



TERMOELECTRICA S.A.

Conferința științifico-practică
*Analiza comparativă a tehnologiilor moderne de cogenerare
a energiei în cadrul SACET-Chișinău*

**Tehnologii de cogenerare bazată pe aplicarea ciclului
combinat**

Corina Chelmenciuc, dr. șt. teh.
SA TERMOELECTRICA

CHIȘINĂU 2022

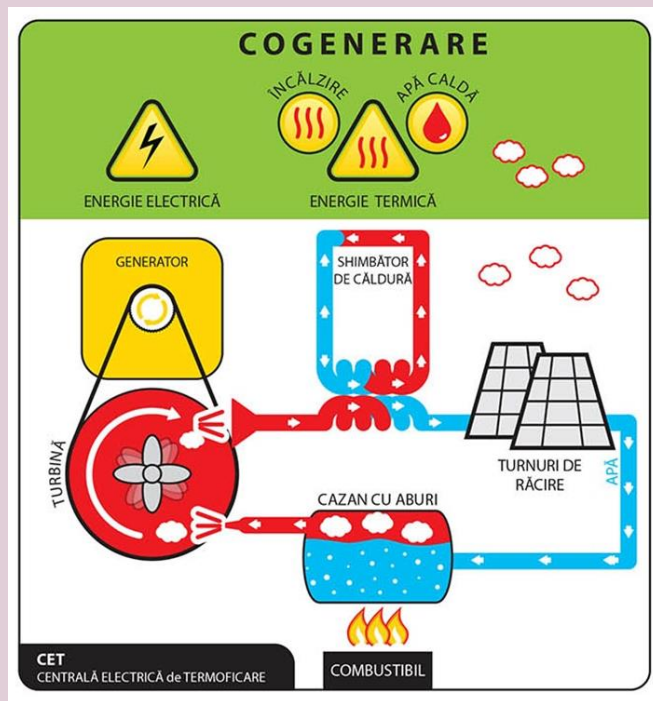
GENERALITĂȚI DESPRE COGENERARE

Astăzi, avantajele producerii energiei prin utilizarea cogenerării, sunt indiscutabile, mai ales în localități în care sunt consumatori casnici și/sau industriali de energie termică.

În ultimele decenii, promovarea utilizării cogenerării și a sistemelor de termoficare reprezintă o prioritate politică la nivel internațional, european și național.

Tehnologiile de cogenerare utilizate trebuie să fie de înaltă eficiență, care în condițiile Republicii Moldova, trebuie să asigure randamente globale anuale de cel puțin:

- ❖ 80% pentru tehnologiile bazate pe ciclul combinat și pe utilizarea turbinelor de abur cu condensatie;
- ❖ 75% pentru alte tipuri de tehnologii de cogenerare.



O tehnologie de cogenerare competitivă astăzi trebuie:

- să asigure un randament global înalt – nu mai puțin de 90%;
- să poată utiliza un combustibil/sursă de energie care ar fi ieftină/disponibilă/regenerabilă;
- să fie prietenoasă mediului.



TEHNOLOGII DE COGENERARE DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ



În contextul legii Nr. 92/2014 cu privire la energia termică și promovarea cogenerării, sunt considerate de înaltă eficiență următoarele tehnologii de cogenerare:

- a) turbine cu gaz în ciclu combinat, cu recuperare de căldură;
- b) turbine de abur cu contrapresiune;
- c) turbine de abur cu condensare;
- d) turbine cu gaz cu recuperare de căldură;
- e) motoare cu arderă internă;
- f) microturbine;
- g) motoare Stirling;
- h) pile de combustie;
- i) motoare cu abur;
- j) cicluri Rankine pentru fluide organice.



TEHNOLOGII DE COGENERARE ÎN BAZA INSTALAȚIILOR DE TURBINE CU ABUR (ITA)

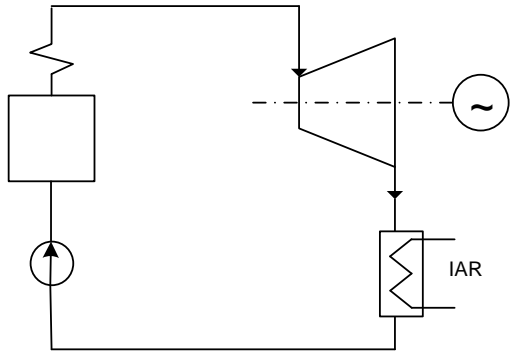


Fig. 1. Schema CET cu turbină cu contrapresiune:
IAR – preîncălzitor de apă de rețea

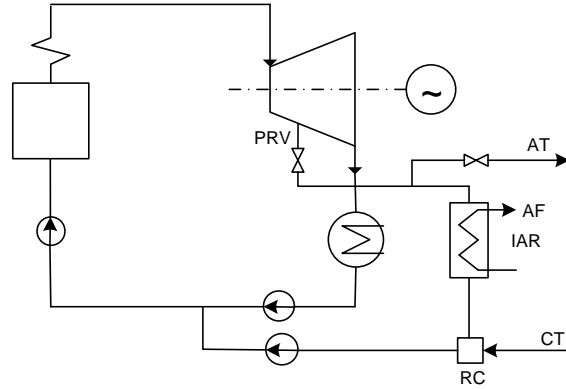


Fig. 2. Schema CET cu turbină cu prize reglabile:
PRV – priză reglabilă de abur, AT – abur tehnologic; AF – apă fierbinte; CT – condensat tehnologic; RC – rezervor de condensat.

Indicatori caracteristici:

Denumire indicator	Valoare
Randament electric	15...38%
Randament termic	43...65%
Randament global	80...91%
Indice de termoficare [kWe/kWt]	0,1...0,6
Puteri electrice nominale	500 kWe...250 MWe

Avantaje: Randament global înalt.

Dezavantaj: dependența deplină a sarcinii electrice de cea termică și, prin urmare, pot funcționa numai în sistemele electroenergetice care au alte posibilități de reglare a curbei electrice de sarcină.

Avantaje: sunt dotate cu condensator și pot participa la reglarea sarcinii electrice independent de sarcina termică.

