

# Napredne mogućnosti rasplinjavanja ukapljenog plina kogeneracijskim postrojenjem na LNG terminalu

Priredio: Željko Rožić, dipl. ing. strojarstva, tehnolog energetike *PJ Etilen, Dioki d.d., Zagreb*

Ukapljeni prirodni plin (LNG) dobavlja se i transportira pri vrlo niskim temperaturama. Uobičajene temperature ukapljenoga prirodnog plina su oko  $-168\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Za potrebe daljnjeg transporta u distribucijskom sustavu plinovoda ukapljeni plin potrebno je raspliniti te dobiveni plin zagrijati na temperaturu od približno  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Potrebna toplinska energija može se podijeliti na energiju rasplinjavanja i onu potrebnu za zagrijavanje nastalog plina s temperature od  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$  do približno  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U sustav cjevovoda za plinsku distribuciju ne smije se upuštati plin pri vrlo niskim temperaturama. Visokotlačni plinovodi s radnim tlakom od 75 ili 110 bara izrađeni su od ugljičnih čelika koji nisu predviđeni za tako niske temperature jer one znatno pogoršavaju mehanička svojstva materijala.

Uobičajeni postupak rasplinjavanja i zagrijavanja ukapljenoga prirodnog plina je s pomoću morske vode. Zbog velikih kapaciteta LNG terminala, za zagrijavanje plina potrebne su goleme količine morske vode. Ona se u ovom procesu vraća znatno ohlađena. Hlađenje velikih količina morske vode može znatno utjecati na okoliš. Zbog

specifičnosti nekih izmjenjivača za zagrijavanje ukapljenog plina često su potrebni i dodatni tretmani morske vode. Sve to može vrlo nepovoljno utjecati na životni okoliš u moru. Slika 1 shematski prikazuje postupak rasplinjavanja morskom vodom.

Utjecaj na okoliš moguće je smanjiti postupcima koji toplinu potrebnu za rasplinjavanje ukapljenog plina dobivaju nezavisno od okoline ili sa smanjenim utjecajem na okolinu.

## Postupak rasplinjavanja s potopljenim gorionikom

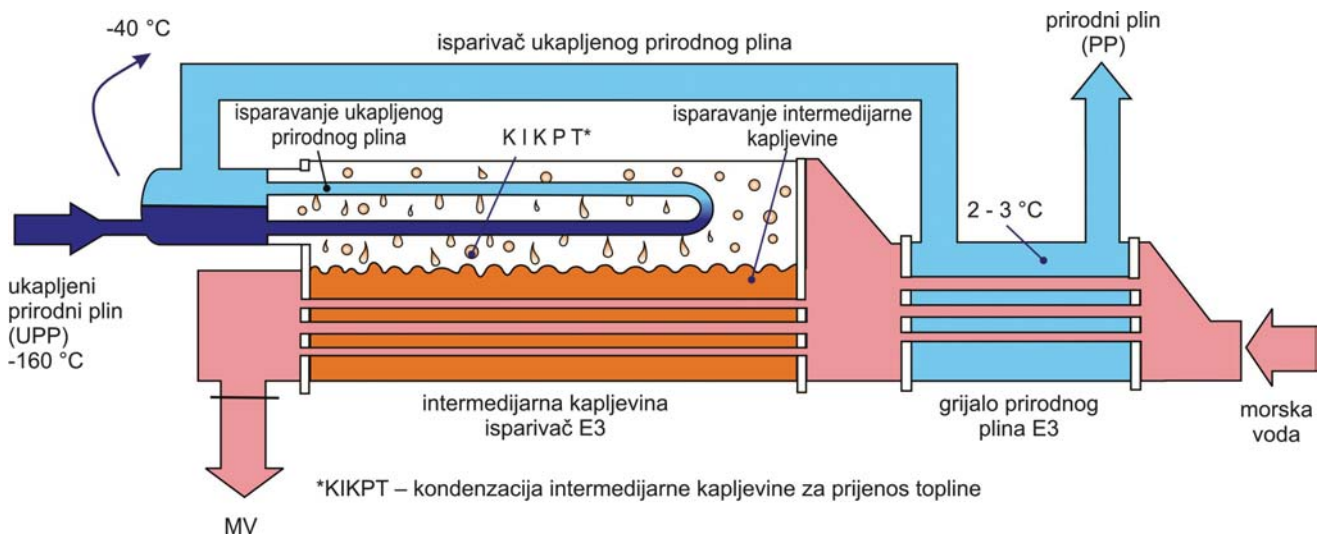
Ovo je najjednostavniji i dokazan postupak kojim se izravnim izgaranjem plina na klasičnom gorioniku dobiva toplina potrebna za zagrijavanje i rasplinjavanje ukapljenog plina (slika 2).

