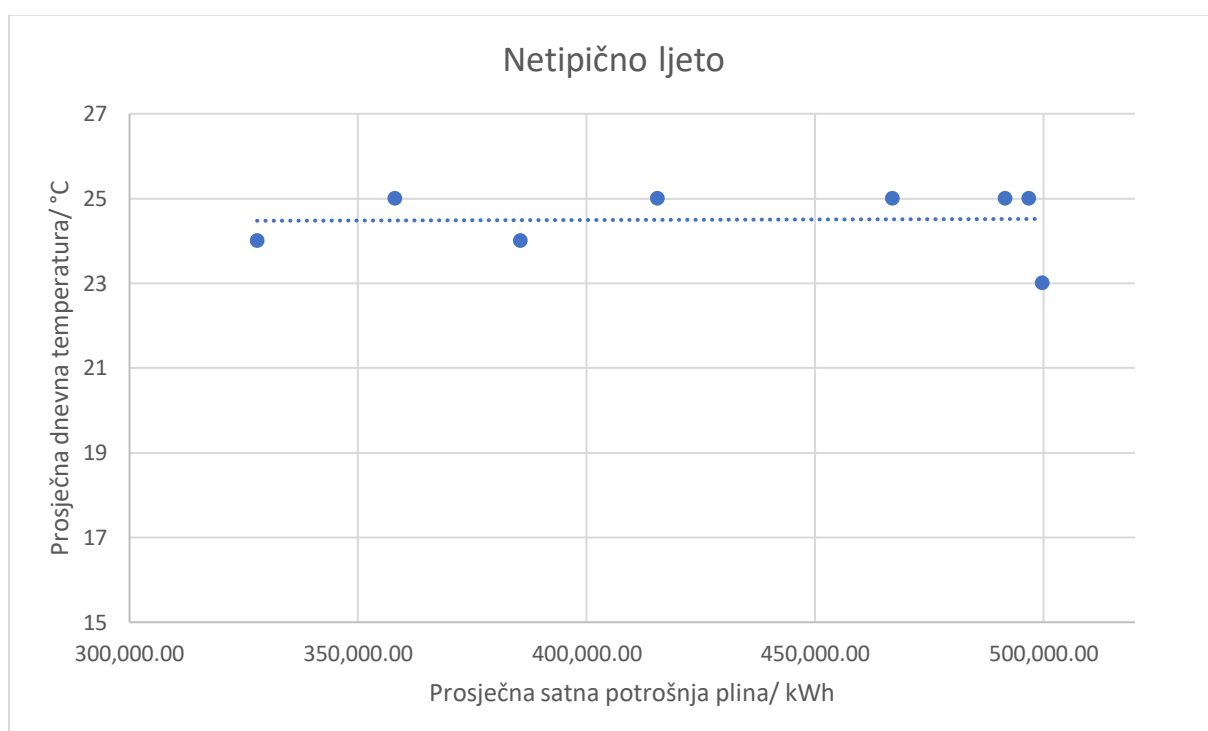
3.1.2. Ljeto sa netipičnim temperaturama

Tablica 8. Ovisnost potrošnje o temperaturi okoline u ljeti s netipičnim temperaturama[3][10]

Datum	Maksimalna satna potrošnja (kWh)	Ukupna dnevna potrošnja (kWh)	Prosječna satna potrošnja (kWh)	Prosječna dnevna temperatura (°C)
8.7.2019	612.270	11.204.581	466.858	25
10.7.2019	664.228	11.991.232	499.635	23
11.7.2019	700.378	11.920.276	496.678	25
14.7.2019	488.218	8.590.935	357.956	25
15.7.2019	667.058	11.795.719	491.488	25
13.8.2019	531.355	9.970.737	415.447	25
15.8.2019	435.909	7.869.936	327.914	24
16.8.2019	480.637	9.251.682	385.487	24



Slika 20. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u ljeti s netipičnim temperaturama (ispod 25 °C) [3] [10]



Slika 21. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u ljeti s netipičnim temperaturama (ispod 25°C) [3] [10]

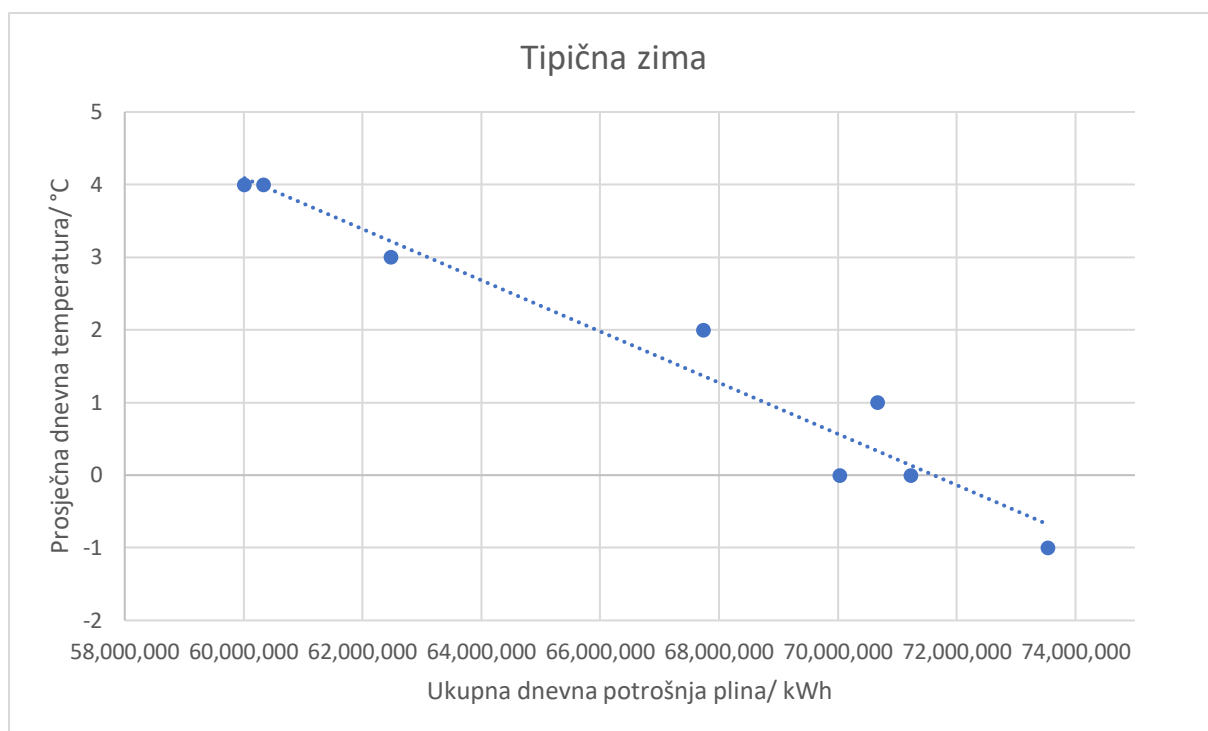
Dijagrami na slikama 20 i 21 dobiveni su iz podataka za period od 08.07.2019. do 15.07.2019 te od 13.08.2019. do 16.08.2019. U ljetnim mjesecima kada su temperature ispod 25 °C smatra se da je potrošnja neovisna o temperaturi, kao i pri višim temperaturama. Podaci pokazuju da postoji porast potrošnje kao u tipičnim ljetnim danima, što se kosi s pretpostavkom o konstantnoj potrošnji, a uzroke je nemoguće sa sigurnošću utvrditi. Iz slike 2 koja definira potrošnju po županijama, moguće je zaključiti da županije na Jadranskoj obali imaju znatno nižu potrošnju što podržava teoriju o potrošnji u ljetnim mjesecima.

