

## Metoda Serii-paralele pentru determinarea consumului de energie individual, reglarea și eficientizarea distribuției energiei termice în clădirile cu sistem de distribuție a agentului termic pe verticale

**Autor:** Sergiu Ungureanu inginer, Auditor Energetic

**Abstract.** În această lucrare va fi prezentată și analizată o metodică de calcul al consumului de energie termică pentru apartamentele care se află în blocurile (clădirile) multietajate cu sistem de distribuție al energiei termice pe verticală. Metodica permite reglarea individuală a consumului de energie termică și calculul consumului de energie termică aferent fiecărei odăi și fiecărui apartament (oficiu) din blocurile alimentate cu energie termică centralizat. Sistemul propus este unul simplu cu foarte puține incomodități create fiecărui utilizator și presupune un cost minim.

**Cuvinte cheie:** Verticală termică, termocuplu digital, țevă de ocolire (by-pass), contor de apă, telemetrie, celulă de consum, sistem de transmisie și citire a datelor, SCAET.

**Prescurtări:** Sistem de distribuție al căldurii în clădiri pe verticală – Sistem vertical; Verticală de distribuție a căldurii – Verticală; Sistem de alimentare centralizată cu energie termică - SACET

**Introducere.** În Republica Moldova și în multe alte țări ex-sovietice și nu doar, au fost construite blocuri locative și clădiri multifuncționale (oficii, hale de producție, depozite etc) care prevedeau conectarea la sistemul centralizat de încălzire și distribuția căldurii prin intermediul caloriferelor conectate prin țevi în sistem vertical. Astfel, pentru o clădire agentul termic (apa fierbinte) vine prin conducta magistrală ca apoi aceasta să se ramifice pe conducte verticale care alimentează fiecare baterie amplasate la diferite etaje cu energie termică. Agentul termic (apa) circulă astfel pe întreaga verticală parcurgând toate etajele clădirii încălzite.

Acest lucru înseamnă și un șir de incomodități care în anii de criză economică și scăderea capacității de plată a populației a avut un rol primordial în dispariția în multe localități a sistemului centralizat de încălzire, în special datorat adunării numeroaselor datorii față de furnizor și dergradării tehnice a sistemelor centralizate de alimentare cu energie termică. Incomoditățile principale sunt: imposibilitatea reglării fluxului de căldură, necunoașterea exactă a consumului aferent unui sau altui consumator (ceea ce a ridicat probleme de corectitudine a plăților), calitatea proastă a încălzirii datorate disipării excesive a căldurii pentru primii consumatori de pe verticală (de obicei de sus) și a răcirii accentuate a agentului termic care ajunge la ultimii consumatori de pe verticală (cei de jos)

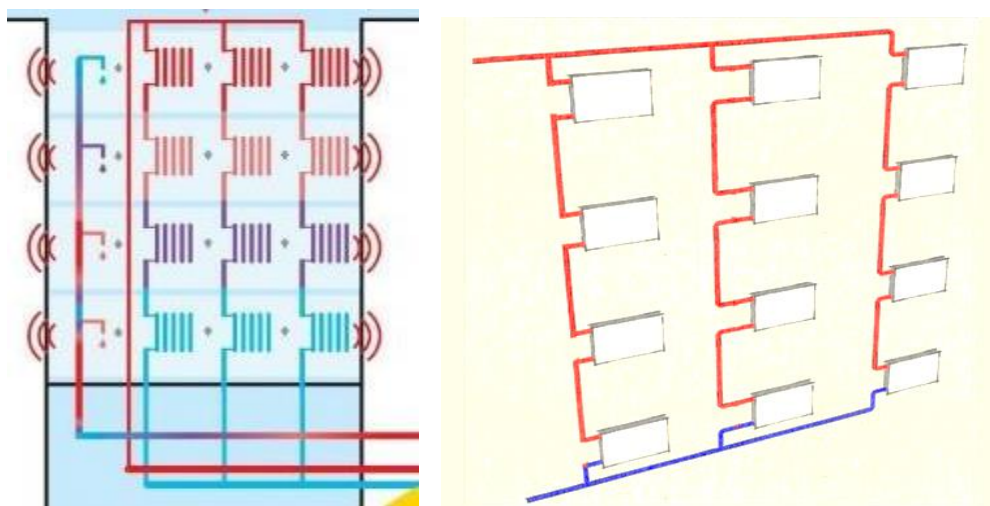


Figura 1 Reprezentarea schematică a sistemului de distribuție pe verticală.

