

Proiect Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi trase la răspundere pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

Studiu de caz din România

Partea III: Studiu cost-beneficiu al măsurilor de eficiență energetică

1. Bugetul alternativelor de îmbunătățire

Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 15 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 10 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 10 cm	12,4
30 cm izolație din vată minerală	7,5
15 cm izolație din vată minerală pentru pereți	20,4
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalare)	330 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	10 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	12.4	5050
m	30 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	7.5	3450
m	15 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	20.4	5300
m	Ferestre din PVC cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură aer-apă 23 kW	1	1	11000	11000
	Boiler 100 l	1	1	300	300

Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
			Total	85300 €

Îmbunătățire 2: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 8 cm	9,92
20 cm izolație din vată minerală	5
10 cm izolație din vată minerală pentru pereți	13,5
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalat)	319 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	8 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	9,92	4040
m	20 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	5	2300
m	10 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	13.5	3550
m	Ferestre din PVC cu geam triplu (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură aer-apă 23 kW	1	1	11000	11000
	Boiler 100 l	1	1	300	300
	Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
	Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
				Total	81390 €

Îmbunătățire 3: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu vată minerală de 15 cm, a plăcii peste ultimul nivel cu vată minerală de 30 cm și izolarea planșeelor cu polistiren extrudat de 10 cm, ferestre cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), pompă de căldură apă-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 10 cm	12,4
30 cm izolație din vată minerală	7,5
15 cm izolație din vată minerală pentru pereți	20,4
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalare)	330 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	10 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	12.4 €	5050 €
m	30 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	7.5	3450
m	15 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	20.4	5300
m	Ferestre din PVC cu geam triplu ($U= 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură apă-apă 24 kW	1	1	13900	13900
	Boiler 100 l	1	1	300	300
	Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
	Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
				Total	88200 €

Îmbunătățire 4: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea pardoselilor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură apă-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 8 cm	9,92
20 cm izolație din vată minerală	5
10 cm izolație din vată minerală pentru pereți	13,5
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalare)	319 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	8 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	9,92	4040
m	20 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	5	2300
m	10 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	13.5	3550
m	Ferestre din PVC cu geam triplu (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură apă-apă 24 kW	1	1	13900	13900
	Boiler 100l	1	1	300	300
	Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
	Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
				Total	84290 €

2. Studiu cost-beneficiu al măsurilor de eficiență energetică

O analiză cost-beneficiu (CBA) în contextul renovării energetice a clădirilor este o evaluare structurată utilizată pentru a determina dacă investiția în îmbunătățirea performanței energetice a unei clădiri este justificată din punct de vedere economic.

Aceasta compară toate costurile preconizate ale renovării cu beneficiile financiare și nefinanciare pe care le va genera pe durata ciclului de viață al clădirii.

În acest studiu de caz, pentru realizarea acestei analize a fost utilizat software-ul CypeTherm Impromevent plus.

În acest studiu, au fost utilizate două metode pentru realizarea acestei analize:

- Perioada de recuperare simplă (SPP)
- Valoarea actuală netă (NPV)

Metoda 1: Perioada de recuperare simplă este una dintre cele mai simple metode de evaluare a randamentului financiar al unei investiții în eficiența energetică, cum ar fi renovarea energetică a unei clădiri.

Perioada de recuperare simplă (SPP) este perioada de timp (exprimată de obicei în ani) necesară pentru ca economiile cumulate de energie generate de o investiție să egaleze costul inițial al respectivei investiții.

$$SPP = \frac{\text{Initial Investment Cost}}{\text{Annual Energy Savings}}$$

Metoda 2: Metoda valorii actuale nete este unul dintre cele mai utilizate și mai solide instrumente financiare pentru evaluarea rentabilității unei investiții în timp. În contextul renovării energetice a clădirilor, NPV ajută la determinarea dacă economiile de energie pe termen lung și alte beneficii depășesc costurile inițiale ale renovării.

NPV este suma tuturor fluxurilor de numerar viitoare (cum ar fi economiile de energie, economiile de întreținere sau subvențiile), actualizate la valoarea lor actuală, minus costul inițial al investiției.

Aceasta ține cont de valoarea în timp a banilor, recunoscând că banii primiți (sau economisiți) în viitor au o valoare mai mică decât banii de astăzi.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} - I$$

Unde:

- B_t = Beneficii (de exemplu, economii de energie) în anul t
- C_t = Costuri de exploatare sau întreținere în anul t
- r = Rata de actualizare (rata dobânzii sau costul capitalului)
- t = Anul (1 până la n)
- I = Costul investiției inițiale
- n = Perioada de analiză (în ani)

Dacă $NPV > 0 \rightarrow$ Investiția este profitabilă

Dacă $NPV = 0 \rightarrow$ Investiția este rentabilă

Dacă $NPV < 0 \rightarrow$ Investiția nu este viabilă din punct de vedere financiar

Costul energiei luat în considerare:

Energy cost		
Energy vector		
Electrical network energy	0.26	EUR/kWh
Natural gas	0.06	EUR/kWh
Diesel	0.10	EUR/kWh
LPG	0.15	EUR/kWh
Carbon	0.05	EUR/kWh
Solid biomass	0.11	EUR/kWh
Biomass	0.11	EUR/kWh
Thermal solar energy	0.00	EUR/kWh
Electrical energy produced by photovoltaic panels, small wind turbines and small hydro turbines	0.00	EUR/kWh