3.2.Potrošnja prirodnog plina u zimskim mjesecima

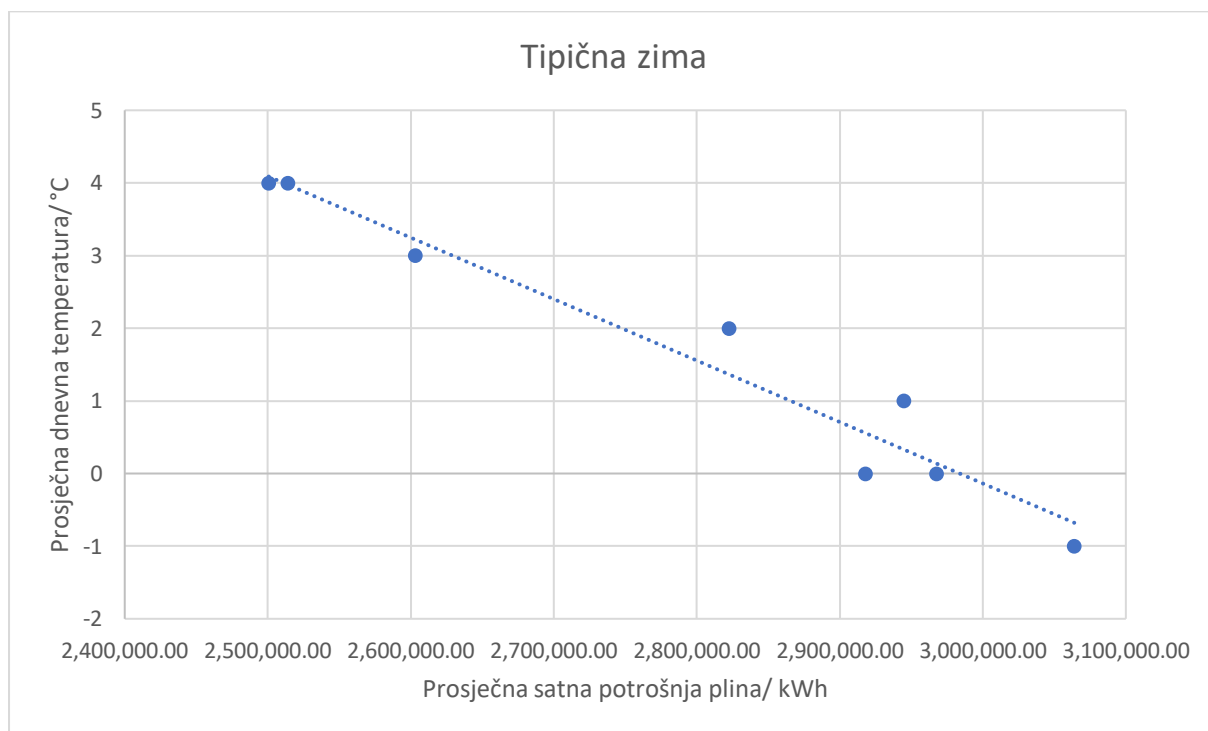
3.2.1. Zima sa tipičnim temperaturama

Tablica 9. Ovisnost potrošnje o temperaturi okoline u zimi s tipičnim temperaturama [3] [10]

Datum	Maksimalna satna potrošnja (kWh)	Ukupna dnevna potrošnja (kWh)	Prosječna satna potrošnja (kWh)	Prosječna dnevna temperatura (°C)
11.1.2020	3.323.719	60.015.658	2.500.652	4
12.1.2020	3.188.493	60.331.891	2.513.828	4
14.1.2020	3.907.606	73.533.724	3.063.905	-1
15.1.2020	3.950.754	71.225.931	2.967.747	0
16.1.2020	3.851.719	70.668.427	2.944.518	1
17.1.2020	3.726.729	70.027.494	2.917.812	0
19.1.2020	3.358.489	62.477.163	2.603.215	3
20.1.2020	3.612.977	67.734.417	2.822.267	2



Slika 22. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u zimi s tipičnim temperaturama (ispod 5 °C) [3] [10]



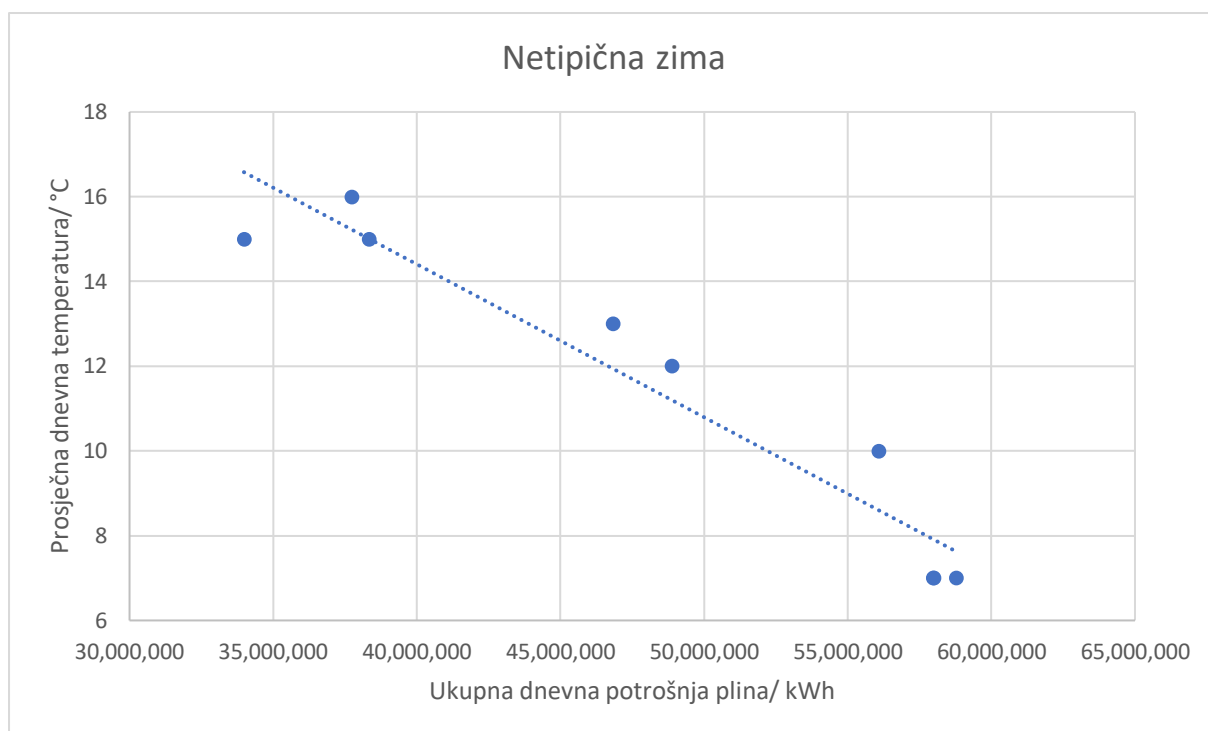
Slika 23. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u zimi s tipičnim temperaturama (ispod 5 °C) [3] [10]

Dijagrami na slikama 22 i 23 dobiveni su iz podataka za period od 11.01.2020. do 20.01.2020. U zimi kada su temperature ispod 5°C potrošnja prirodnog plina linearno raste s padom temperature, a sama ovisnost je obrnuto proporcionalna. Prosječna vrijednost ukupne dnevne potrošnje plina u tom periodu iznosila je 67.000.000 kWh, a prosječna vrijednost satne potrošnje oko 2.800.000 kWh što je gotovo 7 puta veće nego u ljetnim mjesecima.

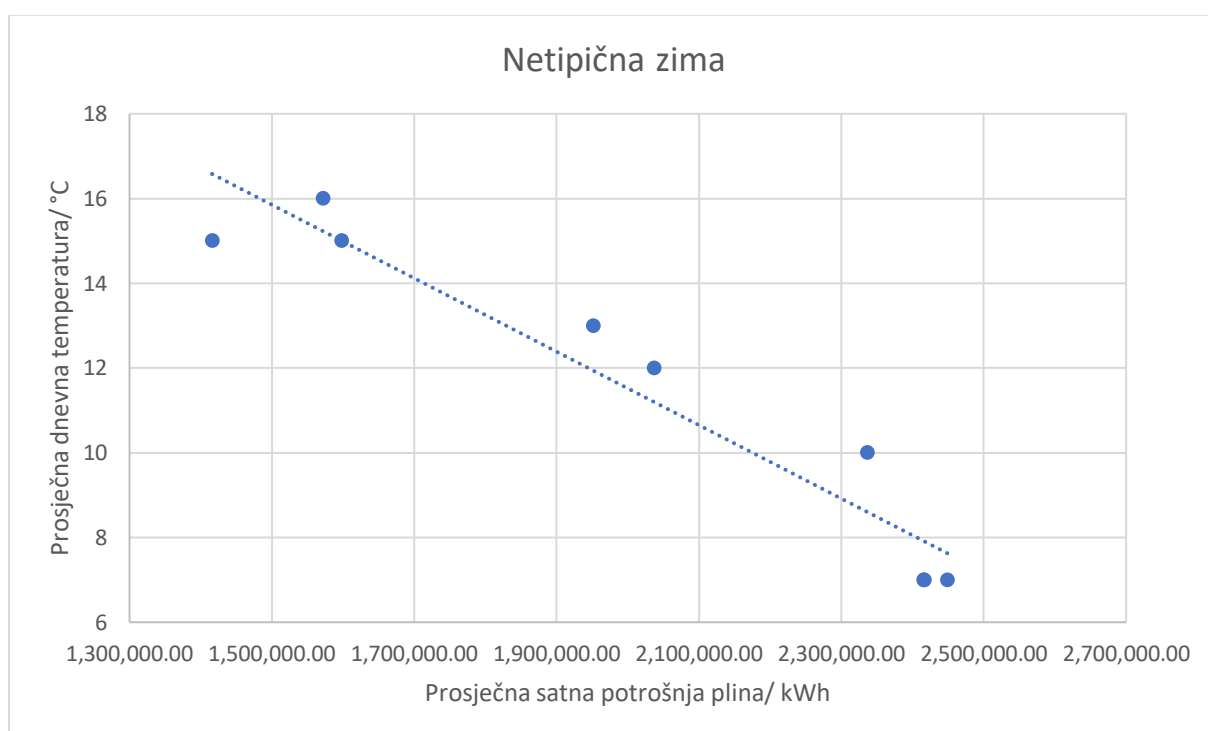
3.2.2. Zima sa netipičnim temperaturama

Tablica 10. Ovisnost potrošnje o temperaturi okoline u zimi s netipičnim temperaturama[3][10]