U osnovi ovaj se postupak zasniva na zagrijavanju velikog spremnika s vodom u kojem su potopljivi i izmjenjivači topline kojima se rasplinjava ukapljeni prirodni plin. Voda u ovom slučaju služi kao dodatni toplinski krug za prijenos topline na ukapljeni prirodni plin. Na taj se način umanjuju pro-

blemi koji bi se mogli pojaviti zbog ekstremno velikih razlika u temperaturama dimnih plinova i ukapljenoga prirodnog plina. Ovaj je postupak jednostavan i provjeren. Za kratkotrajna vršna opterećenja LNG terminala uz ovakav sustav potreban je i paralelan sustav rasplinjavanja morskom vodom koji bi radio povremeno, a bitno se smanjuju utjecaji na morsku floru i faunu. Nedostatak su ovakvog sustava relativno visoki operativni troškovi jer se otprilike 1,5 % kapaciteta terminala koristi kao gorivo za zagrijavanje i rasplinjavanje. Uz navedene eksploatacijske troškove potrebno je i relativno veliko postrojenje za pripremu vode u kupki. Također su i visoke emisije u zrak nastale zbog velike količine produkata izgaranja.

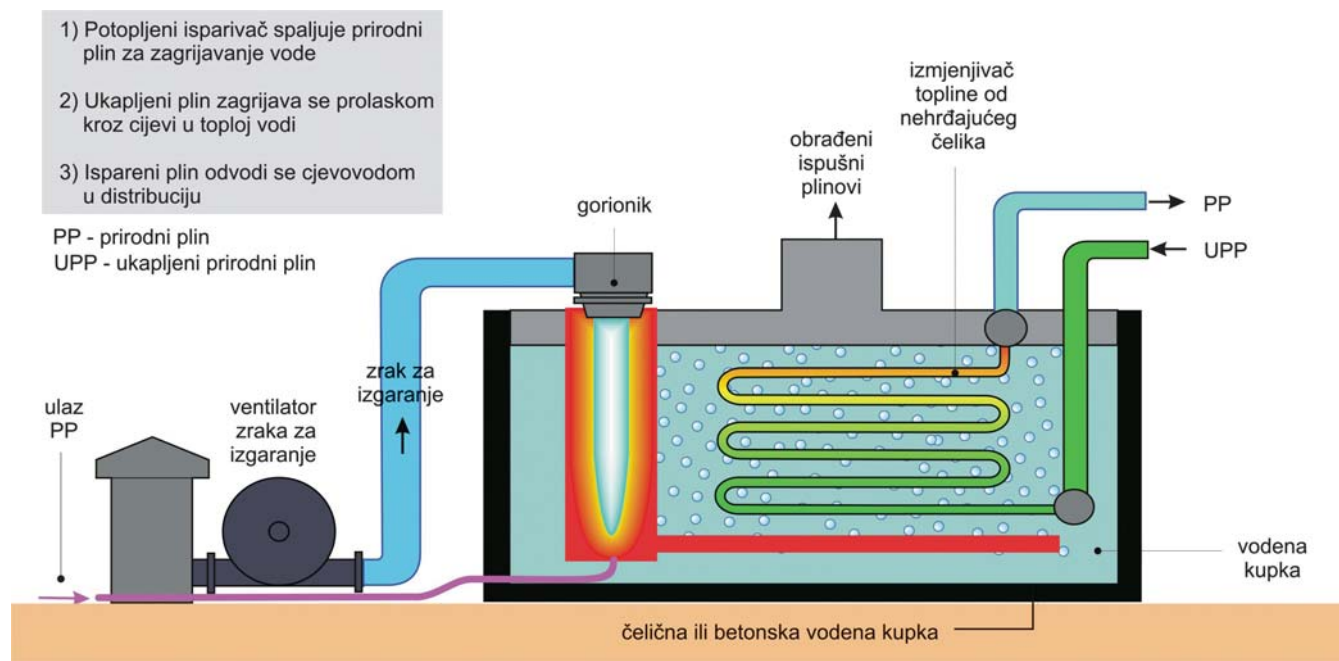
## Rasplinjavanje korištenjem topline okolnog zraka