Accept

Parametri pentru metoda valorii actuale nete:

Net Present Value	
☒ NCV calculation method	
The program uses the static analysis method to calculate the investment recovery period. By activating this option, the dynamic analysis will be included in the calculation process.	
Annual energy cost increase	3.00 %
☒ Discount fee	4.50 %
Foreseen inflation	1.20 %
Nominal interest type	0.00 %
Analysis period	22 Years

Accept

Rezumatul rezultatelor studiului cost-beneficiu al măsurilor de eficiență energetică:

	Costul net al investiției (EUR)	Costul anual al energiei (EUR)	Economii nete anuale (EUR)	Amortizare (ani)	NCV (an)	Consumul anual de energie primară neregenerabilă (kWh/m²)	Emisii (kg CO2/m²)
Cazul 0 (situația inițială)	0	16504,43	0	0	0	187,96	34,70
Cazul 1	85300,00	9757,83	6746,60	12,64	13,72	264,23	55,38
Cazul 2	81390,00	9694,97	6809,46	11,95	12,93	261,92	54,76
Cazul 3	88200,00	9392,78	7111,64	12,40	13,44	250,75	51,82
Cazul 4	84290,00	9694,97	6809,46	12,38	13,42	261,92	54,76

În tabelul de mai sus, coloana NCV răspunde la următoarea întrebare: Câți ani va dura recuperarea investiției, luând în considerare valoarea temporală a banilor?

	Costul net al investiției				Economii nete anuale				Perioada de recuperare a investiției (ani)
	Cost (EUR)	Subvenții (EUR)	Cost net rezultat (EUR)	Diferență (EUR)	Costul energiei (EUR/an)	Economii de energie (EUR/an)	Întreținere (EUR/an)	Economii nete (EUR/an)	
Cazul 0 (Situația inițială)	0	0	0	0	16504,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Cazul 1	85300,00	0	85300,00	85300,00	9757,83	6746,60	0,00	6746,60	12,64
Cazul 2	81390,00	0	81390,00	81390,00	9694,97	6809,46	0,00	6809,46	11,95
Cazul 3	88200,00	0	88200,00	88200,00	9392,78	7111,64	0,00	7111,64	12,40
Cazul 4	84290,00	0	84290,00	84290,00	9694,97	6809,46	0,00	6809,46	12,38

3. Concluzii

Din acest studiu se pot trage următoarele concluzii:

- **Evaluarea completă a clădirii finalizată.** Studiul de caz a evaluat în detaliu performanța energetică actuală a unei clădiri educaționale din România, utilizând tehnologii BIM, identificând ineficiențe majore în izolația anvelopei, performanța ferestrelor, sistemele de încălzire și ventilație. Clădirea se caracteriza printr-un consum ridicat de energie și un confort termic deficitar, în special în timpul sezonului de încălzire.
- **Măsuri de eficiență energetică identificate și modelate.** Au fost propuse și simulate o serie de măsuri de renovare energetică, printre care:
 - Izolarea pereților exteriori/acoperișului/planșeului.
 - Înlocuirea ferestrelor cu geam triplu.
 - Modernizarea sistemului de încălzire (prin intermediul unui sistem de pompă de căldură cu aer sau apă și a unui sistem de încălzire prin pardoseală)
 - Ventilație mecanică cu recuperare de căldură
- **Potențial substanțial de economisire a energiei.** Analiza a arătat că implementarea unei combinații de măsuri pasive și active ar putea reduce consumul de energie primară pentru încălzire cu 70%. Aceste economii sunt deosebit de semnificative, având în vedere clima rece a României și sezonul lung de încălzire.
- **Rezultatele cost-beneficiu variază în funcție de măsură.** Evaluarea financiară a relevat că:
 - Strategiile de renovare profundă (izolare, înlocuirea ferestrelor) necesită investiții mai mari, dar oferă randamente pe termen lung.
 - Modernizarea sistemului de încălzire și noua ventilație mecanică reduc consumul de energie.
 - Dacă toate măsurile luate în considerare în studiu sunt implementate, perioada de recuperare a investiției este considerabil redusă (12 ani), deoarece se obțin economii de energie mai mari.
- **Combinarea măsurilor dă cele mai bune rezultate.** Cel mai echilibrat și durabil rezultat se obține prin combinarea îmbunătățirilor pasive (izolare, etanșeitate) cu sisteme active (sistem modern de încălzire și sistem de ventilație). Această sinergie maximizează economiile de energie, menținând confortul interior și sporind valoarea globală a clădirii.



- **Fezabilitatea tehnică și economică confirmată.** În ciuda barierelor inițiale legate de investiții, studiul confirmă că renovarea energetică este fezabilă din punct de vedere tehnic și benefică din punct de vedere economic pentru clădire. Utilizând indicatori precum NPV și SPP, toate măsurile prezintă performanțe economice acceptabile, în special dacă sunt implementate simultan.
- **Sprijină obiectivele naționale și ale UE în materie de renovare.** Cazul este în conformitate cu Pactul verde și strategia „Renovare pentru o economie verde și un mediu mai sănătos” ale UE, contribuind la obiectivele de neutralitate a carbonului, eficiență energetică și medii interioare mai sănătoase în clădirile publice și rezidențiale.