Aceste probleme au dus la apariția datoriilor enorme a consumatorilor către furnizorul de căldură, a dus la debransarea consumatorilor individuali din interiorul blocurilor alimentate de la SACET cît și a blocurilor întregi.

Problema imposibilității de a regla căldura consumată individual, a cunoașterii exacte și echitabile a consumului propriu cît și calitatea căldurii care ajunge la fiecare consumator sînt și acum unele dintre problemele principale cu care se confruntă toate sistemele centralizate de căldură din Moldova și alte țări unde și la ora actuală spațiile rezidențiale se alimentează prin sistem de încălzire vertical.



Aceste probleme trebuie soluționate rapid, eficient și economic acceptabil pentru majoritatea populației în special avînd în vedere capacitatea financiară redusă a populației.

Una dintre soluțiile care se implementează la momentul actual de către SACET din Chișinău – Termoelectrica SA este introducerea sistemului paralel de distribuție al căldurii. Aceasta presupune cheluieli sporite și lucrări de rebransare a tuturor bateriilor (caloriferelor) din fiecare apartament. În medie aceasta se ridică la suma de 1200 euro per apartament.

<https://www.termoelectrica.md/ro/RO/dezvoltare/pti-distributia-pe-orizontala/>

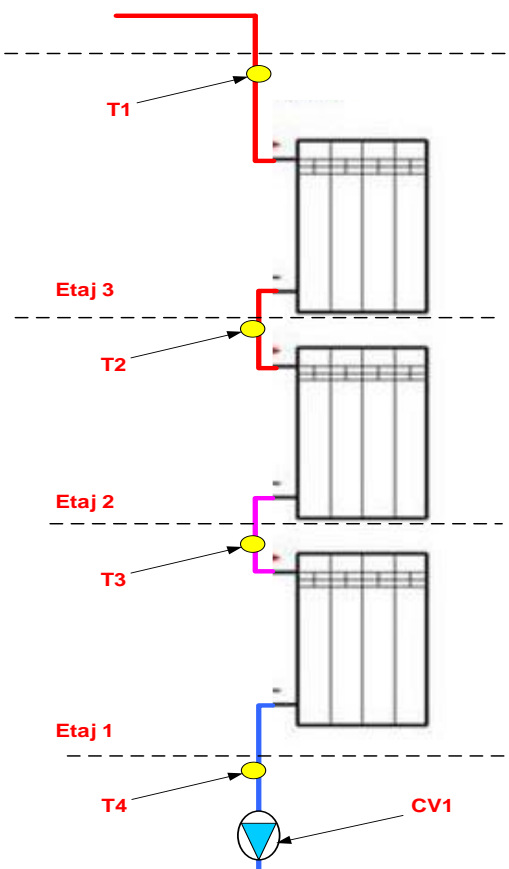
### Conținutul lucrării

**Soluția propusă.** Pentru a putea determina consumul individual al fiecărui consumator de energie termică este necesar de a determina care a fost efectul acestuia asupra agentului termic, adică cît din calitatea agentului termic (conținutul de energie) a suferit modificări. În mod special este necesar de a determina cît din energia termică care circulă prin fiecare verticală a fost absorbită (consumată) de fiecare consumator aflat la fiecare etaj alimentat de această verticală. Deoarece considerăm cantitatea de apă (masa/volumul) aceeași pe întreaga lungime a verticalei, deci sisteme în care nu există scurgeri sau preluări de agent pe interiorul blocului, iar agentul este același (apa) pe întreaga verticală, deci unicul prametru ce se va modifica este temperatura agentului termic de la un etaj la altul, prin aceasta de la un consumator la altul.

În acest caz sunt importante valorile temperaturii la fiecare etaj la intrare și la ieșire. Pentru simplificare evom considera temperatura de ieșire de la etajul  $i$  egală cu cea de intrare la etajul  $i-1$  (în sisteme verticale turul, deci alimentarea cu energie termică merge de sus în jos, deci de la etajele superioare la cele inferioare).