Okolni zrak je besplatan izvor topline. Sustav izmjenjivača topline i kompresora koristi se toplinom okolnog zraka za rasplinjavanje (slika 3). U osnovi, cijeli sustav za rasplinjavanje toplinom iz okolnog zraka velika je dizalica topline. Zbog toga učinkovitost

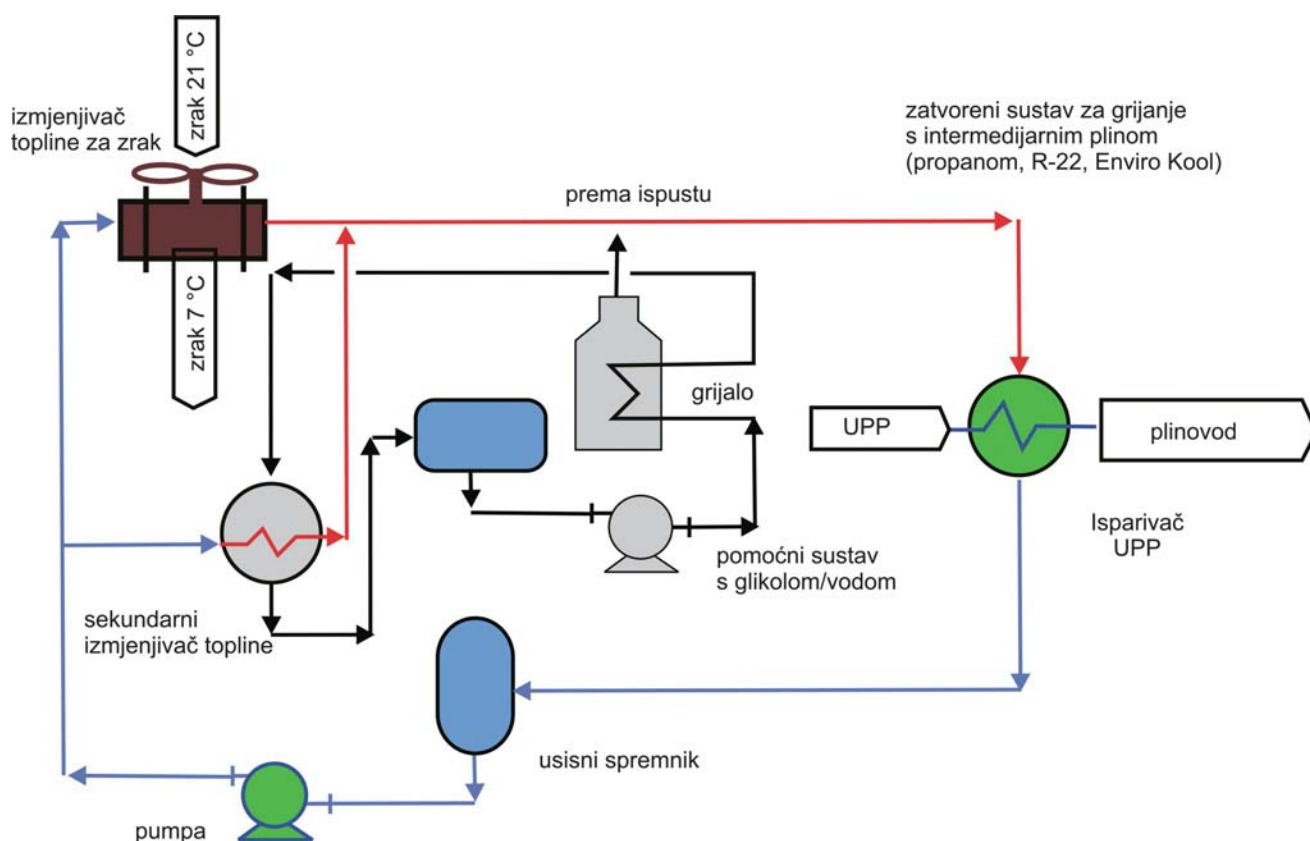


SLIKA 1 - Shematski prikaz postupka rasplinjavanja morskom vodom\*

\* Sve slike objavljuju se uz odobrenje grupe *General Electric Power Gen.*



SLIKA 2 - Potopljeni gorionik (vodena kupka)\*



SLIKA 3 - Sustav rasplinjavanja toplinom iz okolnog zraka\*

cijeloga sustava ovisi o temperaturi okolnog zraka. S padom temperature zraka sustav gubi na učinkovitosti i kapacitetu. Zbog toga je potreban kompletan rezervni sustav s morskom vodom, koji služi i kao rezerva za pokrivanje vršnih potreba LNG terminala. Kapacitet rezervnog sustava zbog navedenih nedostataka mora iznositi 100 % nominalnoga.

Zbog kompliciranosti ovakav sustav nije dokazan i provjeren u širokoj upotrebi te zahtijeva vrlo veliku površinu zemljišta za ugradnju. Zbog ovisnosti kapaciteta sustava za rasplinjavanje o sadržaju toplinske energije u okolnom zraku takvi su sustavi pogodni za vruća i vlažna podneblja. Sam sustav je kompliciran i zahtjevan za održavanje. Sadržava i velike količine me-

dija za prijenos topline (propan, R-22) koji povećava ekološko opterećenje LNG terminala mogućim emisijama u zrak.

Prednost je ovoga sustava da smanjuje vlastitu potrošnju LNG terminala i ne utječe na morska staništa. Vrlo ozbiljan nedostatak je zahtjev za vrlo velikom površinom potrebnom za smještaj vrlo velikog broja izmjenjivača topline. Zbog veličine su-

stava postoji i vrlo velik broj spojeva koji povećavaju mogućnost curenja i gubitka freonskog medija.