Dezavantaje: randament global mai mic și instalație mai complexă, respectiv investiții inițiale și cheltuieli de exploatare mai scumpe.



TEHNOLOGII DE COGENERARE ÎN BAZA MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ (MAI)

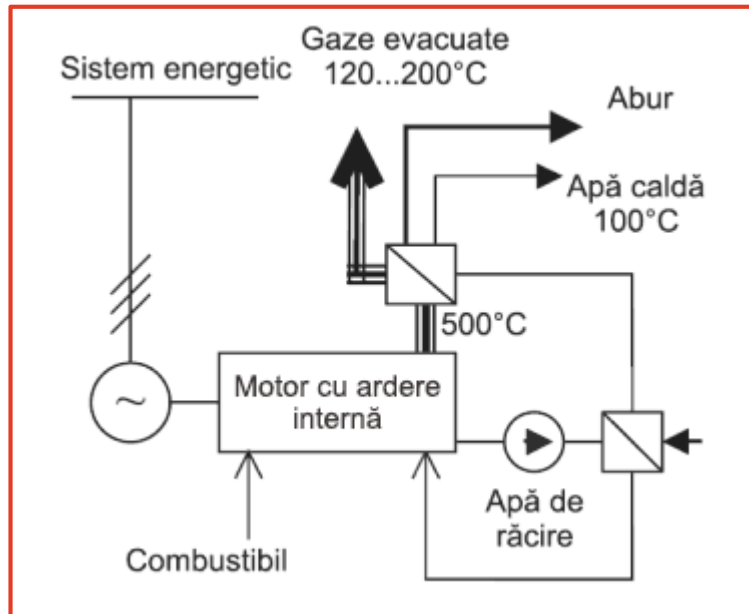


Figura 3. Schema instalației de cogenerare în baza MAI

Indicatori caracteristici:

Denumire indicator	Valoare
Randament electric	28...50%
Randament termic	43...65%
Randament global	82...94%
Indice de termoficare [kWe/kWt]	0,5...1,2
Puteri electrice nominale	5 kWe...50 MWe

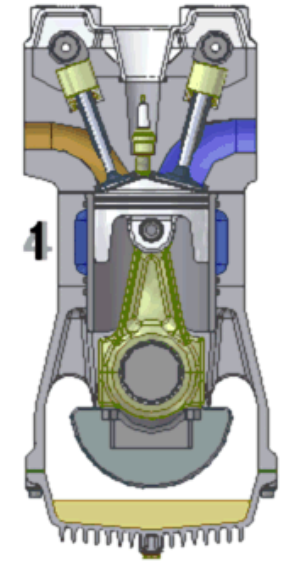


Fig. 4. Funcționarea motorului cu ardere internă în 4 timpi



TEHNOLOGII DE COGENERARE ÎN BAZA INSTALAȚIILOR DE TURBINE CU GAZE (ITG)

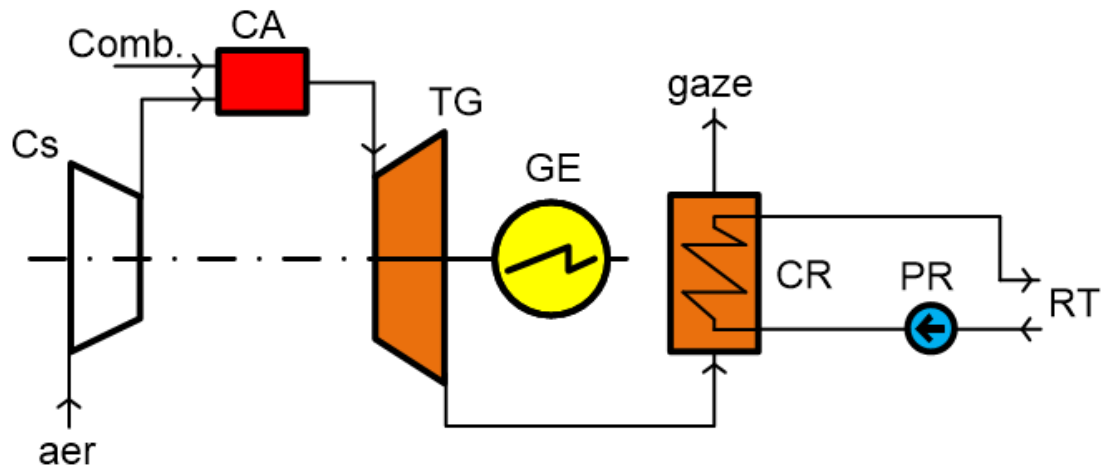
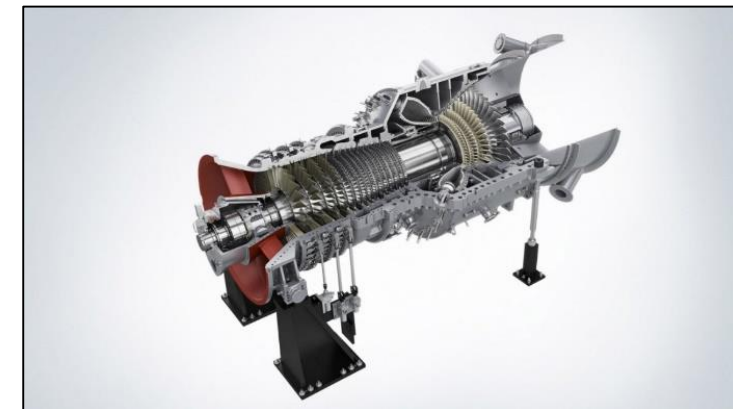


Figura 5. Schema instalației de cogenerare în baza ITG:

Cs – compresor; CA – cameră de ardere; TG – turbină cu gaze; CR- cazan recuperator; PR – pompă de rețea; RT – rețele termice.