Datum	Maksimalna satna potrošnja (kWh)	Ukupna dnevna potrošnja (kWh)	Prosječna satna potrošnja (kWh)	Prosječna dnevna temperatura (°C)
30.1.2020	3.433.430	56.075.192	2.336.466	10
31.1.2020	2.963.804	46.840.713	1.951.696	13
1.2.2020	2.367.010	38.346.311	1.597.763	15
2.2.2020	1.942.893	33.981.986	1.415.916	15
3.2.2020	2.234.333	37.729.483	1.572.062	16
4.2.2020	2.989.496	58.771.745	2.448.823	7
5.2.2020	3.405.328	57.993.760	2.416.407	7
6.2.2020	3.355.605	57.978.826	2.415.784	7
7.2.2020	2.919.848	48.873.101	2.036.379	12



Slika 24. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u zimi s netipičnim temperaturama (iznad 5 °C) [3] [10]



Slika 25. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u zimi s netipičnim temperaturama (iznad 5 °C) [3] [10]

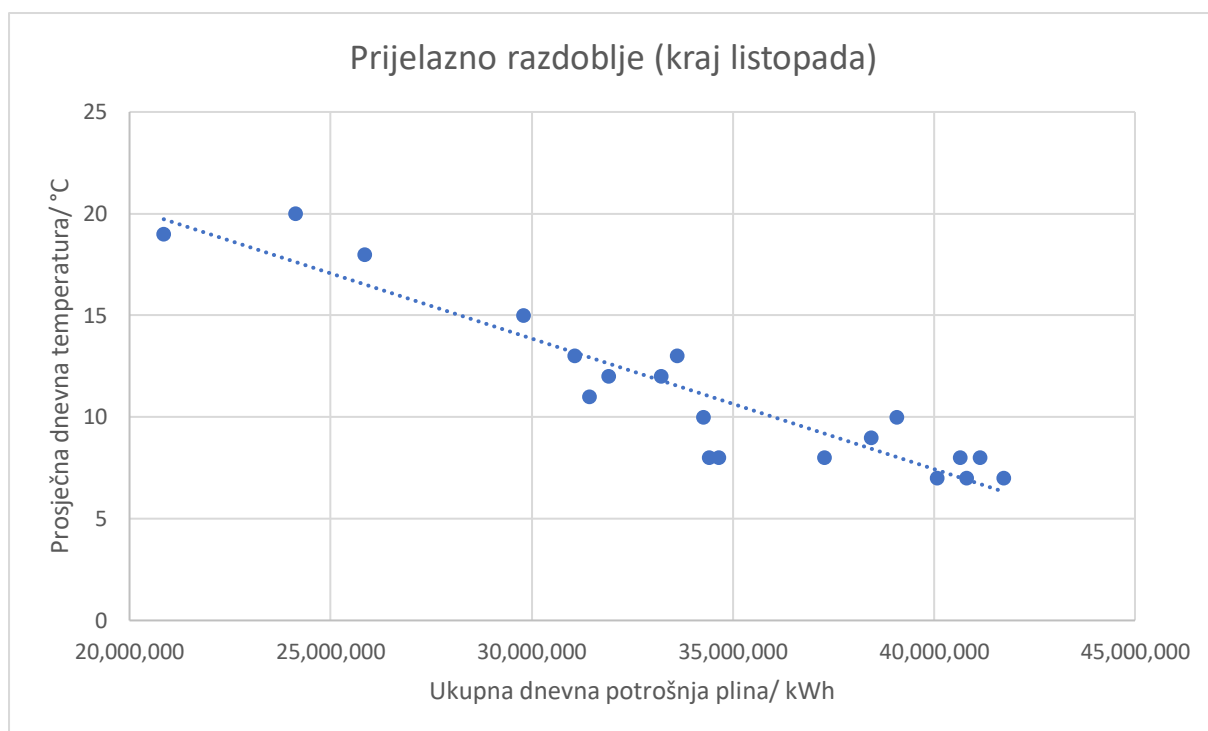
Dijagrami na slikama 24 i 25 dobiveni su iz perioda od 30.01.2020. do 09.02.2020. kada su temperature bile znatno više od prosječnih zimskih temperatura, a dosežale su i do 16°C. Prosječna ukupna dnevna potrošnja iznosila je oko 48.500.000 kWh, a prosječna satna oko 2.000.000 što je za 30% manje nego kada je temperatura u zimskim mjesecima bila ispod 5°C. U odnosu na ljetne mjesece gdje je potrošnja gotovo jednaka s obzirom na temperaturu, u ovom slučaju pad potrošnje je znatan.

3.3. Prijelazna razdoblja

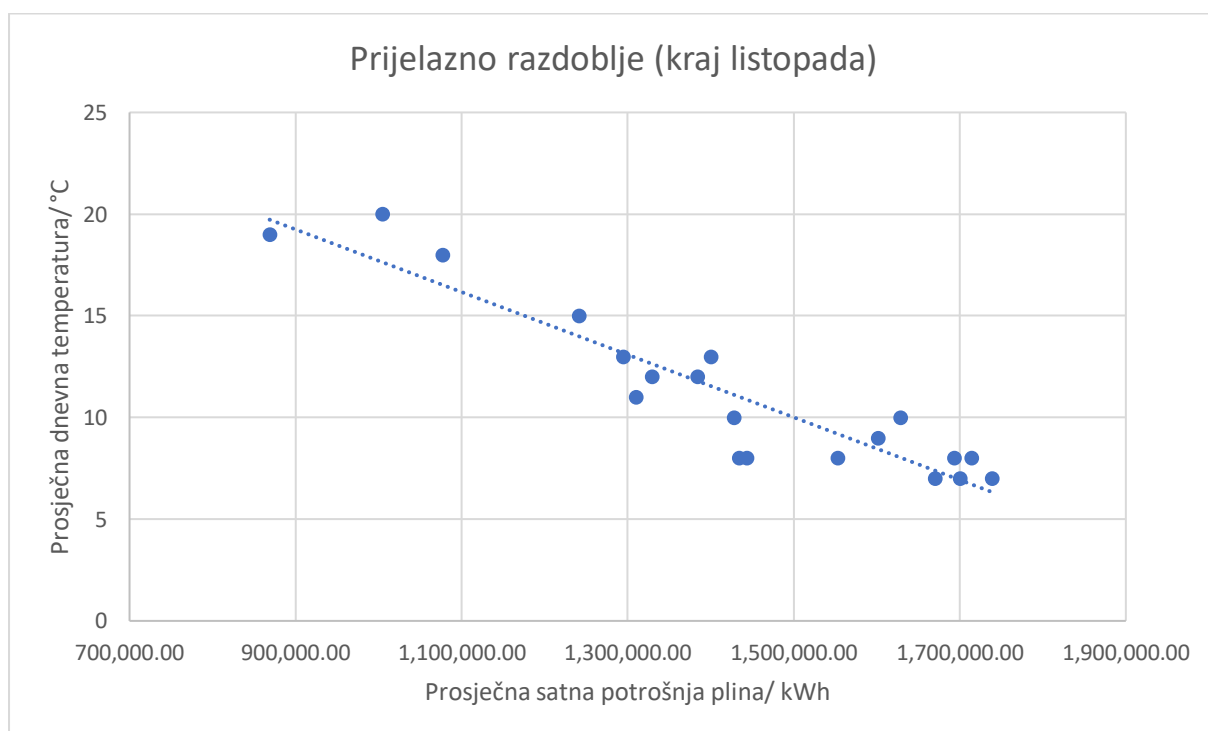
3.3.1. Početak sezone grijanja

Tablica 11. Ovisnost potrošnje o temperaturi okoline početkom sezone grijanja [3] [10]