## Rasplinjavanje kogeneracijskim postrojenjima

Rasplinjavanje ukapljenog plina na LNG terminalima moguće je i kogeneracijskim postrojenjima. Na tržištu postoji velik broj modela turbina različite stupnja raspoloživosti, pouzdanosti i korisnosti. Neki su modeli plinskih turbina izgrađeni u velikim serijama od nekoliko stotina pa čak do nekoliko tisuća komada. Plinska turbina LM 2500 tvrtke *General Electric* služi kao glavni pogonski stroj velike većine ratnih brodova. Više je nego očito da postoji dovoljno iskustva u eksploataciji plinskih turbina u uvjetima morske okoline.

LNG terminal zbog svojih posebnosti zahtijeva dosta električne i toplinske energije za rad. Električna energija potrebna je zbog pogona pomoćne opreme, kao i za pogon pumpi, a velike količine energije potrebne su i za dodatno hlađenje uskladištenoga ukapljenog plina. Zbog sigurnosti rada LNG terminala i opreme na terminalu poželjan je i nezavisan izvor električnog napajanja. Istodobna stalna potrošnja električne i toplinske energije uz neposredan dobavni pravac goriva čini idealne uvjete za kogeneracijsko postrojenje s plinskim turbinama.

Kogeneracijska postrojenja na LNG terminalima već se koriste u praksi s vrlo dobrim rezultatima. Pravilnim odabirom broja i veličina instaliranih jedinica (plinskih turbina) moguće je osigurati dovoljno toplinske energije za rasplinjavanje bez potrebe za dodatnim, zamjenskim sustavima s morskom vodom kao podrškom.

Na slici 4 prikazana je toplinska shema postrojenja u vlasništvu *Gaz de Francea*, s instaliranom plinskom turbinom LM 6000 i dodatnim rezervnim postrojenjem s potopljenim gorionikom kojim se pokrivaju vršna opterećenja LNG terminala. Postrojenje sličnih kapaciteta odgovaralo bi terminalu na Krku.

Na slici 5 prikazano je mnogo bolje rješenje, s višim iskorištenjem topline i višom učinkovitosti postrojenja. S dvije plinske turbine moguće je osigurati praktično neprestanu dobavu plina s izvorom topline u kogeneracijskoj jedinici.