Astfel avînd o verticală care alimentează de sus și trece prin  $n$  etaje și respectiv  $n$  consumatori vor fi necesare datele termice a  $n+1$  puncte de pe verticală, adică temperaturile de intrare de la fiecare etaj (egale cu temperatura de ieșire de la etajul precedent plus o temperatura de ieșire din ultimul apartament pe care îl traversează și îl alimentează verticala respectivă).

Preluarea temperaturilor trebuie să aibă loc pe segmentul consumatorului adică pe etajul acestuia în locul cel mai apropiat de intrare pentru a minimiza pierderile intermediare, deci aproape de tavanul încăperii.



**Figura 2** Verticală termică cu puncte de preluare a temperaturii și debitului de apă (3 etaje)

**Cu galben sunt indicate punctele din care trebuie preluate temperatura agentului termic, punctele aflate sub tavan cât mai aproape de intrarea verticalei în spațiul încălzit.**

Având temperaturile agentului termic (apa) pentru fiecare din punctele de intrare a verticalei la etaj deci la consumator plus o temperatură de ieșire (ex **T4**) vom avea posibilitatea să determinăm căderea de temperatură la fiecare consumator. Astfel:

$$\Delta T1=T1-T2; \quad \Delta T2=T2-T3 \dots \text{în general } \Delta Ti=T_i-T_{(i+1)} \quad (1)$$

Observăm că T2 este temperatura de intrare a agentului în următorul etaj dar este totodată și temperatura de ieșire de la etajul precedent.

Pentru ultimul consumator va fi:  $\Delta Tn=Tn-T_{(n+1)}$  în cazul din figură  $\Delta T3=T3-T4$

Pentru o înțelegere mai ușoară numerotarea temperaturilor poate coincide cu etajele astfel vom avea  $\Delta ti$  care coincide cu etajul  $i$  al clădirii

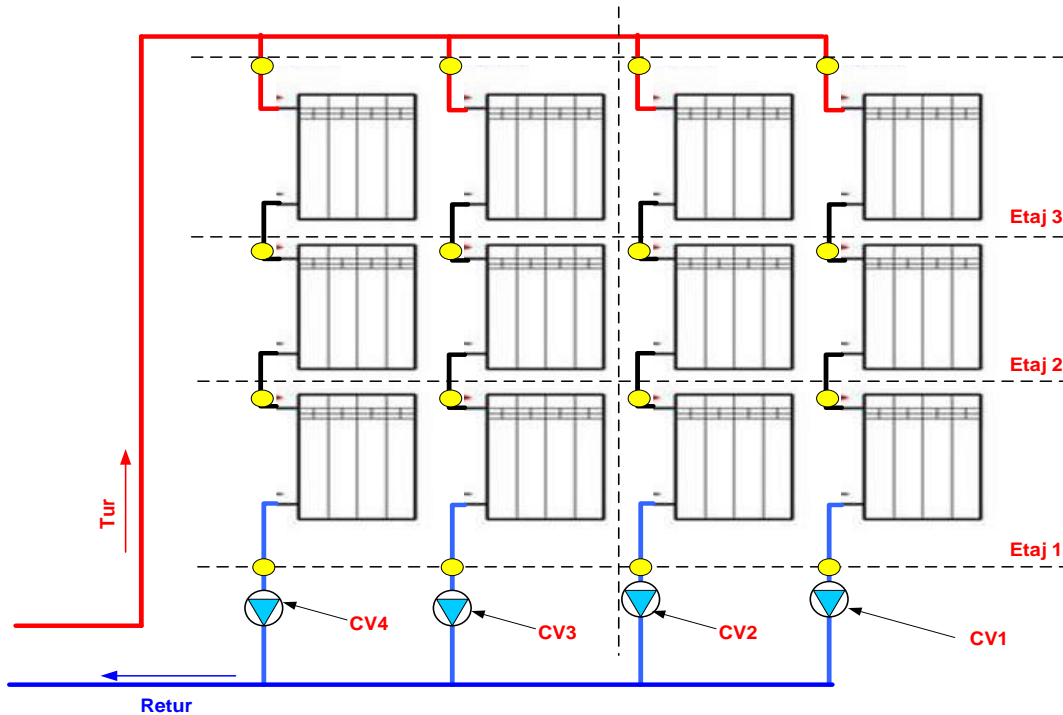
La intersecția unei verticale cu un etaj alimentat de aceasta se formează o celulă de consum de energie, în cazul din figură vom avea o verticală cu 3 celule de consum.