Indicatori caracteristici:

Denumire indicator	Valoare
Randament electric	23...36%
Randament termic	43...65%
Randament global	80..90%
Indice de termoficare [kWe/kWt]	0,5...1,0
Puteri electrice nominale	500 kWe...400 MWe





ANALIZA COMPARATIVĂ A TEHNOLOGILOR DE COGENERARE

Tehnologie	Avantaje	Dezavantaje
ITA	<ul style="list-style-type: none"> Pot lucra practic pe orice tip de combustibil. Durată de viață relativ mare: > 25 ani (220 mii ore de funcționare). Comportare bună la sarcini parțiale. 	<ul style="list-style-type: none"> Indice de termoficare redus: 0,1...0,6 kWe/kWt. Nu permit opriri/porniri frecvente. Greutate și volum specific ridicat. Consum propriu de electricitate ridicat: 3...12%. Inerție mare. Timp mare de pornire: 1 h...3 zile. Număr mare de personal de exploatare: 5...30 pers./unitate. Agent termic – apa care necesită cheltuieli de tratare. Număr mic de ore până la reparația capitală: 20 000...25 000 ore (o dată la 5 ani).
MAI	<ul style="list-style-type: none"> Pot lucra practic pe o gamă largă de combustibili: gaze naturale, motorină, păcură, biogaz, biodiesel, singaz. Presiuni mici ale gazelor utilizate: 0,07...4 bar. Randamente electrice ridicate: până la 50%. Indice de termoficare ridicat: 0,5...1,2 kWe/kWt. Comportare bună la sarcini parțiale. Permit opriri/porniri frecvente. Consum propriu de electricitate redus: 2...3%. Timp de pornire redus: 10 sec. Număr redus de personal de exploatare: 1...3 pers./unitate. Număr mare de ore până la reparația capitală: 60 000 ore. 	<ul style="list-style-type: none"> Greutate și volum specific ridicat. Durată de viață redusă: 10...15 ani. Cheltuieli de operare ridicate.
ITG	<ul style="list-style-type: none"> Investiții – cca. 50...60% din cele corespunzătoare ITA de aceeași capacitate. Consum propriu de electricitate redus: 2...5%. Indice de termoficare ridicat: 0,5...1,0 kWe/kWt. Timp de pornire redus: 0,5...2 h. Durată de viață medie: 15...20 ani. Greutate și volum specific mici. Număr redus de personal de exploatare: 2...8 pers./unitate. 	<ul style="list-style-type: none"> Pot lucra pe o gamă îngustă de combustibili: gaze naturale, biogaz, singaz. Presiuni mari ale gazelor utilizate: 7...10 bar. Comportare slabă la sarcini parțiale. Număr mic de ore până la reparația capitală: 20 000...30 000 ore.



TEHNOLOGII DE COGENERARE PRIN UTILIZAREA CICLULUI COMBINAT. RELEVANȚĂ LOCALĂ



- Strategia energetică a R. Moldova până în anul 2030 prevede *construcția unei centrale noi în mun. Chișinău, cu capacitatea de 650 MWe. în baza tehnologiilor eficiente de generare a energiei electrice și termice, inclusiv de tip „turbină cu gaz cu ciclu combinat”, în funcție de evaluarea cererii viitoare pentru energie termică*, care să înlocuiască capacitățile existente la CET Sursa 1 și CET Sursa 2.
- Studiul privind "Optimizarea SACET al mun. Chișinău", elaborat de echipa de experți a Băncii Mondiale, prevede construirea unei noi centrale în cogenerare cu turbine pe gaz cu ciclu combinat (cu o capacitate de energie electrică brută de circa 388 MWe, net - cca. 370 MWe, termică - aproximativ 291 Gcal/h), pentru a înlocui complet unitățile de generare existente ale CET Sursa-1. Costul investiției - aproximativ 336,0 milioane. USD.
- Cu suportul USAID, în 2020, a fost realizat studiul „Evaluarea opțiunilor locale de producere a energiei electrice în Moldova”, care propune înlocuirea capacităților de producție existente la CET Sursa 1 cu instalații de cogenerare cu ciclu combinat, cu o capacitate electrică nominală de 458 MWe.

La moment, UCIPE a publicat anunțul de depunere a ofertelor pentru prestarea serviciilor de elaborare a unui studiu pentru noi instalații de cogenerare, de înaltă eficiență, pentru TERMOELECTRICA SA. Acest studiu va fi finanțat de Banca Mondială în cadrul proiectului PIESACET-2



CTE CU CICLULU COMBINAT MAI+ITA

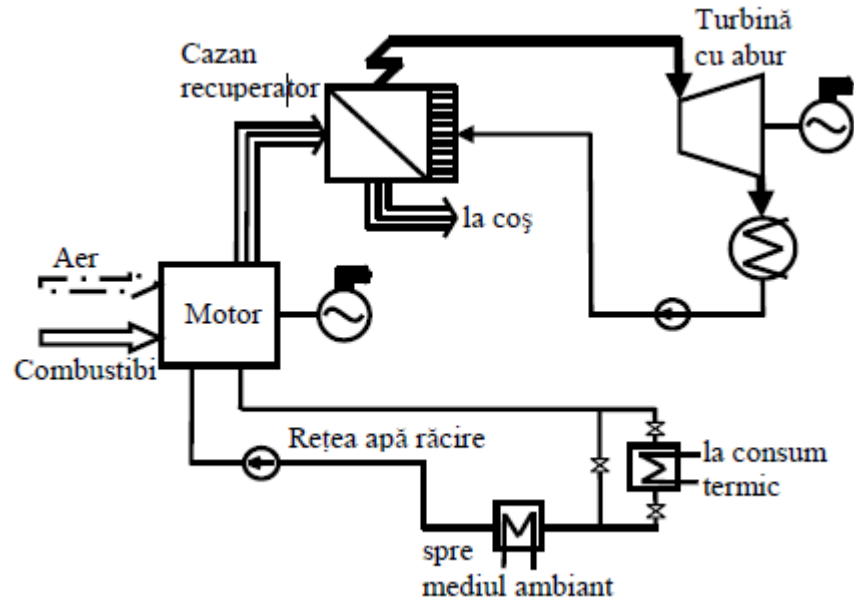


Fig. 6. Schema termică a unei CTE cu ciclu combinat MAI+ITA (recuperatoare de condensare)

- Această tehnologie permite recuperarea căldurii gazelor de ardere evacuate din MAI ($370 - 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$) pentru producerea aburului de joasă sau medie presiune, utilizat ulterior pentru destindere în turbina cu abur.
- **Avantaj:** randamente electrice ridicate $\eta_e = 48\text{...}50\%$.
- **Dezavantaje:**
 - a) Nerecuperarea căldurii apei de răcire și a uleiului MAI.
 - b) Datorită parametrilor coborâți ai aburului produs în cazanul recuperator și al faptului că acesta valorifică doar o parte din pierderile de căldură ale MAI, puterea la bornele generatorului antrenat de TA este de circa 10-12 ori mai mică decât cea a generatorului antrenat de MAI. La puteri mari se poate colecta aburul produs de la mai multe MAI pentru a fi utilizat la o singură TA.