Maksimalna moguća kogeneracijska jedinica koja bi iskoristila sve potencijale LNG terminala približne veličine kao na Krku prikazana je na slici 6.

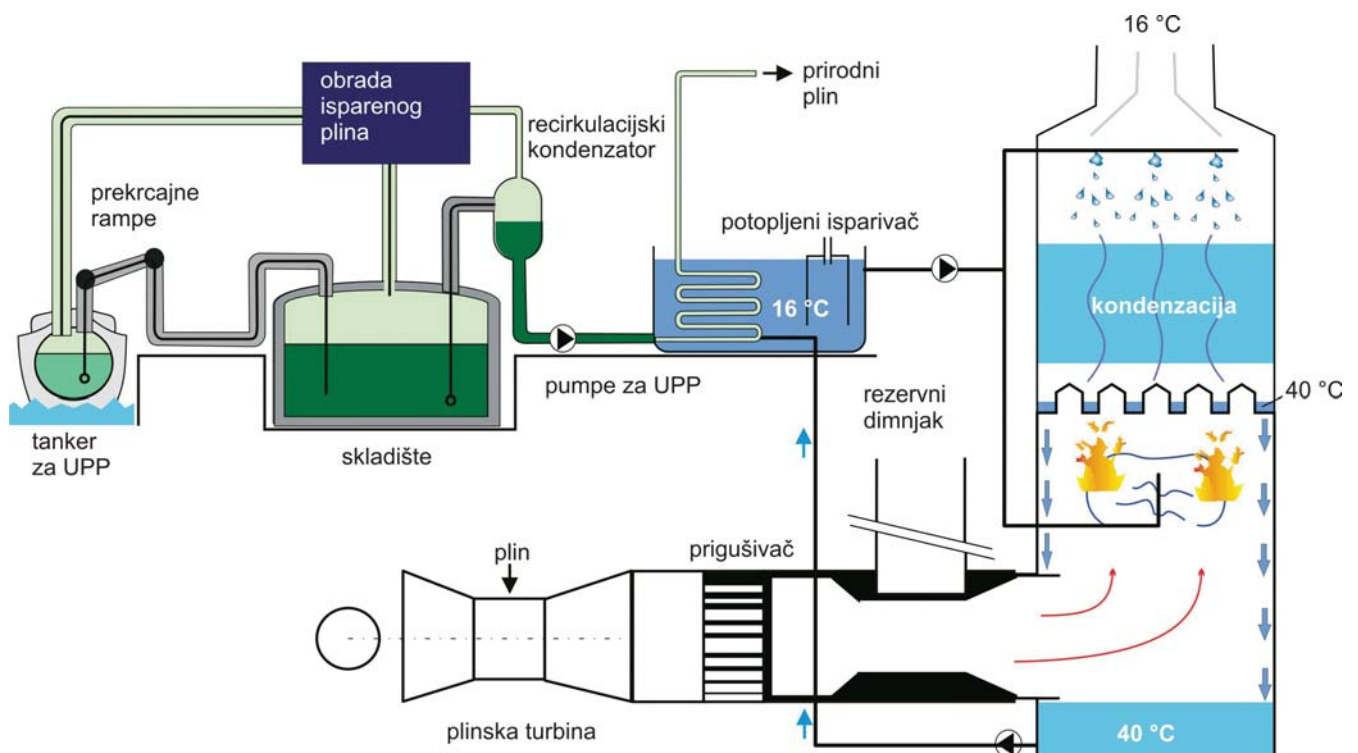
Koristile bi se dvije plinske turbine *General Electric LMS 100*. Te turbine, velike snage, u osnovi su aeroderivativne konstrukcije. Takva konstrukcija omogućuje plinskoj turbini vrlo brz start uz visoku učinkovitost. Specifičnost tog tipa turbine je i međuhladnjak (e. *intercooler*) stlačenog zraka u kompre-

soru turbine kojim se povećava ukupna električna korisnost turbine u otvorenom ciklusu (bez iskorištenja otpadne topline) za gotovo 46 %. S plinskom turbinom LM 100 u kogeneracijskom ciklusu mogla bi se postići ukupna korisnost od približno 106 % računato na donju ogrjevnu vrijednost prirodnog plina.