În cazul unei clădiri cu  $n$  etaje și  $m$  verticale vom obține  $n*m$  celule de consum de energie termică.

Spre exemplu o clădire cu 5 etaje și 20 de verticale va forma  $5*20=100$  celule de consum.

Fiecare verticală va fi dotată și cu un contor de apă (CV1) care va măsura digital în serii de timp volumul agentului termic (apei) care a tranzitat verticala respectivă.

Pentru o clădire cu câteva verticale vom avea situația ca în figura de mai jos.



**Figura 4** Reprezentare schematică a unei clădiri cu verticalele de alimentare.

Astfel pentru clădirea din figură în care avem 3 etaje și 4 verticale de alimentare vom avea 12 celule de consum de energie.

Vom nota fiecare celulă cu  $C_{ij}$  unde  $i$ -este etajul iar  $j$  este numărul verticalei.

Căderea de temperatură ( $\Delta T_i$ ) la fiecare consumator va depinde de suprafața caloriferului, condițiile de izolare termică, temperaturile din afara etc. Deci se iau în considerație toate elementele importante.

Căldura totală consumată de clădire este egală cu suma consumurilor individuale plus pierderile comune datorate țevilor neizolate din subsoluri și etaje tehnice

$$Q_{Tot} = \sum_{j=1}^n Q_{ij} + \Delta P_{com} \quad (2)$$

Unde  $Q_{tot}$ -consumul total de energie per bloc

$Q_{ij}$ -consumul de energie aferent celulei  $C_{ij}$  (etajul  $i$  verticala  $j$ )

$\Delta P_{com}$ -pierderile comune pe interiorul blocului

Contorizarea fiecărui consumator va avea loc după principiul sumării celulelor de consum din care este format apartamentul (spațiul analizat). Astfel poate fi o celulă de consum per apartament sau  $n$  celule unde  $n$ -numărul de odăi + **1 bucătăria**.

Deoarece apartamentele sunt formate din celule aflate la același etaj, pentru un apartament cu 2 odăi aflat la etajul 3 și alimentat de verticala cu nr 1, 2 și 3 consumul calculat de căldură va fi:

$$Q_{ap12} = Q_{3,1} + Q_{3,2} + Q_{3,3} \quad (3)$$

Consumul e căldură per fiecare celulă de consum va fi determinat în baza căderii de temperatură pe celula respectivă și volumul tranzitat de agent pe verticala respectivă.

$$Q_{ij} = \Delta T_{ij} \cdot V_j \cdot c \cdot \rho \quad (4)$$

Unde  $Q_{ij}$ -este consumul aferent celulei  $C_{ij}$

$\Delta T_{ij}$ -căderea de temperatură pentru celula respectivă

$V_j$ -volumul de apă (agent termic) trecut prin verticala respectivă

$c$ -capacitatea termică specifică a apei = 4187J/(kg\*K)

$\rho$ -densitatea apei 1000kg/m<sup>3</sup>

Căderea de temperatură pe fiecare celulă se va prelua din punctele respective  $T_1, T_2, \dots, T_i, T_n, T_{n+1}$

$$\Delta T_{ij} = T_i - T_{i+1} \quad (5)$$

Pentru a funcționa sistemul de calcul în mod corect aceste temperaturi și volume de apă trebuie preluate cu o frecvență de 1-2 înscrieri pe oră (sau mai des)

Astfel vom avea tabloul orar al temperaturilor și volumelor tranzitate prin fiecare verticală

Acest lucru poate fi realizat cu sisteme moderne **digitale și de telemetrie** care propun soluții de preluare și digitalizare a datelor. Astfel sunt deja răspândite pe piață termocuple digitale care pot fi instalate în interiorul țevii verticalei, costul unui astfel de termocuplu este de circa 3 euro.

Datele obținute în serii orare sunt ușor de prelucrat și pot fi introduse sub formule excel pentru a calcula consumul aferent fiecărui apartament al unui bloc locativ.

Exemplu de calcul pentru câteva verticale ale unui bloc de 9 etaje unde sunt date temperaturile de la fiecare verticală care intră în apartament și la bază temperatura de ieșire de la ultimul apartament și volumul de apă trecut prin verticală indicat de fiecare contor.