CET CU CICLULU COMBINAT MAI+ITA

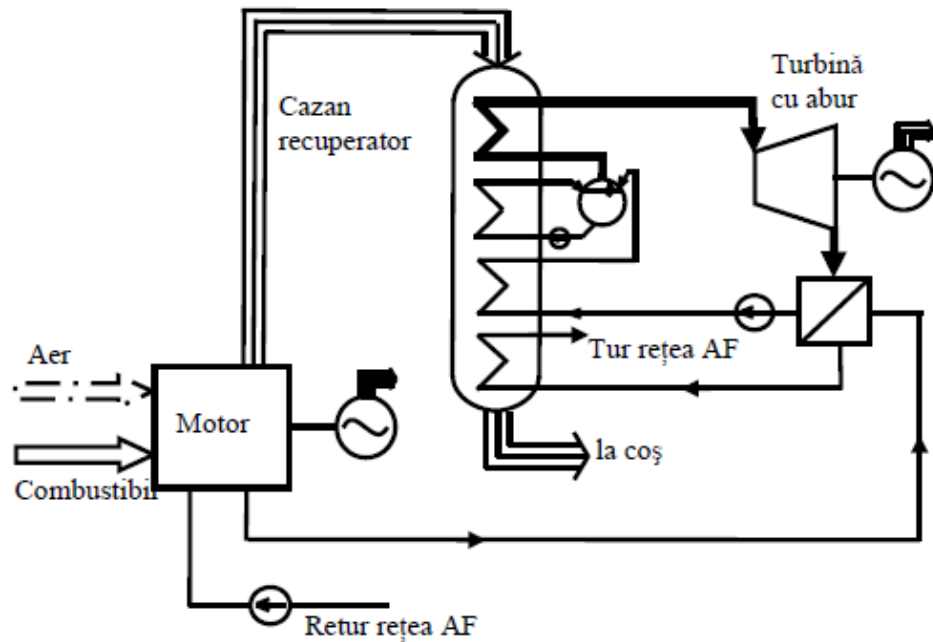


Fig. 7. Schema termică a unei CET cu ciclu combinat MAI+ITA de contrapresiune

- Această tehnologie permite recuperarea căldurii gazelor de ardere evacuate din MAI pentru producerea aburului de joasă sau medie presiune, utilizat ulterior pentru destindere în turbina cu abur de contrapresiune.
- Încălzirea apei din rețeaua termică are loc în 3 trepte:
 - a) recuperarea căldurii apei de răcire a MAI;
 - b) în condensatorul turbinei cu abur;
 - c) în economizorul cazanului recuperator.
- **Avantaj:** randamente electrice și globale ridicate $\eta_e = 25...37\%$, $\eta_g = 88...90\%$.
- **Dezavantaje:**
 - Datorită parametrilor coborâți ai aburului produs în cazanul recuperator și al faptului că acesta valorifică doar o parte din pierderile de căldură ale MAI, puterea la bornele generatorului antrenat de TA este de circa 10-12 ori mai mică decât cea a generatorului antrenat de MAI. La puteri mari se poate colecta aburul produs de la mai multe MAI pentru a fi utilizat la o singură TA.



CTE CU CICLULU COMBINAT ITG+ITA

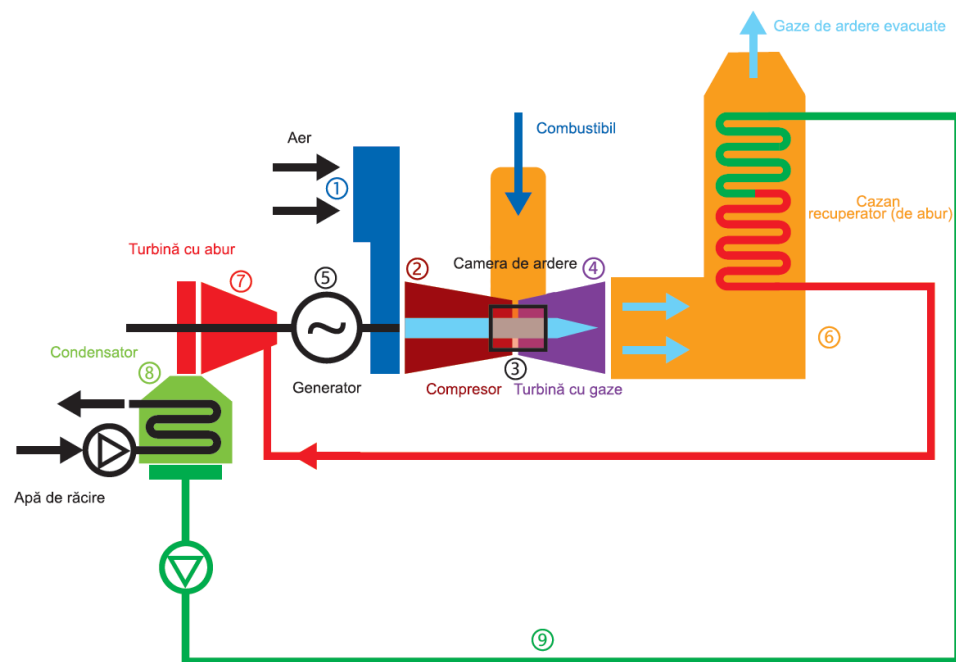


Fig. 8. Schema termică a unui CTE cu ciclul combinat ITG+ITA cu un singur generator electric:

- 1 - Filtru de aer; 2 - Compresor de aer; 3 - Cameră de ardere; 4 - Turbină cu gaze;
- 5 - Generator electric; 6 - Apă tratată chimic; 7 - Turbină cu abur; 8 - Condensator;
- 9 - Condensat.