Datum	Maksimalna satna potrošnja (kWh)	Ukupna dnevna potrošnja (kWh)	Prosječna satna potrošnja (kWh)	Prosječna dnevna temperatura (°C)
27.10.2019	1.211.101	20.849.653	868.735	19
28.10.2019	1.557.831	25.849.083	1.077.045	18
29.10.2019	1.812.251	34.273.753	1.428.073	10
30.10.2019	1.973.440	38.436.949	1.601.540	9
31.10.2019	2.173.381	40.650.191	1.693.758	8
1.11.2019	1.957.509	34.418.207	1.434.092	8
2.11.2019	1.870.497	33.210.560	1.383.773	12
3.11.2019	1.503.853	24.117.580	1.004.899	20
4.11.2019	1.644.797	31.437.497	1.309.896	11
5.11.2019	1.792.139	29.798.854	1.241.619	15
6.11.2019	1.756.559	31.067.500	1.294.479	13
7.11.2019	1.852.906	33.616.657	1.400.694	13
8.11.2019	2.110.850	37.274.621	1.553.109	8
9.11.2019	1.776.363	31.911.618	1.329.651	12



Slika 26. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u razdoblju od 27.10.2019. do 15.11.2019. [3] [10]



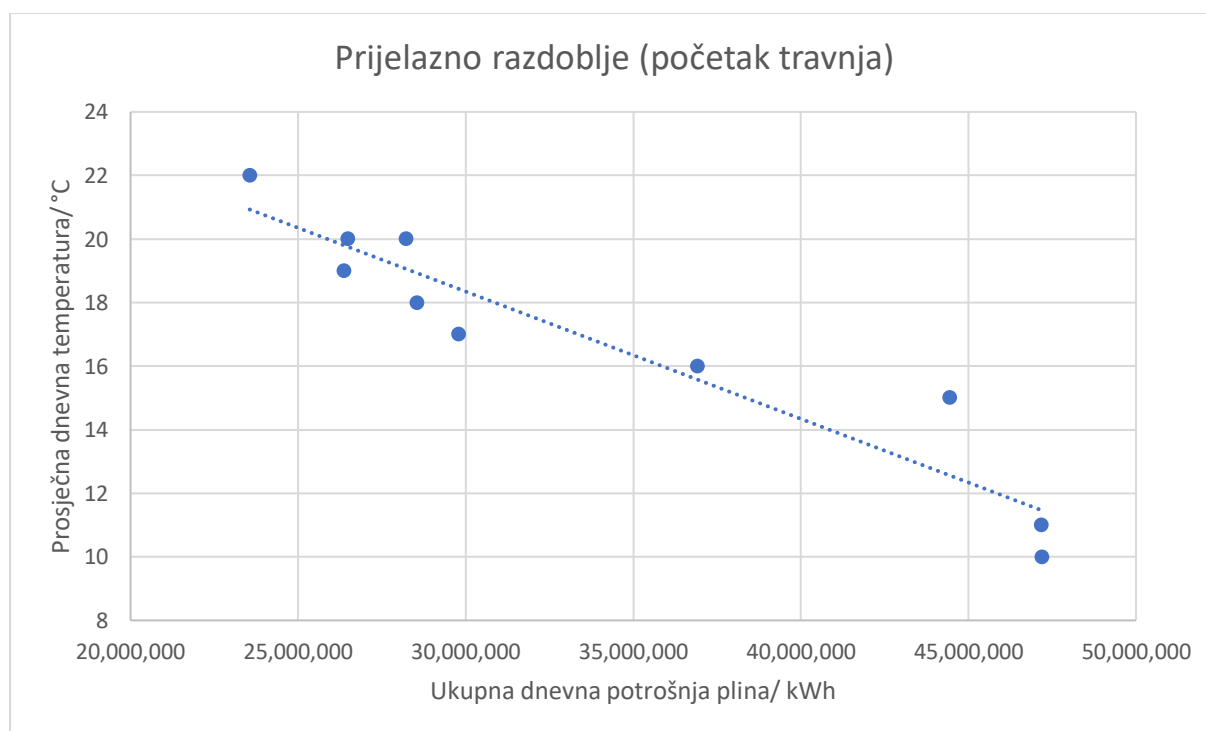
Slika 27. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u razdoblju od 27.10.2019. do 15.11.2019. [3] [10]

U danom razdoblju došlo je do promjene temperature sa 19°C do 7°C što je razlika za više od 10 stupnjeva. Ukupna dnevna potrošnja varirala je od 20.000.000 kWh do više od 40.0000.000 kWh ovisno o temperaturi okoline, a prosječna satna potrošnja je porasla sa 870.000kWh na 1.700.000 kWh. Iz ovih podataka je moguće zaključiti da se potrošnja udvostručila kada je temperatura pala za 10°C.

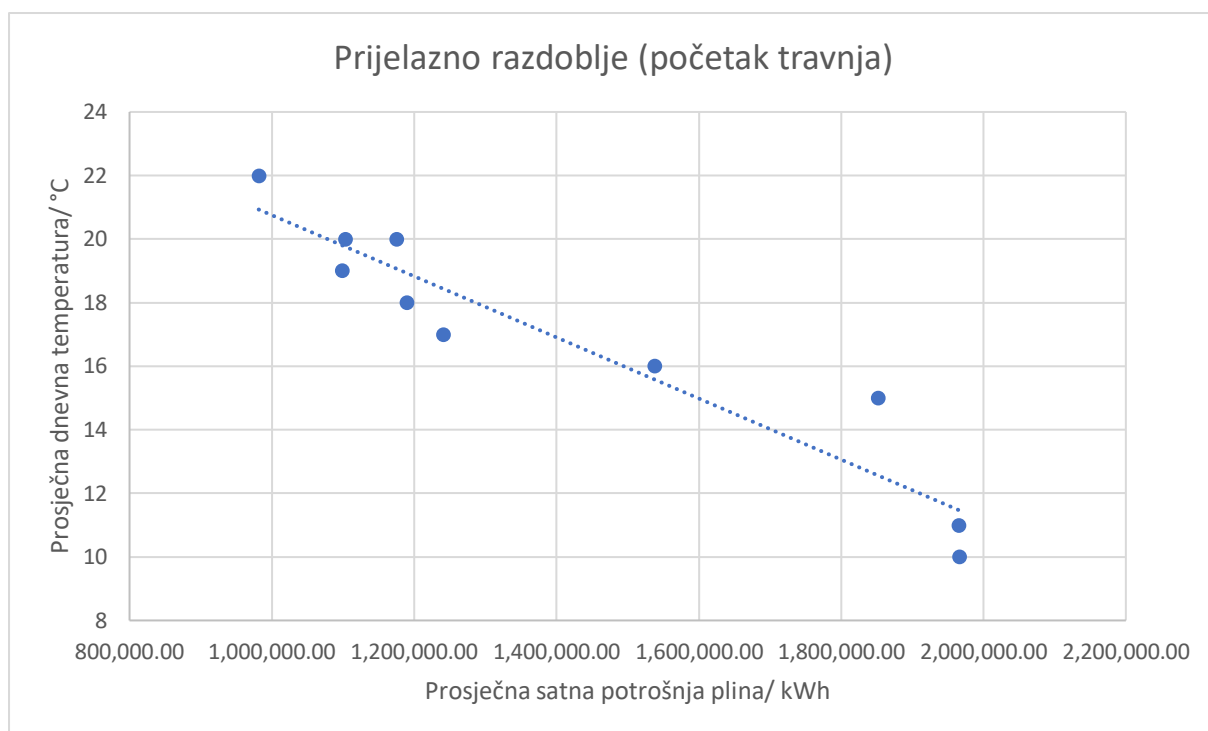
3.3.2. Kraj sezone grijanja

Tablica 12. Ovisnost potrošnje o temperaturi okoline krajem sezone grijanja[3] [10]

Datum	Maksimalna satna potrošnja (kWh)	Ukupna dnevna potrošnja (kWh)	Prosječna satna potrošnja (kWh)	Prosječna dnevna temperatura (°C)
31.3.2020	2.671.936	47.185.396	1.966.058	10
1.4.2020	2.752.445	47.161.896	1.965.079	11
2.4.2020	2.803.636	44.441.150	1.851.715	15
3.4.2020	2.608.801	36.903.389	1.537.641	16
4.4.2020	1.796.907	29.779.987	1.240.833	17
5.4.2020	1.581.738	26.367.198	1.098.633	19
6.4.2020	1.876.714	28.546.372	1.189.432	18
7.4.2020	1.920.222	28.217.079	1.175.712	20
8.4.2020	1.911.287	26.478.932	1.103.289	20