**Tabel 1** Datele de calcul pentru un bloc locativ

Verticale	Verticala 1	Verticala 2	Verticala 3	Verticala i	Verticala i+1	Verticala n
Etaje	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C
Etajul 9	Apartament 23		Apartament 35			Apart 51
	82	81	80	80	80	81
Etajul 8	Apartament 24		Apartament 36			Apart 52
	76	75	75	74	75	75
Etajul 7	Apartament 25		Apartament 37			Apart 53
	71	70	70	70	69	71
Etajul 6	Apartament 26		Apartament 38			Apart 54
	64	63	65	64	65	65
Etajul 5	Apartament 27		Apartament 39			Apart 55
	59	58	58	59	59	61
Etajul 4	Apartament 28		Apartament 40			Apart 56
	53	52	53	54	53	57
Etajul 3	Apartament 29		Apartament 41			Apart 57
	50	48	48	48	49	52

Etajul 2	Apartament 30		Apartament 42			Apart 58
	45	46	45	44	43	48
Etajul 1	Apartament 31		Apartament 43			Apart 59
	39	39	40	41	40	46
Indicații la ieșire °C	34	33	34	35	35	40
Volum indicat de contor m3	1,25	1,31	1,82	1,55	1,48	1,84

Datele sunt prelucrate și obținem consumul de energie termică per fiecare celulă de consum

**Tabel 2** Rezultatele calculelor pentru exemplul analizat

Verticale	Verticala 1	Verticala 2	Verticala 3	Verticala i	Verticala i+1	Verticala n
Etaje	Consum in Gcal	Consum in Gcal	Consum in Gcal	Consum in Gcal	Consum in Gcal	Consum in Gcal
Etajul 9	Apartament 23		Apartament 35			Apart 51
	0,0075	0,0079	0,0091	0,0093	0,0074	0,0110
Etajul 8	Apartament 24		Apartament 36			Apart 52
	0,0063	0,0066	0,0091	0,0062	0,0089	0,0074
Etajul 7	Apartament 25		Apartament 37			Apart 53
	0,0088	0,0092	0,0091	0,0093	0,0059	0,0110
Etajul 6	Apartament 26		Apartament 38			Apart 54
	0,0063	0,0066	0,0127	0,0078	0,0089	0,0074
Etajul 5	Apartament 27		Apartament 39			Apart 55
	0,0075	0,0079	0,0091	0,0078	0,0089	0,0074
Etajul 4	Apartament 28		Apartament 40			Apart 56
	0,0038	0,0052	0,0091	0,0093	0,0059	0,0092
Etajul 3	Apartament 29		Apartament 41			Apart 57
	0,0063	0,0026	0,0055	0,0062	0,0089	0,0074
Etajul 2	Apartament 30		Apartament 42			Apart 58
	0,0075	0,0092	0,0091	0,0047	0,0044	0,0037
Etajul 1	Apartament 31		Apartament 43			Apart 59
	0,0063	0,0079	0,0109	0,0093	0,0074	0,0110

Astfel se poate rezolva problema contorizării individuale per fiecare consumator.

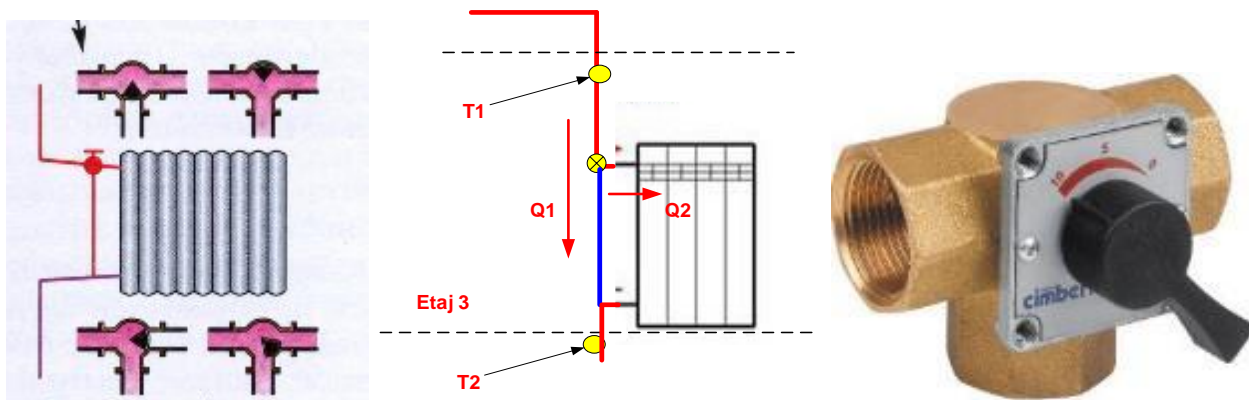
### Reglarea individuală la sistemele de distribuție pe verticală.