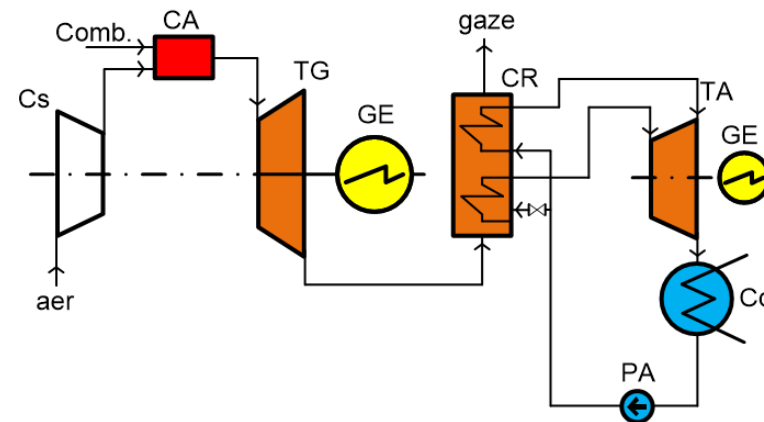


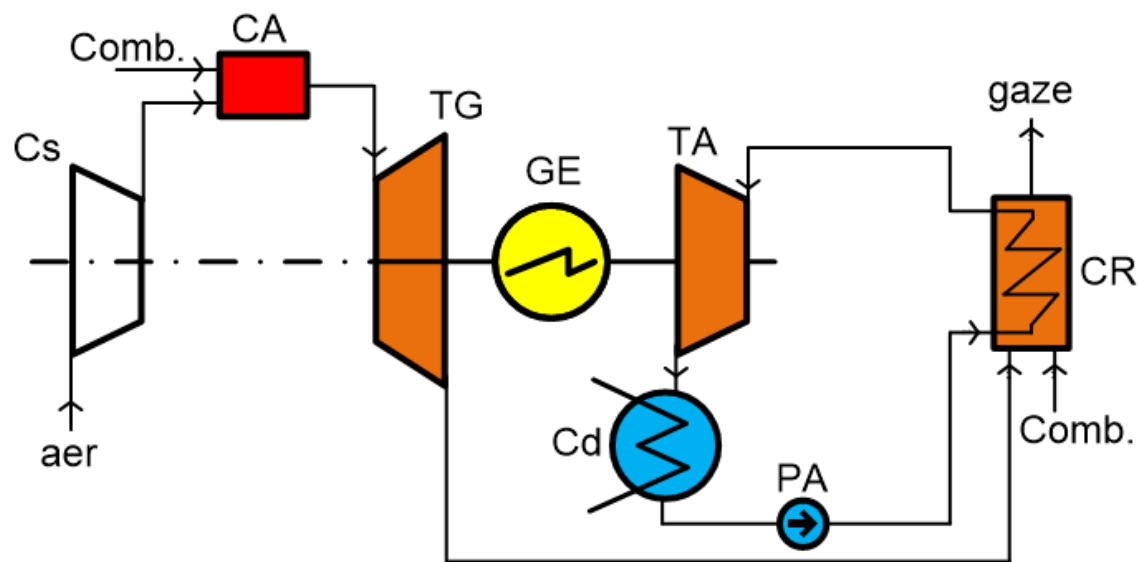
Fig. 9. Schema termică a unui CTE cu ciclul combinat ITG+ITA cu 2 generatoare electrice:

Cs – compresor; **CA** – camera de ardere; **TG** – turbină cu gaze; **GE** – generator electric; **Cd** – condensator; **TA**- turbină cu bur; **PA** – pompă de alimentare; **CR**- cazan recuperator.

- Această tehnologie permite recuperarea căldurii gazelor de ardere evacuate din ITG (400...650 °C) pentru producerea aburului, utilizat ulterior pentru destindere în turbina cu abur de condensatie.
- **Avantaj:** randamente electrice ridicate $\eta_e = 52...58\%$.
- **Dezavantaje:** aferente ITG și ITA.



CTE CU CICLUL COMBINAT ITG+ITA (cu postcombustie)



- Dacă temperatura gazelor de ardere la ieșire din ITG nu este suficient de mare, se poate utiliza ciclul combinat cu postcombustie.
- Deoarece că gazele evacuate din ITG conțin o cantitate mare de oxigen, ele se folosesc în calitate de oxidant pentru o cantitate suplimentară de combustibil, care se introduce în cazanul recuperator.
- **Avantaj:** eficiența acestor instalații este puțin inferioară celor din fig. 8 și 9, dar în cazan poate fi folosit și combustibil de o calitate inferioară în cazanul recuperator.
- **Dezavantaje:** aferente ITG și ITA.

Fig.10. Schema termică a unui CTE cu ciclul combinat ITG+ITA cu postcombustie:

Cs – compresor; CA – camera de ardere; TG – turbină cu gaze; GE – generator electric; Cd – condensator; TA- turbină cu bur; PA – pompă de alimentare; CR- cazan recuperator.