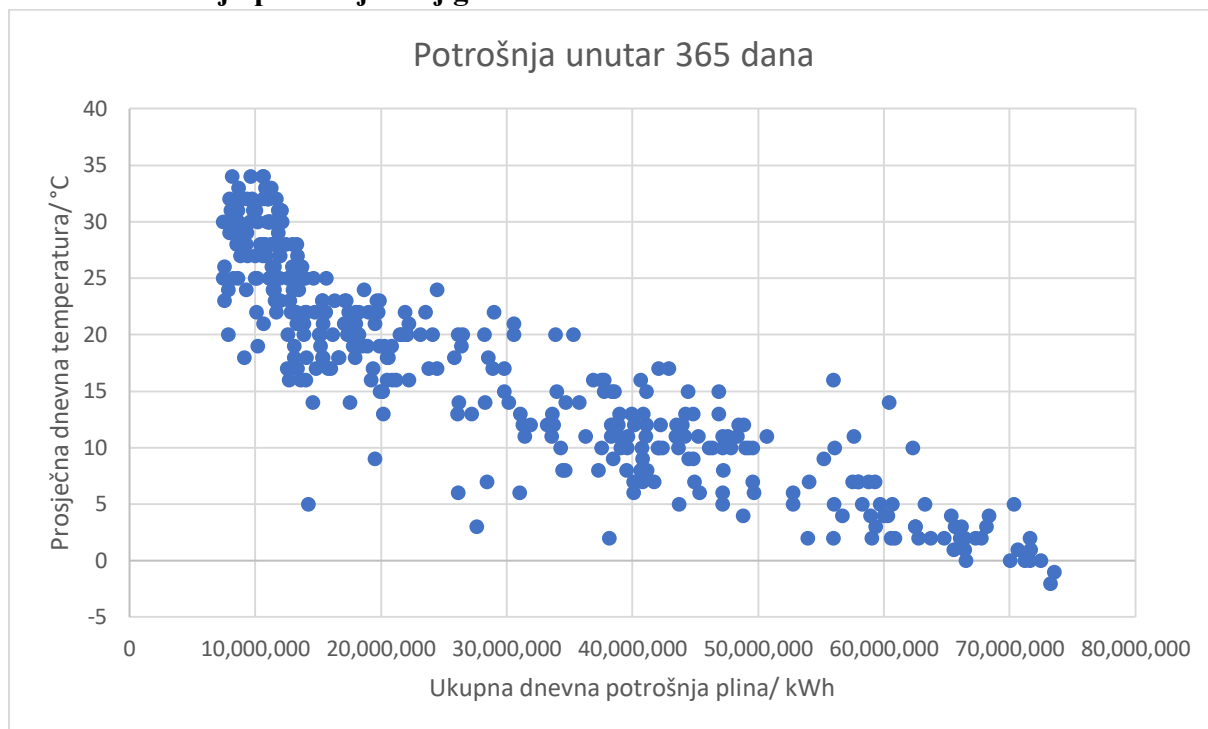
Slika 28. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u razdoblju od 31.03.2020. do 09.04.2020. [3] [10]



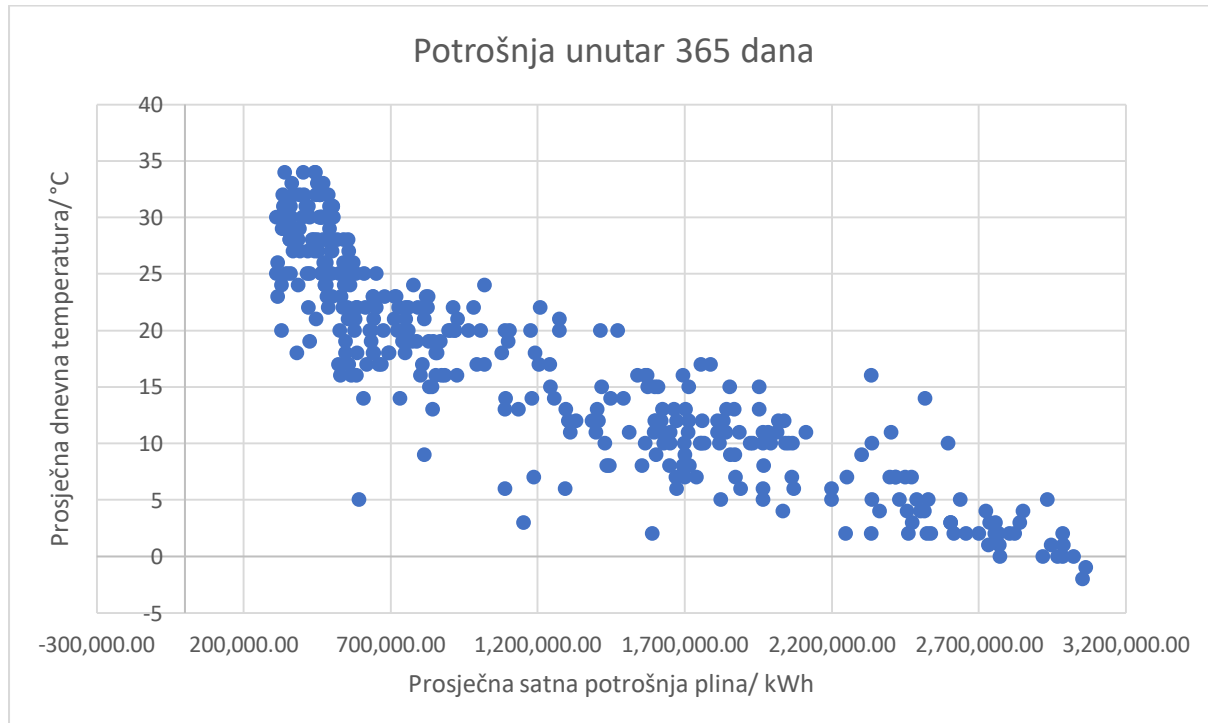
Slika 29. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u razdoblju od 31.03.2020. do 09.04.2020. [3] [10]

Na kraju sezone grijanja, odnosno početkom travnja došlo je do porasta temperature sa 10°C na 22°C i vidljivo je dvostruko smanjenje potrošnje prirodnog plina. Ukupna dnevna potrošnja plina smanjila se sa 47.000.000 na 23.500.000 kWh, a prosječna satna sa 2.000.000 na 1.000.000 kWh. Početkom travnja počinje period punjenja skladišta plina u Okolima.

3.4. Potrošnja plina u jednoj godini



Slika 30. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u razdoblju od 20.05.2019. do 19.05.2020. [3] [10]



Slika 31. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina o prosječnoj dnevnoj temperaturi u razdoblju od 20.05.2019. do 19.05.2020. [3] [10]