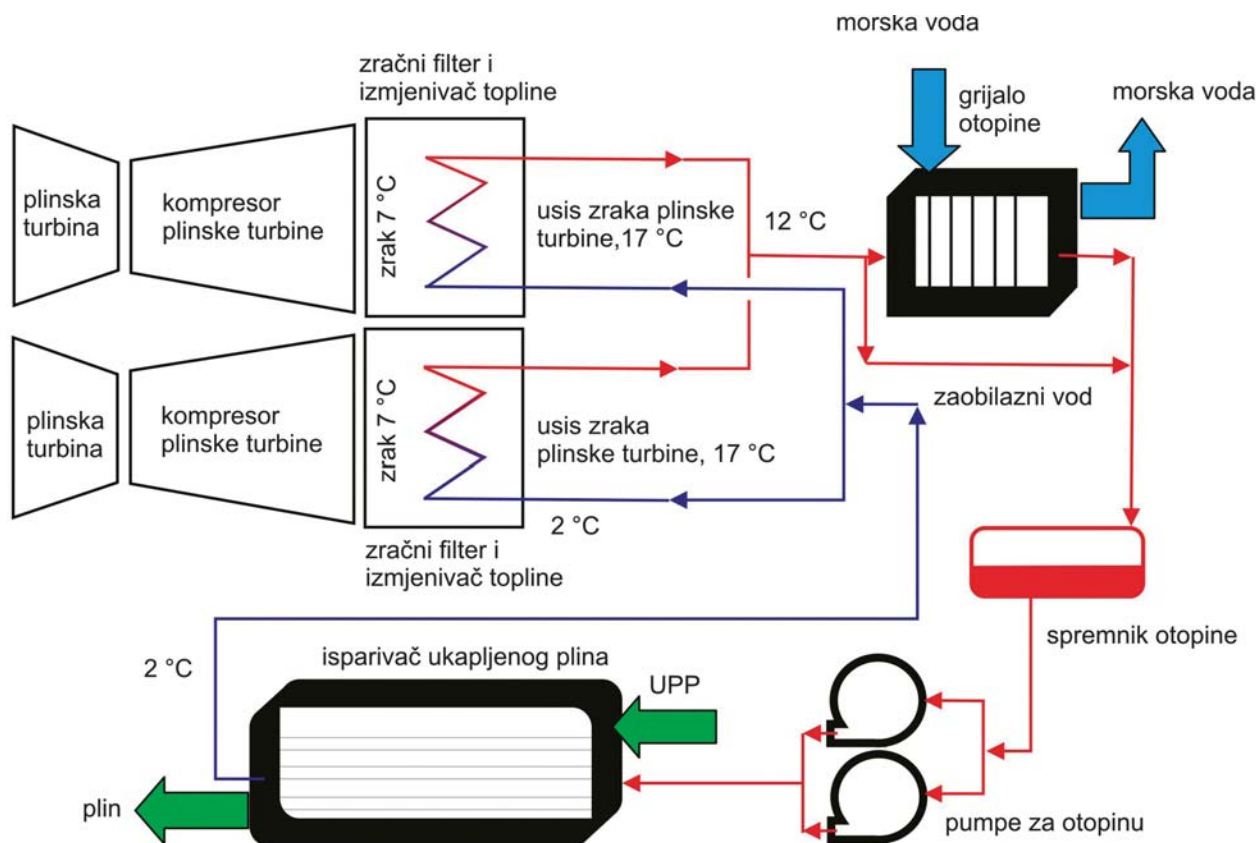
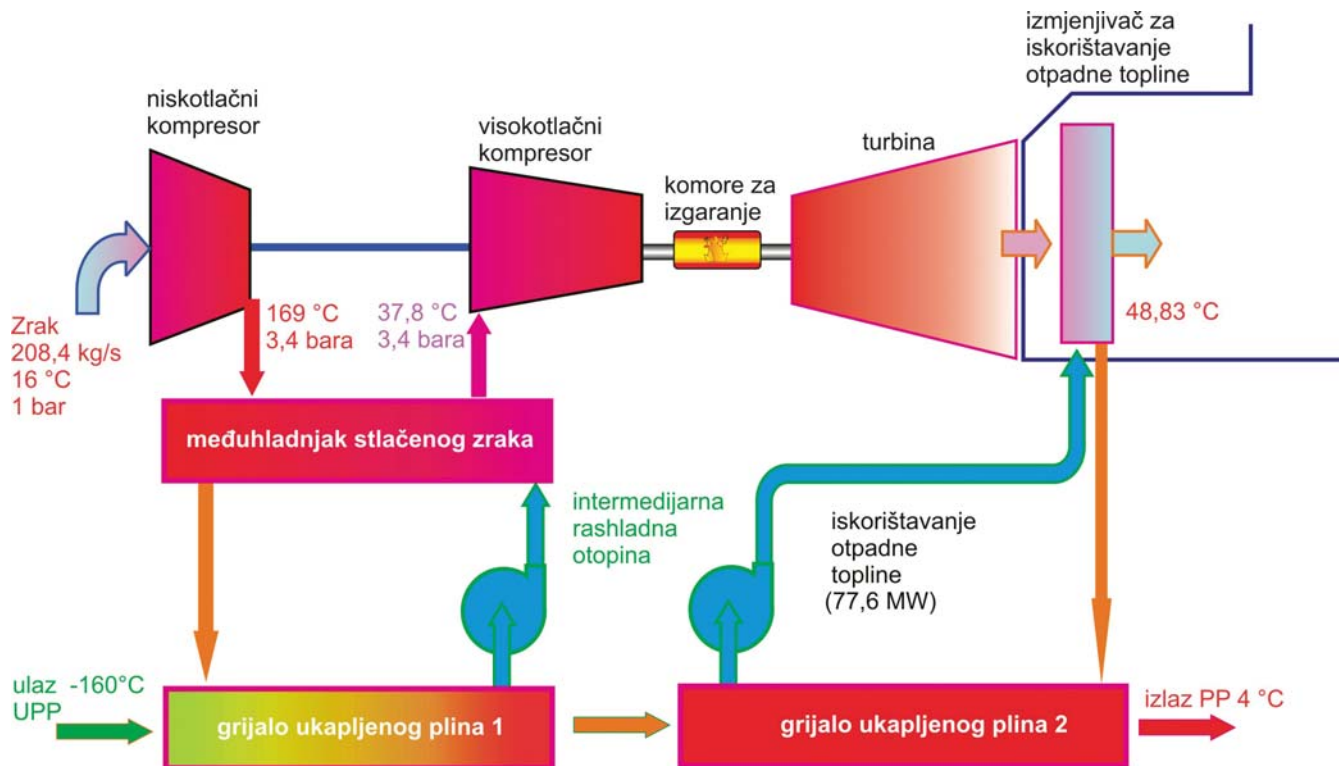
Takvo bi postrojenje uz vrlo visok i brz povrat investicije donijelo vrlo velike prednosti u radu. Dobava topline za LNG terminal bila bi u svakom trenutku moguća kogeneracijskim ciklusom, bez velikih zahtjeva za dodatnom toplinom iz okoline. Plin utrošen za rad plinskih turbina otplatio bi se prodajom električne energije za javnu mrežu. Opisano postrojenje ima praktično minimalan utjecaj na okoliš.

Zbog specifične konstrukcije navedenih turbina moguća je njihova upotreba i u vršnom načinu rada jer je potrebno samo 10 minuta od starta do razvijanja pune snage stroja. Potrebe električne i plinske mreže za vršnom snagom praktično su identične i samim tim povećava se sinergija LNG terminala s kogeneracijskim postrojenjem jer se potpomažu istodobno dvije mreže, električna i plinska.

Primjena kogeneracijskih postrojenja uz LNG terminale donosi maksimalno iskorištenje svih energijskih potencijala i smanjenje utjecaja na okoliš. Ujedno se, zbog moguće izrazito visoke učinkovitosti postrojenja, dodatno smanjuju i emisije CO<sub>2</sub> u okoliš.



SLIKA 4 - Kogeneracijsko postrojenje *Distrigas*, Zeuerbrugge\*

SLIKA 5 - LNG terminal *Foster Wheeler, Gas Natural, Barcelona*\*

SLIKA 6 - Potencijalni LNG terminal, Krk\*