CET CU CICLULU COMBINAT ITG+ITA

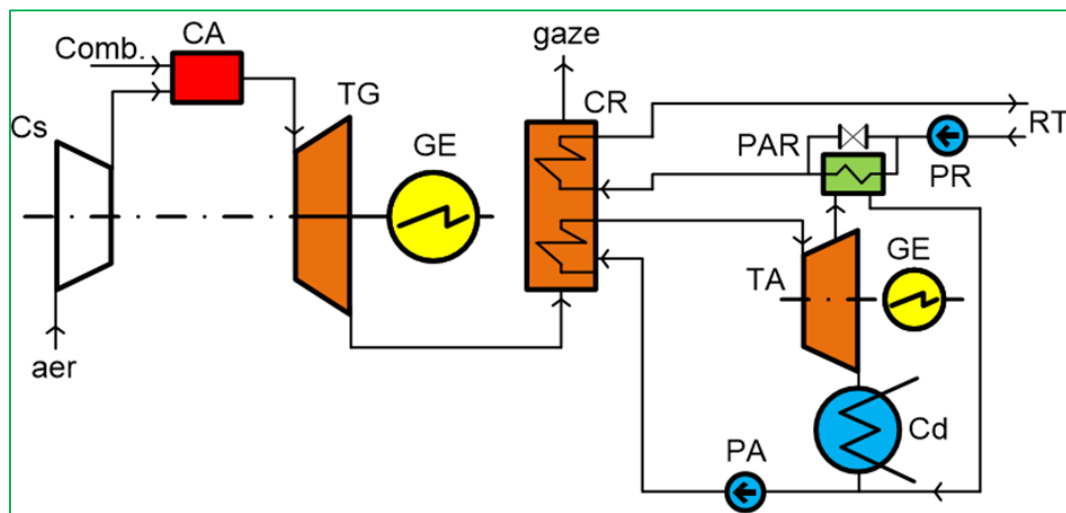


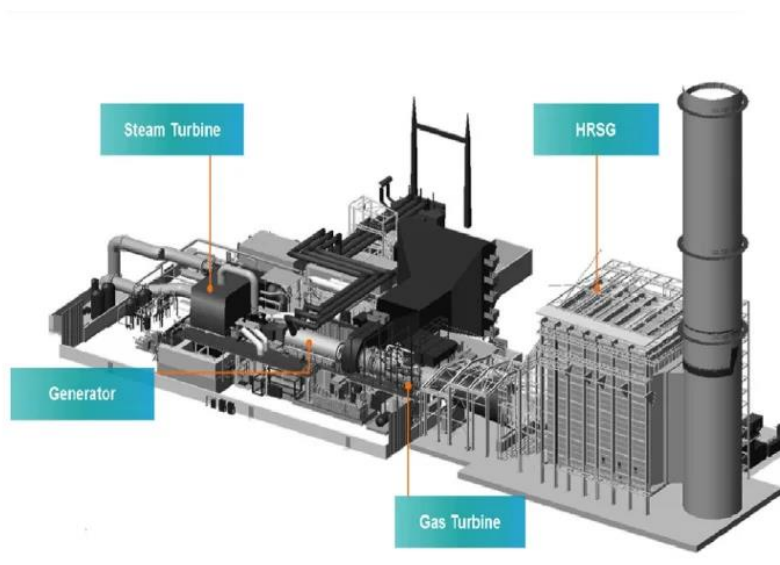
Fig. 12. Schema ITG cu ciclul combinat cu cogenerare (1 TG+1 TA):

Cs – compresor; CA – camera de ardere; TG – turbină cu gaze; GE – generator electric;
Cd – condensator; TA- turbină cu bur; PA – pompă de alimentare; CR- cazan recuperator;
PR – pompă de rețea; RT – rețele termice; PAR – preîncălzitor apă de rețea.

- Aburul tehnologic se livrează din prizele reglabile ale turbinelor cu abur. Apa din rețelele termice se încălzește în preîncălzitoarele de apă de rețea cu abur de priză și parțial în economizoarele de termoficare a cazanelor recuperatoare.
- **Avantaje:**
 - a) randamente electrice ridicate $\eta_{el} = 50...55 \%$;
 - b) randamente globale ridicate $\eta_{gl} = 90...91\%$;
 - c) indicele de termoficare ridicat – $0,5...2,0 \text{ kWe/kWt}$.
- **Dezavantaje:** aferente ITG și ITA.



AVANTAJELE UTILIZĂRII CICLULUI COMBINAT



Avantajele ITA și ITG pot fi comasate, prin utilizarea ciclului combinat, tehnologie de cogenerare care permite obținerea celor mai înalte randamente electrice (de până la 55%) și randamente globale peste 90%.

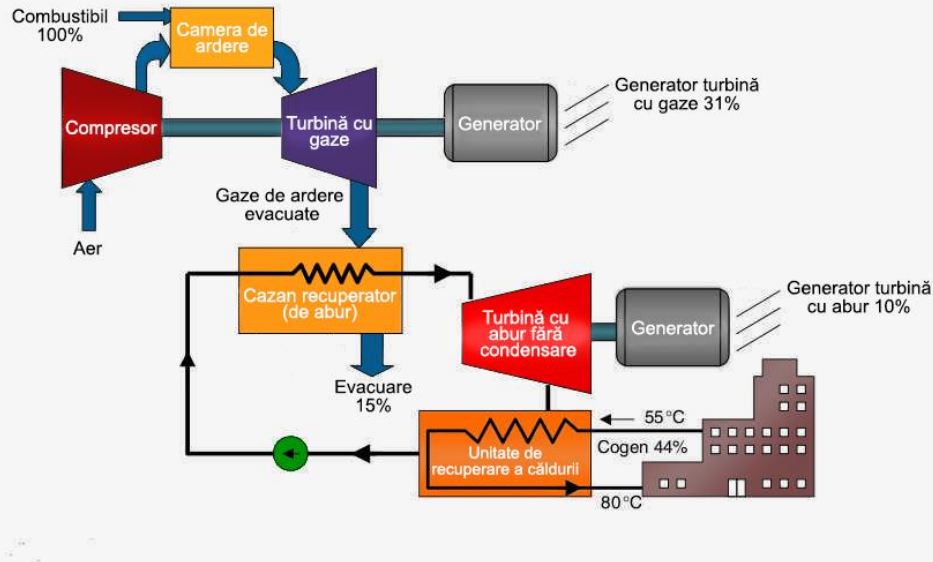
Primele instalații energetice cu ciclu combinat au fost puse în funcțiune 70 de ani în urmă, iar randamentul electric înalt al acestora a cauzat răspândirea din ce în ce mai largă a acestei tehnologii, chiar dacă costurile de investiție nu sunt cele mai mici – 800...1200 euro/kWe.