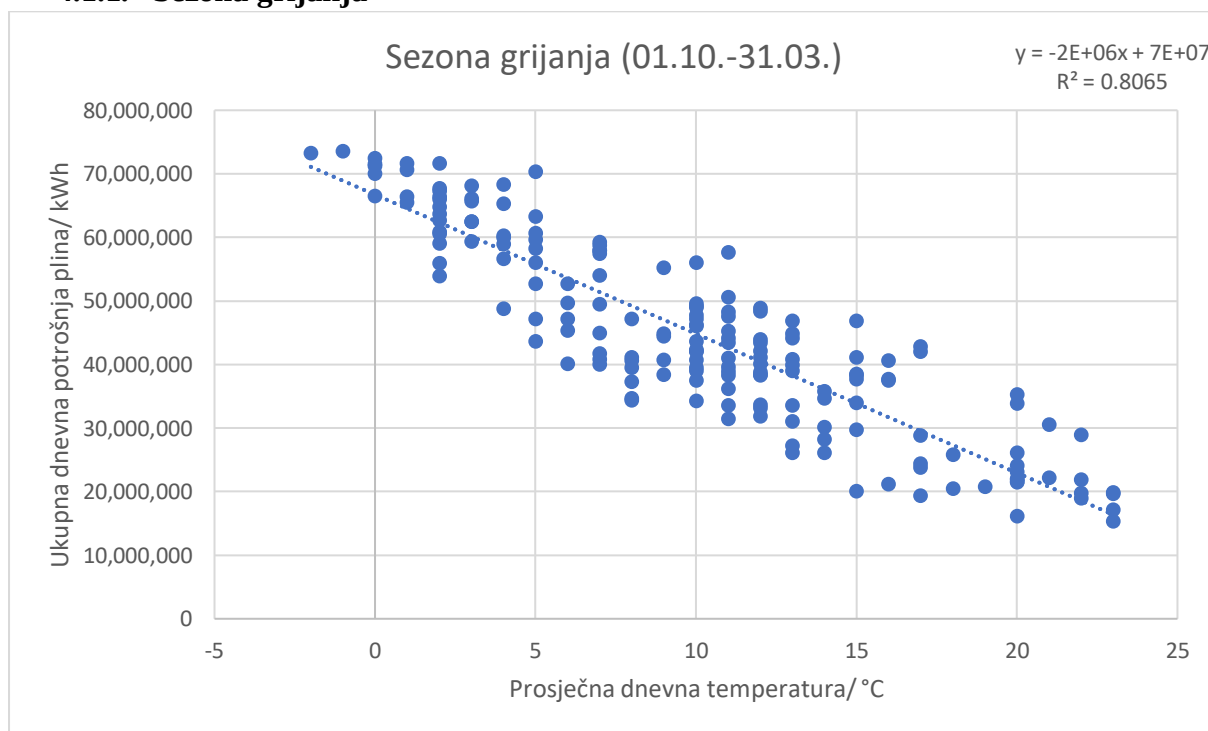
Na dijagramima sa slika 30 i 31 dani su podaci za ukupnu dnevnu i prosječnu satnu potrošnju prirodnog plina unutar jedne godine, zbirni podaci unutar i van sezone grijanja. Potrošnja prirodnog plina iznad 20°C je djelomično konstantna i to je temperaturno neovisna potrošnja plina, a potrošnja ispod 20°C linearno raste s padom temperature okoline. Prosječna dnevna potrošnja iznad 20°C iznosi 12.500.000 kWh, a prosječna satna potrošnja oko 520.000 kWh.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Matematički model

Matematički model omogućuje prosječnu dnevnu i satnu procjenu potrošnje prirodnog plina. Model je dobiven iz podataka tijekom sezone grijanja, od početka listopada do kraja ožujka jer tada je potrošnja temperaturno ovisna. Potrošnja plina van sezone grijanja, odnosno iznad 20°C, ovisi isključivo o potrošnji prirodnog plina u kućanstvima na aktivnosti koje ne uključuju grijanje prostorije, poput zagrijavanja vode ili u plinskim štednjacima. Temperaturno neovisna potrošnja uključuje industrijsku proizvodnju gdje se plin koristi kao energent ili sirovina, u poljoprivredi, na energetske transformacije, u samoj proizvodnji plina i u prometu kao gorivo. Iako se očekuje konstantna potrošnja iznad 20 °C, dobiveni podaci ukazuju da postoji promjena potrošnje s promjenom temperature. S obzirom da je ta promjena, u usporedbi sa onom u zimskim mjesecima, gotovo neznatna ona se uzima kao konstantna vrijednost. U matematičkom modelu danom za sezonu grijanja potrebno je oduzeti tu kako bi se dobio model za temperaturno ovisnu potrošnju. Iako potrošnju van sezone grijanja uzimamo kao konstantu radi lakše procjene u sezoni grijanja, moguće je izvesti model potrošnje i van sezone grijanja.

4.1.1. Sezona grijanja



Slika 32. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina u kWh u sezoni grijanja (01.10.-31.03.) [3] [10]

Iz ovisnosti ukupne dnevne potrošnje o temperaturi okoline prikazane na slici 32, moguće je dobiti model koji opisuje tu ovisnost, a on glasi:

$$P_d = -2 * 10^6 T + 7 * 10^7 \quad (1)$$

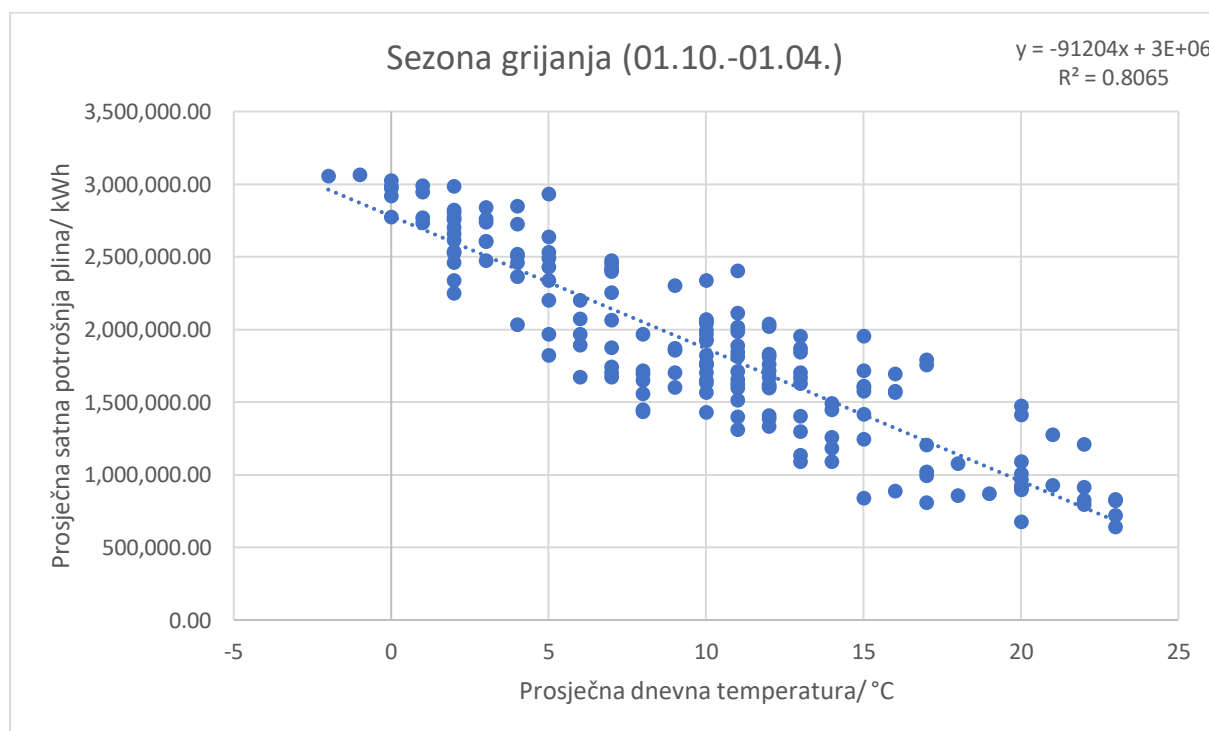
Gdje je P_d ukupna dnevna potrošnja plina izražena u kWh u sezoni grijanja, a T prosječna dnevna temperatura izražena u °C.

Kako bi se dobila temperaturno ovisna potrošnja plina, jednadžbi 1 potrebno je oduzeti 12.500.000 kWh, iznos potrošnje koji je konstantan tijekom cijele godine, dobiven kao prosječna vrijednost ukupne dnevne potrošnje plina van sezone grijanja i tada jednadžba glasi:

$$P_{dt} = -2 * 10^6 T + 5,75 * 10^7 \quad (2)$$

Gdje je P_{dt} ukupna, temperaturno ovisna, dnevna potrošnja plina izražena u kWh u sezoni grijanja, a T prosječna dnevna temperatura izražena u °C.

U promatranom periodu od 20.05.2019. do 19.05.2020., u sezoni grijanja maksimalno dosegnuta ukupna dnevna potrošnja bila je 73.500.000 kWh, minimalna 15.300.000 kWh, a ukupno potrošene količine iznosile su oko 8.100.000.000 kWh.



Slika 33. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina u kWh u sezoni grijanja (01.10.-31.03.) [3] [10]

Iz ovisnosti prosječne satne potrošnje o temperaturi okoline prikazane na slici 33, moguće je dobiti model koji opisuje tu ovisnost, a on glasi:

$$P_s = -91.204T + 3 * 10^6 \quad (3)$$

Gdje je P_s prosječna satna potrošnja plina izražena u kWh u sezoni grijanja, a T prosječna dnevna temperatura izražena u °C.