În condițiile actuale reglarea consumului de căldură per fiecare celulă de consum (respectiv consumator) este practic imposibilă deoarece dacă unul din consumatori micșorează debitul de agent prin verticala sa aceasta afectează toți consumatorii de pe acea verticală.

Unica soluție propusă pînă la moment de furnizor este trecerea la sistemul paralel de distribuție al energiei termice.

Pentru a evita trecerea la sistemul de distribuție paralel care implică reconstrucții capitale și costuri mari se propune sistemul **Serii-Paralele (SSP)** care permite evitarea acesteia.

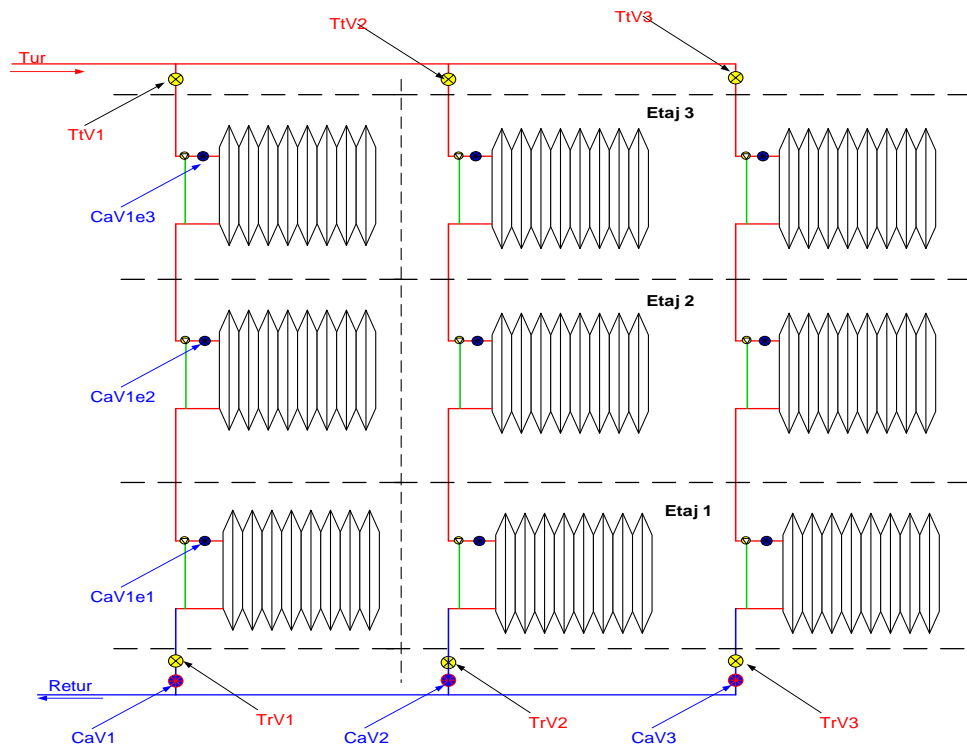
**Sistemul Serie paralel** constă în instalarea la fiecare celulă de consum de energie (la fiecare verticală și fiecare etaj) a unei conducte de ocolire a caloriferului care ca funcționa după modelul by-pass adică de șuntare a caloriferului cu ajutorul unei vane tripoziționale (Трехходовой кран) care fiind instalată la intrarea în calorifer va permite reglarea volumului care trece prin acesta de la 0 la volumul total care trece prin verticală



**Figura 5.** Schema unui regulator cu vană by-pass

O asemenea construcție ușor de implementat permite reglarea fluxului de căldură  $Q_2$  care va trece prin calorifer la fiecare moment de timp.