Indice de termoficare înalt: 0,5...2 kWe/kWt.

- Principiul de funcționare constă în suprapunerea a doua cicluri termice: un ciclu cu gaze, de tip Brayton și un ciclu cu abur, de tip Rankine cu supraîncălzire. Se obține astfel un ciclu combinat al cărui randament este superior față de ciclurile Brayton și Rankine luate separat.
- Centralele cu ciclu combinat au un consum specific de combustibil (g.c.e/kWhe) mai redus și produc mai puține emisii decât centralele termice convenționale prin mărirea eficienței arderii de combustibil, reducând astfel amprenta negativă asupra mediului la producerea de energie electrică, prin utilizarea mai eficientă a resurselor existente.



DEZAVANTAJELE UTILIZĂRII CICLULUI COMBINAT



- Cogenerarea prin utilizarea ciclului combinat se justifică a fi utilizată în cadrul centralelor de capacitați mari.
- Instalațiile de cogenerare în baza ciclului combinat reprezintă instalații mult mai complexe decât instalațiile de cogenerare bazate pe ITA, MAI sau ITG.
- În comparație cu utilizarea separată a MAI și ITG în calitate de tehnologii de cogenerare, utilizarea ITA în cadrul ciclului combinat, este însoțită de dezavantajele acestei tehnologii precum: necesitatea operării continue a instalației, necesitatea utilizării apei în calitate de agent termic care implică cheltuieli de dedurizare și degazare a apei, evitarea pornirilor/opririlor frecvente, timp mare de pornire ș.a.
- Instalațiile cu ciclu combinat ITG+ITA, pot utiliza doar gazele naturale, biogazul și singazul în calitate de combustibil și nu permite utilizarea combustibililor lichizi sau solizi.



PREMIZE PENTRU CONSTRUCȚIA UNUI CET CU CICLU COMBINAT ÎN CADRUL SACET CHIȘINĂU

- **Spațiu disponibil:** teritoriul adiacent CET Sursa 1 are o suprafață totală de aproximativ 29,4 ha. Spațiul necesar pentru amplasarea noilor capacități de generare este estimat la cca 21.000 m². Dimensiunile tipice ale unui CET modern bazat pe ciclul combinat 2:1 (2TG/1TA) este de aproximativ 20.000 m².
- **Alimentarea cu combustibil:** este disponibilă rețeaua de gaze naturale existente pentru o presiune maximă de alimentare de 6 bar cu debitul maxim corespunzător de 300.000 m³/h.
- **Alimentarea cu apăcanalizare:** Cerințele pentru apa brută și evacuarea apelor uzate pentru o nouă capacitate de producție pot fi îndeplinite de sistemele de apă și canalizare existente.
- **Racordarea la rețelele electrice:** CET Sursa 1 este racordată la stația de 330 kV Strășeni a U.S. Moldelectrica prin 3 linii de 110 kV cu o lungime de 25 km, deținute de Î.C.S. „Premier Energy” SRL. Stația de înaltă tensiune de pe teritoriul CET Sursa 1 este proprietatea Termoelectrica S.A. Bara izofazăată a stației are 2 secții disponibile pentru întrerupătoare suplimentare. Astfel, nu este necesară construcția unor linii de transport de înaltă tensiune.
- **Racordarea la rețelele termice:** Lungimea rețelelor termice din circuitul alimentat de CET Sursa 1:
 - Rețele magistrale supraterane - cca 20,000 m;
 - Rețele magistrale subterane - cca 116,000 m;
 - Rețele de distribuție- cca 137,000 m ;
 - Rețele de ACM - cca 106,000 m.
- **Existența sistemului de tratare a apei:** Este disponibil la CET Sursa 1.
- **Infrastructura de stocare a combustibilului de rezervă:** La CET Sursa 1 există infrastructura necesară pentru stocarea combustibilului de rezervă – păcură. Volumul total al rezervoarelor este de aproximativ 60 mii m³, disponibil - aproximativ 40 mii m³.
- Astfel, valoarea investițiilor necesare pentru construcția unei centrale noi poate fi redusă cu până la **30%**.