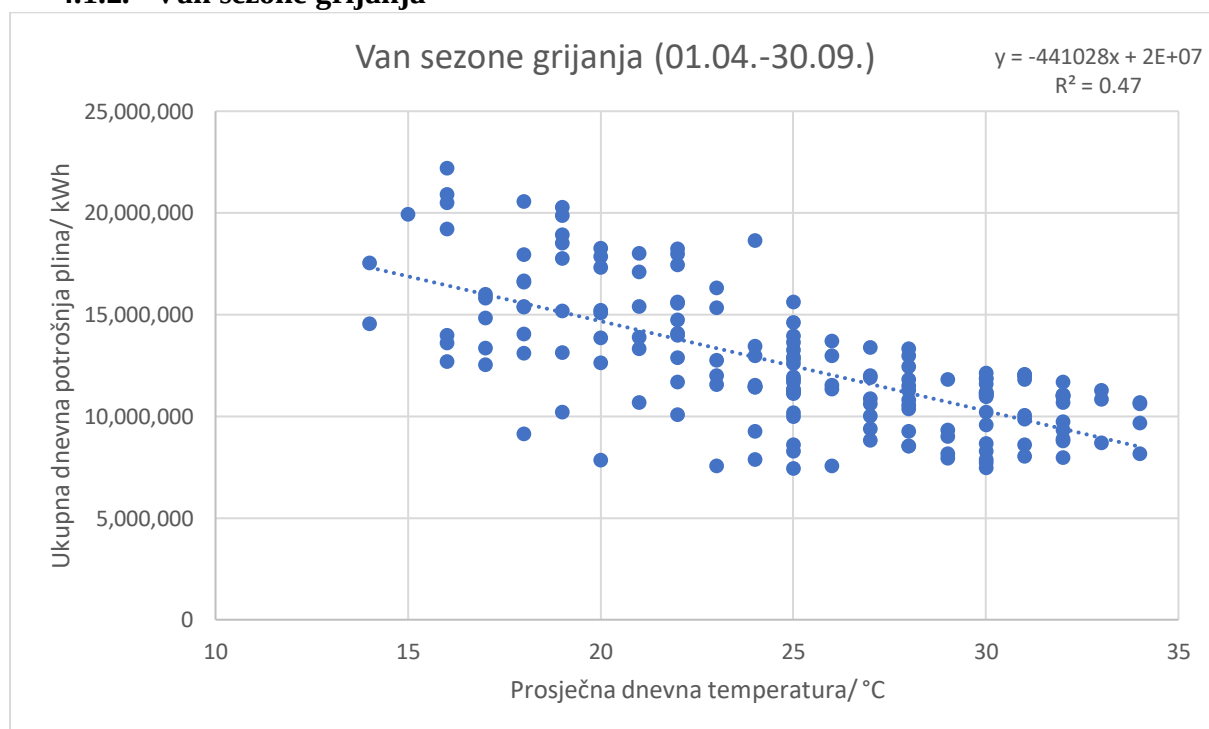
Kako bi se dobila temperaturno ovisna potrošnja plina, gornjoj jednadžbi je potrebno oduzeti 520.000 kWh, iznos potrošnje koji je konstantan tijekom cijele godine, dobiven kao prosječna vrijednost satne potrošnje plina van sezone grijanja i tada jednadžba glasi: i tada jednadžba glasi:

$$P_{st} = -91.204T + 2,48 * 10^6 \quad (4)$$

Gdje je P_{st} prosječna, temperaturno ovisna, satna potrošnja plina izražena u kWh u sezoni grijanja, a T prosječna dnevna temperatura izražena u °C.

U promatranom periodu od 20.05.2019. do 19.05.2020., u sezoni grijanja maksimalno dosegnuta satna potrošnja bila je 3.065.000 kWh, minimalna 640.000 kWh.

4.1.2. Van sezone grijanja



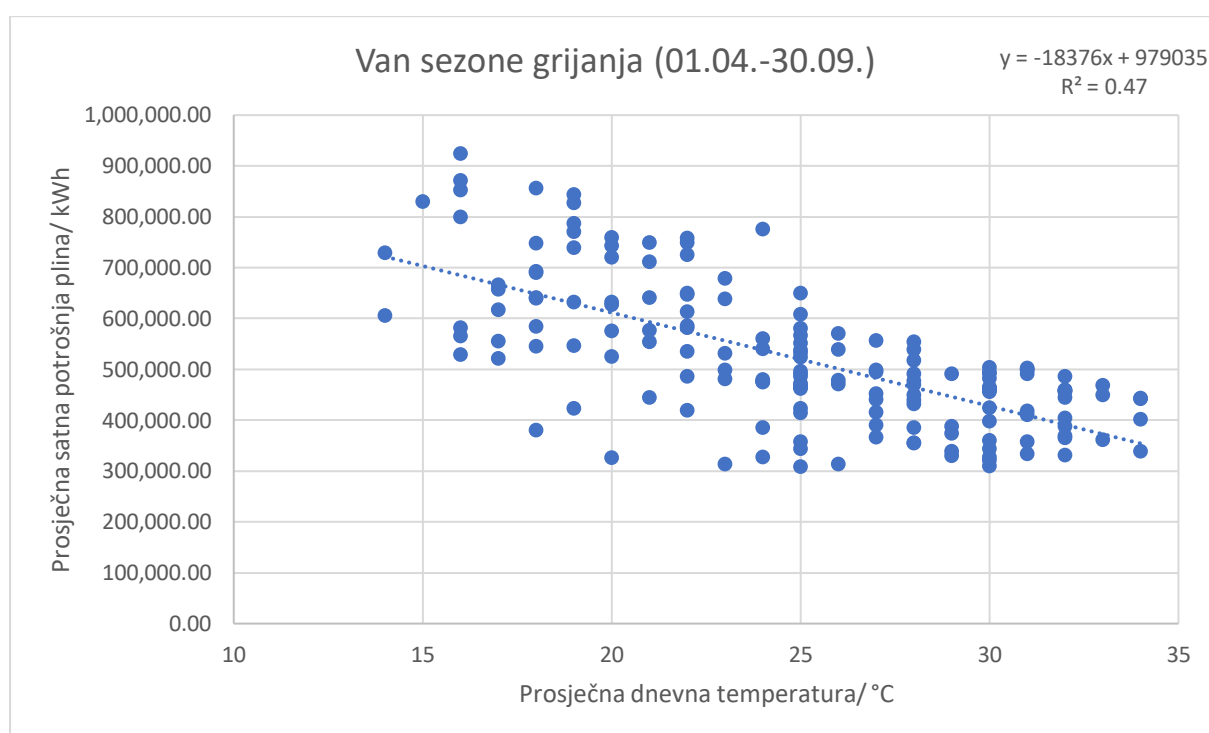
Slika 34. Ovisnost ukupne dnevne potrošnje prirodnog plina u kWh van sezone grijanja (01.04.-30.09.) [3] [10]

Iz dane ovisnosti ukupne dnevne potrošnje o temperaturi okoline moguće je dobiti model koji opisuje tu ovisnost, a on glasi:

$$p_d = -441.028T + 2 * 10^7 \quad (5)$$

Gdje je p_d ukupna dnevna potrošnja plina izražena u kWh van sezone grijanja, a T prosječna dnevna temperatura izražena u °C.

Iz podataka o ukupnoj dnevnoj potrošnji plina i prosječne dnevne temperature okoline van sezone grijanja, dobiva se srednja vrijednost potrošnje u iznosu od 12.500.000 kWh. Ona se uzima kao vrijednost konstantne potrošnje tijekom cijele godine i oduzima u periodu sezone grijanja radi dobivanja temperature ovisnosti potrošnje.



Slika 35. Ovisnost prosječne satne potrošnje prirodnog plina u kWh van sezone grijanja (01.04.-30.09.) [3] [10]