Regulând în acest sens se evită supraîncălzirea caloriferelor și încălzirea excesivă a unor etaje față de altele. În combinație cu termocuplurile de măsurare a căderii de temperatură pe fiecare etaj, fiecare consumator va fi interesat să regleze deoarece aceasta va micșora pierderile de ineficiență și va da posibilitatea să regleze individual consumul



**Figura 6.** Exemplu de sistem combinat de măsurare a consumului și conducte by-pass



**Aspecte economice.** La momentul actual nivelul de dezvoltare tehnică permite implementarea soluțiilor de telemetrie (măsurare de la distanță) cu stocare de date și prelucrare automată a masivelor de date obținute în condiții avantajoase economic. Pe piața internațională există numeroase companii care oferă servicii de telemetrie, iar un termocuplu digital poate fi găsit cu prețuri între 3 și 10 euro, iar un contor de apă cu digitalizare este de la 12 la 20 euro ceea ce face implementarea unui astfel de sistem foarte avantajoasă pentru fiecare apartament.

Un aspect adițional este că la fiecare verticală va trebui instalată o vană de balansare a presiunii de circa 15 euro pentru a asigura o distribuție normală în orice condiții de consum.

### **Concluzie.**

Implementarea sistemului serie paralel cu măsurarea consumului de energie pe baza temperaturilor agentului termic în diferite puncte ale verticalei permite evitarea problemelor actuale ale sistemului de încălzire centralizat. Permite reglarea de către consumatori a consumului individual de energie pe fiecare apartament și pe fiecare odaie de apartament separat și fără a afecta ceilalți consumatori, și cunoașterea exactă a consumului. Sistemul propus poate fi aplicat și la casele/blocurile fără contor de energie termică per bloc.

Acest sistem odată implementat va stimula consumatorii să-și eficientizeze apartamentele prin izolare, schimbare de ferestre, ventilare ceea ce va duce la o scădere a consumurilor și ca rezultat la o diminuare a emisiilor de gaze cu efect de seră.

### **Bibliografie și Lincuri utile.**

1. Raport privind politicile naționale de energie  
[http://energyefficiency.clima.md/public/files/publication/Raport\\_privind\\_politicile\\_nationale\\_energetice.pdf](http://energyefficiency.clima.md/public/files/publication/Raport_privind_politicile_nationale_energetice.pdf)
2. Investițiile în rețele termoelectrice  
[https://www.termoelectrica.md/ro\\_RO/dezvoltare/imbunatatirea-eficientei-sacet/](https://www.termoelectrica.md/ro_RO/dezvoltare/imbunatatirea-eficientei-sacet/)
3. Statistica consumului de energie termică <http://www.statistica.md/category.php?l=ro&idc=128&>
4. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:926925/FULLTEXT01.pdf>
5. <https://www.ovoenergy.com/guides/energy-guides/ultimate-guide-to-being-efficient-with-heating-and-hot-water.html>
6. Exemple de bune practici <https://www.termoelectrica.md/wp-content/uploads/2016/12/EXEMPLE-DE-BUNE-PRACTICI-v1.22.pdf>
7. Contoare și termocupluri digitale [https://www.alibaba.com/product-detail/GSM-SMS-wireless-remote-control-reading\\_60735369897.html?spm=a2700.7724838.2017115.300.383963e3VxYFKn](https://www.alibaba.com/product-detail/GSM-SMS-wireless-remote-control-reading_60735369897.html?spm=a2700.7724838.2017115.300.383963e3VxYFKn)

[https://www.alibaba.com/product-detail/GPT-Armored-Thermocouple-Temperature-Sensor-For\\_60739671223.html?spm=a2700.7724838.2017115.103.37eb1eceM2IQc3](https://www.alibaba.com/product-detail/GPT-Armored-Thermocouple-Temperature-Sensor-For_60739671223.html?spm=a2700.7724838.2017115.103.37eb1eceM2IQc3)

8. Termocupluri digitale, companii de telemetrie  
<http://www.analog.com/en/products/sensors/temperature-sensor-control-devices/digital-temperature-sensors.html>
9. Orange Moldova și apă canal au implementat sistemul smart water metering  
<http://unimedia.info/stiri/orange---operatorul-1-care-ofera-solutii-inteligente-pentru-un-oras-smart-149297.html>