PRODUCEREA ENERGIEI PRIN UTILIZAREA CICLULUI COMBINAT ÎN ROMÂNIA

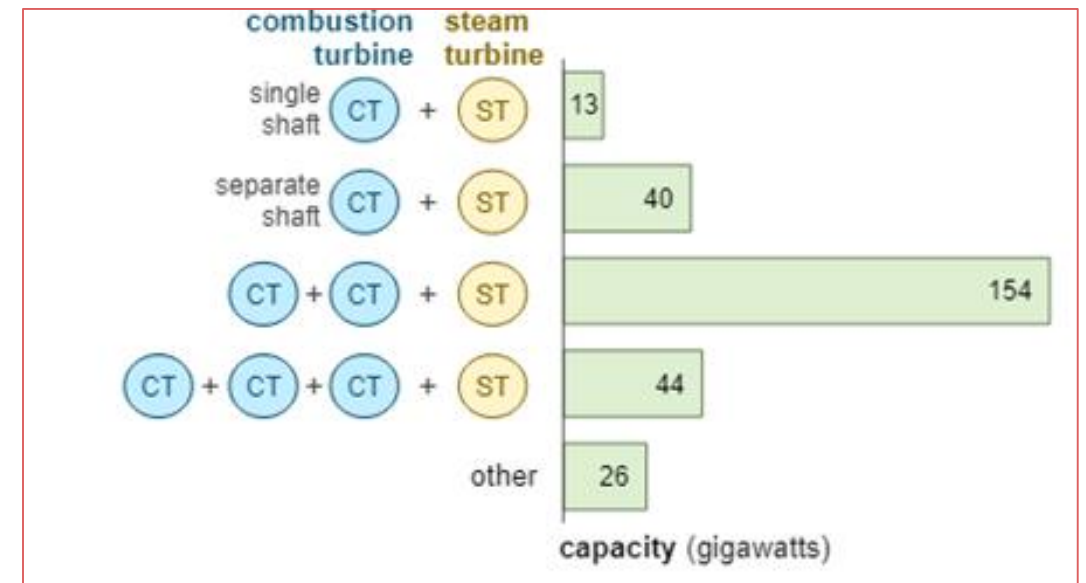
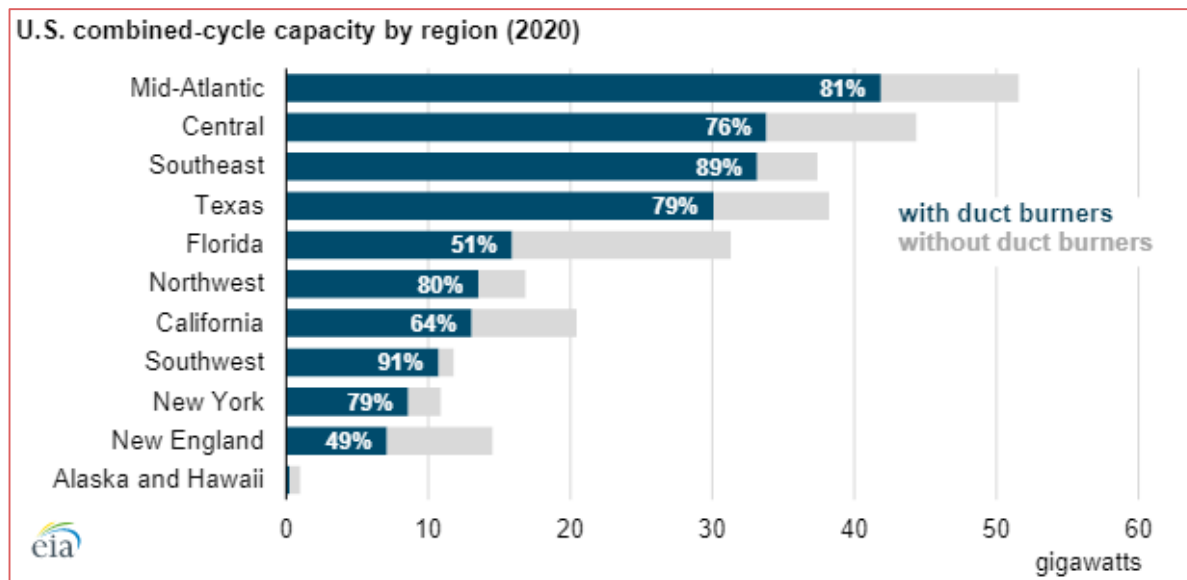
Operator economic	Centrală	Capacitate electrică instalată, MW	Tip combustibil
Societatea Veolia Energie Prahova SRL, Ploiești	CET Brazi	860	Gaze naturale
SC Electrocentrale București SA, București	CTE București Vest	186,6	Gaze naturale
Societatea Thermoenergy Group SA, Bacău	CET Bacău	10,5	Gaze naturale

La sfârșitul anului 2023 se așteapă finalizarea construcției unui CET cu ciclu combinat în localitatea Iernut, jud. Mureș (4 ITG+2ITA), capacitate electrică de 430 MWe, investiție 269 mln. euro, randament electric – 56,42%). Lucrările au fost efectuate de companiile Duoro Felguera (Spania) și Romelectro, cu care Romgaz a încheiat contract în 2016. Centrala trebuia să fie dată în exploatare la începutul anului 2020, dar din cauza unor dificultăți financiare ale acestor companii, s-a întârziat mult cu lucrările, iar compania Romgaz a reziliat contractul pe 18 iunie 2022.



PRODUCEREA ENERGIEI PRIN UTILIZAREA CICLULUI COMBINAT ÎN SUA

- Ciclul combinat este cea mai răspândită tehnologie folosită pentru a genera energie electrică în SUA, iar din cei 278 GW capacitate de producere a centralelor cu ciclu combinat, aproximativ 75% (208 GW) se produce prin utilizarea postcombustiei [www.eia.gov].
- Configurația predominantă pentru sistemele cu ciclu combinat implică două turbine cu gaze și o turbină cu abur (2ITG+1ITA).





CONCLUZII:

- Instalațiile de cogenerare prin utilizarea ciclului combinat reprezintă instalații mult mai complexe decât instalațiile de cogenerare bazate pe ITA, MAI sau ITG. Acest fapt implică o durată mai lungă de construcție, investiții mai mari, cât și cheltuieli de exploatare și mentenanță pe măsură.
- Construirea unei centrale de capacitate mare, de exemplu de 370...650 MWe într-o singură locație nu va asigura flexibilitatea sarcinii termice.
- Utilizarea ITA în cadrul ciclului combinat este însoțită de dezavantajele aferente acestei tehnologii.
- Instalațiile cu ciclu combinat ITG+ITA, utilizează gazele naturale, biogazul și singazul în calitate de combustibil și nu permite utilizarea directă a combustibililor lichizi sau solizi, ceea ce constituie o problemă majoră actuală în Republica Moldova.
- Totodată, trebuie de luat în considerație faptul că instalațiile de cogenerare cu ciclu combinat rămân a fi tehnologii de înaltă eficiență, deoarece permit obținerea unor randamente ridicate – de până la 55 % pentru cel electric și de peste 90% pentru cel global, cât și emisii reduse.
- Decizia privind selectarea tehnologiei de cogenerare prin utilizarea ciclului combinat, trebuie să fie luată în rezultatul unui studiu tehnico-economic riguros, prin luarea în considerație a mai multor factori: sarcina termică necesară pentru SACET, variația acesteia pe durata sezonului de încălzire, tipul combustibililor disponibili în țară, posibilitățile financiare ale întreprinderii și desigur eficiența energetică înaltă.



TERMŌELECTRICA S.A.

Conțați pe energia noastră!



www.termoelectrica.md



Termoelectrica S.A.



1300, 022 447 447



Termoelectrica S.A.



069-444-144



Termoelectrica S.A.

TERMŌELECTRICA S.A.
Str. Tudor Vladimirescu, 6,
Chișinău, MD-2024
Republica Moldova