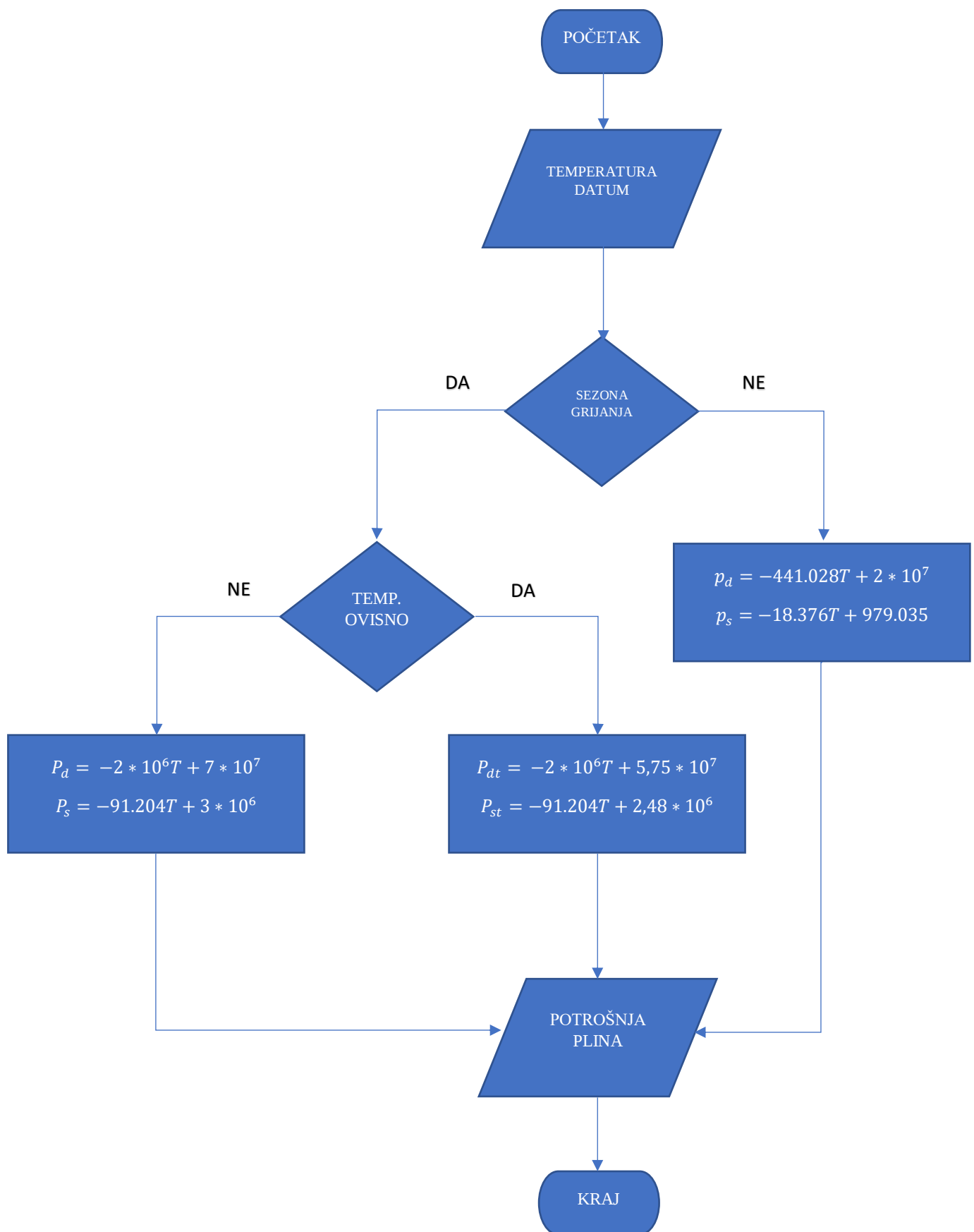
Iz dane ovisnosti prosječne satne potrošnje o temperaturi okoline moguće je dobiti model koji opisuje tu ovisnost, a on glasi:

$$p_s = -18.376T + 979.035 \quad (6)$$

Gdje je p_s prosječna satna potrošnja plina izražena u kWh van sezone grijanja, a T prosječna dnevna temperatura izražena u °C.

Iz podataka o prosječnoj satnoj potrošnji plina i prosječne dnevne temperature okoline van sezone grijanja, dobiva se srednja vrijednost potrošnje u iznosu od 520.000 kWh. Ona se uzima kao vrijednost konstantne potrošnje tijekom cijele godine i oduzima u periodu sezone grijanja radi dobivanja temperature ovisnosti potrošnje.

4.2. Dijagram toka



5. ZAKLJUČAK

Transportirane količine prirodnog plina su kupcima spojenim direktno na transportnu mrežu gotovo jednake tijekom svih mjeseci u godini, dok su kupci na distribucijskom sustavu temperaturno ovisni, njihova potrošnja ovisi o temperaturi okoline pa su najveće isporučene količine prirodnog plina u zimskim mjesecima kada su temperature najniže. Ako se sagleda količina transportiranog plina po hrvatskim županijama, najveću potrošnju ima Sisačko-moslavačka županija u kojoj se nalazi petrokemijska industrija i Grad Zagreb zbog najvećeg broja kućanstava i drugih grupa temperaturno ovisnih potrošača. U 2018. godini je poduzetništvu spojenom direktno na transportni sustav je isporučeno 49,2 %, a distribuirano je 37,5 % od čega je 53 % isporučeno kućanstvima i 47 % poduzetništvu na distribucijskom sustavu. Za obavljanje djelatnosti distribucije plina je u 2018. godini dozvolu imalo 35 tvrtki, od kojih su najveće udjele u preuzetim količinama transportiranog plina imale Gradska plinara Zagreb d.o.o. (35,11 %), HEP-Plin d.o.o. u Osijeku (11,81 %), Termoplin d.d. u Varaždinu (8,31 %) i Međimurje plin d.o.o. u Čakovcu (4,71 %). Takva raspodjela je direktno povezana s brojem kućanstava, odnosno kupcima na distribucijskom sustavu kojih ima najviše na području koje pokrivaju navedeni distributeri. Zbog temperaturno ovisnih potrošača plina u Republici Hrvatskoj dolazi do varijacije u potrošnji plina ovisno o temperaturi okoline, a njihov udio iznosi oko 40 %. Iz podataka za satnu i ukupnu dnevnu potrošnju i temperaturu okoline dane za Zagreb, dobiveni su modeli koji opisuju tu potrošnju. Pomoću njih je moguće procijeniti i predvidjeti potrošnju danu u kWh ovisno o temperaturi. Dobiven je linearni model za dio godine s najvećom potrošnjom prirodnog plina koji se naziva sezona grijanja i traje od početka listopada do kraja ožujka. Izvedena su dva oblika modela, jedan za ukupnu dnevnu i prosječnu satnu potrošnju koja uključuje temperaturno neovisnu potrošnju i drugi oblik isključivo za temperaturno ovisnu potrošnju od kojeg je oduzeta vrijednost od 12.500.000 kWh za ukupnu dnevnu, odnosno 520.000 kWh za satnu potrošnju, vrijednosti potrošnje koje su prisutne tijekom cijele godine i ne ovise o temperaturi okoline. Dobiveni modeli omogućuju predviđanje potrošnje uz poznavanje temperature okoline što distributerima omogućuje nabavu dostatnih količina prirodnog plina za sve korisnike i sigurnu opskrbu.

6. POPIS SIMBOLA

T - prosječna dnevna temperatura [$^{\circ}\text{C}$]

P_d - ukupna dnevna potrošnja plina u sezoni grijanja [kWh]

P_{dt} - ukupna, temperaturno ovisna, dnevna potrošnja plina u sezoni grijanja [kWh]

P_s - prosječna satna potrošnja plina u sezoni grijanja [kWh]

P_{st} - prosječna, temperaturno ovisna, satna potrošnja plina u sezoni grijanja [kWh]

p_d - ukupna dnevna potrošnja plina van sezone grijanja [kWh]

p_s - prosječna satna potrošnja plina van sezone grijanja [kWh]

7. LITERATURA

- [1] Ministarstvo zaštite okoliša i energetika, Energija u Hrvatskoj, 2018. Godišnji energetski pregled, (2018) 135-144.
- [2] Hrvatska energetska regulatorna agencija, Godišnje izvješće za 2018. godinu, Zagreb (lipanj, 2019.) 89-106.
- [3] <https://www.plinacro.hr/> (pristup 05.08.2020.)
- [4] HEP-Plin d.o.o., Prirodni plin, Distribucija plina i opskrba plinom, Osijek (listopad, 2014.) 10-21.
- [5] <http://www.plinara-zagreb.hr/o-nama/o-nama-30/30> pristup (05.08.2020.)
- [6] http://www.hep.hr/plin/UserDocsImages/dokumenti/Distribucijska_podrucja_HEP_PLIN.pdf pristup (05.08.2020.)
- [7] http://www.termoplin.com/Dokumenti/40godina_tp-Vz-eknjiga.pdf pristup (05.08.2020.)
- [8] <https://medjimurje-plin.hr/files/izvjesceupraveostanjudrustva2018.pdf> pristup (05.08.2020.)
- [9] Hrvatska stručna udruga za plin, Plinsko gospodarstvo Republike Hrvatske, (2018) 2-16.
- [10] <https://www.timeanddate.com/weather/croatia/zagreb/historic> (pristup 05.08.2020.)

8. ŽIVOTOPIS

████████████████████ Osnovnu školu završila sam u Zagrebu, a 2011. godine upisala Gimnaziju Tituša Brezovačkog. Po završetku srednjoškolskog obrazovanja, 2014. upisala sam preddiplomski studij Kemijskog inženjerstva na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu kojeg završavam 2018. godine. Iste godine upisujem diplomski studij Kemijskog inženjerstva na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije.