

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 Spania

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

3.11. Bugetul alternativelor de îmbunătățire

Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei termice (vată minerală de 6 cm) Ferestre cu geam termopan

- Descrierea prețului sistemului de izolare de 6 cm al fațadelor clădirii pentru exterior:

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din vată minerală (6 cm)	20
Adeziv, ancore, plasă, profile	€18
Finisaj tencuială (multistrat)	€12
Mână de lucru (instalare)	€25
Schele și siguranță (casă unifamilială)	€9
Gestionarea deșeurilor și curățenie finală	€2
Cost total estimat (instalare)	86 € / m²

- Buget – Izolație interioară pe pereți despărțitori, acoperiș sau planșeu la parter cu sistem de gips-carton

Nr	Art	Descriere	Unitate	Preț maxim €/m ²
1	Pregătirea suprafeței	Curățarea și pregătirea suprafeței existente a peretelui sau acoperișului	m	4
2	Izolație din vată minerală (6 cm)	Furnizarea și instalarea panourilor din vată minerală de 60 mm între șipci metalice.	m	10
	Cadru metalic	Instalarea de șipci și șine din oțel zincat.	m	8
	Placare cu gips-carton	Instalarea plăcilor standard de gips de 12,5 mm peste cadru	m	9
	Finisarea îmbinărilor și pregătirea suprafeței	Bandă adezivă, compus pentru îmbinări, șlefuire	m	5
6	Mână de lucru (dacă nu este inclusă mai sus)	Mână de lucru calificată generală pentru lucrări de instalare	m	12
	Eliminarea deșeurilor și curățarea șantierului	Îndepărtarea resturilor și curățarea finală a șantierului	m	2
Total (€/m²)				50,00

- Descrierea **ferestrelor noi** care urmează să fie instalate în clădire.
 - Geamuri: geam termopan (2 panouri)
 - Acoperire: cu emisivitate redusă (Low-E) pe cel puțin un geam
 - Umplutură cu gaz: argon între geamuri (pentru izolare termică)

- Cadru: PVC cu barieră termică
- Instalare: Modernizare în deschiderea existentă a peretelui (inclusiv etanșare, finisare, eliminarea ferestrei vechi)

Buget pentru îmbunătățirea 1:

Îmbunătățire 1: Izolare termică a anvelopei (6 cm vată minerală) și ferestre noi

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	Strat izolant din vată minerală de 6 cm în fațadele cu finisaj tencuială instalat	1	93,88	86,00	8.073,68
m	Strat izolant din vată minerală de 6 cm în pereții despărțitori, acoperiș și plăci (sistem interior de gips-carton)	1	161,49	50,00	8.074,50
m	Ferestre din PVC cu geam termopan cu emisivitate redusă și gaz argon ($U = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	11,32	270,00	3.056,40
ud	Înlocuirea unei uși exterioare într-un duplex din Ceutí (Spania), cu o transmittanță termică (valoare U) de $1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, inclusiv demontarea ușii vechi și instalarea completă.	1	1	1.200,00	1.200,00
				Total	20.404,58

Îmbunătățire 2: Înlocuirea boilerului electric cu pompă de căldură pentru apă caldă menajeră (1,5 kW, 200 L)

Nu.	Element	Descriere	Unitate	Preț (€)
1	Furnizare unitate pompă de căldură pentru apă caldă menajeră	Pompă de căldură cu sursă de aer pentru apă caldă menajeră, 1,5 kW, rezervor de 200 L (COP ~3,0)	unitate	2.050,00
	Demontarea încălzitorului electric existent	Deconectarea și eliminarea în siguranță a vechiului încălzitor electric de apă	unitate	80,00
	Instalarea pompei de căldură	Instalare, montare, racordare electrică și integrare	unitate	50
4	Accesorii și materiale de instalare	Țevi, fittinguri, supape, izolație, suporturi, elemente de fixare	unitate	15
5	Adaptarea circuitului electric	Modernizarea întrerupătorului și adaptarea siguranței (dacă este necesar)	unitate	10
6	Pornirea și testarea sistemului	Punere în funcțiune, testare funcțională, instrucțiuni de utilizare	unitate	70,00
			Total	2.950,00

Îmbunătățire 3: Instalare fotovoltaică cu 4 panouri (1,94 kWp, acoperiș plat, Ceutí)

Specificații tehnice ale sistemului de panouri fotovoltaice:

Locație: Ceutí (Spania)

Clădire: Casă unifamilială

Specificații ale sistemului:

- Număr de panouri din siliciu de sticlă: 4 (3 m² fiecare panou)

- Capacitate panou: 480 W fiecare
- Capacitate totală: 1,94 kWp

Nr.	Art	Descriere	Unitate	Preț unitar (€)	Cantitate	Subtotal (€)
1	Panouri fotovoltaice (485 Wp)	Panouri monocristaline de înaltă eficiență cu încapsulare din sticlă-siliciu	panou	280	4	1.120,00
2	Structură de montare (acoperiș plat)	Structură de susținere din aluminiu (balastată sau fixă)	panou	7	4	300,00
3	Invertor (2–3 kW)	Invertor conectat la rețea, dimensionat pentru un sistem de 2 kWp, cu monitorizare de bază	unitate			700
4	Instalație electrică	Cablare (CC/CA), protecții, cutie combinatoare, contor de generare	sistem	5	1	500,00
5	Manoperă și punere în funcțiune	Asamblare, cablare, configurare invertor, testare la pornire	sistem		1	600
6	Legalizare și administrare (opțional)	Documentație, conectare la rețea, CIE, BOE etc.	serviciu	300	1	300,00 €
					Total	3.520,00

Îmbunătățire 4: Sistem aerotermă Vaillant (încălzire + răcire + apă caldă menajeră cu ventiloconvectoare)

Rezumat tehnic:

- **Capacitate sistem:**
 - Încălzire: 7,37 kW (COP 4,42)
 - Răcire: 7,2 kW (EER ~2,7)
 - Apă caldă menajeră: rezervor de 200 l cu serpentine integrate (uniSTOR)
- **Apă caldă** generată direct din sistemul aerotermă
- **Economii** față de încălzitoarele electrice tradiționale: până la 65%
- **Spațiu necesar:** rezervor pentru apă caldă menajeră + rezervor tampon în camera de utilități sau spălătorie

Buget:

Nr.	Element	Descriere	Unitate	Unitate Preț (€)	Cantitate	Subtotal (€)
1	Unitate exterioară Vaillant aroTHERM Plus	Pompă de căldură aer-apă, 7,37 kW încălzire / 7,2 kW răcire (COP 4,42), monobloc	unitate	3.740,00	1	3.740,00
2	Rezervor Vaillant uniSTOR DHW (200 L)	Rezervor de stocare a apei calde cu serpentine pentru sisteme aeroterme	unitate	1.375,00	1	1.375,00
3	Unități ventiloconvectoare (Vaillant sau compatibile)	Ventiloconvectoare hidronice, ultra-silențioase, controlate cu termostat	unitate	638,00	4	2.552,00
4	Circuit hidraulic + integrare apă caldă menajeră	Țevi, supape, pompă de circulație, pentru încălzire, răcire și apă caldă	sistem	935,00	1	935,00
5	Adaptare panou electric	Întreprupătoare de siguranță, cablaj de control, configurație compatibilă cu apă caldă menajeră	unitate	440,00	1	440,00
6	Demontarea vechiului aparat de aer condiționat și a încălzitorului de apă	Dezinstalarea aparatului de aer condiționat multisplit + încălzitor electric de apă, cu eliminare legală	serviciu	220,00	1	220,00
7	Instalare și punere în funcțiune	Instalare completă a sistemului, configurare hidraulică, teste, umplere, configurare	sistem	1.320,00	1	1.320,00

Termostate / Comenzi de zonare	Termostate cu fir sau fără fir sau interfețe digitale	unitate	110,00	4	440,00
Total					11.022,00

- Îmbunătățire 5: Sistem de încălzire aerotermă și apă caldă menajeră (pentru radiatoare)

Caracteristici tehnice:

- Aplicație: Numai încălzire + apă caldă menajeră
- Radiatoare și conducte de distribuție neincluse
- Ideal pentru locuințe care trec de la sisteme pe gaz sau electrice
- Unitate exterioară: Monobloc (fără manipularea agentului frigorific la fața locului)
- COP de înaltă eficiență > 4 — economii de energie de până la 70% față de gaz

Nr.	Element	Descriere	Unitate	Preț unitar (€)	Cantitate	Subtotal (€)
1	Vaillant aroTHERM Plus	Unitate monobloc pentru exterior, 7,37 kW încălzire (COP 4,42)	unitate	3.400,00	1	3.400,00
2	Vaillant uniTOWER 200 L	Turn hidraulic interior (modul hidraulic + rezervor AQS 200 L + supapă cu 3 căi, pompă, senzori)	unitate	2.750,00	1	2.750,00
3	Panou electric și protecții	Adaptarea tabloului electric și cablarea de control	unitate	400,00	1	400,00
4	Demontarea cazanului pe gaz	Deconectare și eliminare în condiții de siguranță	unitate	180,00	1	180,00
5	Demontarea încălzitorului electric de apă	Deconectare și eliminare în condiții de siguranță	unitate	120,00	1	120,00
6	Instalare și punere în funcțiune	Conexiuni hidraulice și electrice, pornirea sistemului, testare	unitate	950,00	1	950,00
Total						7.800,00

Îmbunătățire 6: Îmbunătățirea anvelopei termice cu un strat izolant de 10 cm + ferestre cu geam termopan

Îmbunătățire 6: Izolație termică a anvelopei (10 cm vată minerală) și ferestre noi

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m2	Strat izolant din vată minerală de 10 cm în fațade cu finisaj tencuială instalat	1	93,88	114,00	10.702,32
m	Strat izolant din vată minerală de 10 cm în pereții despărțitori, acoperiș și plăci (sistem interior de gips-carton)	1	161,49	66.400	10.722,94
m	Ferestre din PVC cu geam termopan cu emisivitate redusă și gaz argon (U= 1,7 W/m²·K)	1	11,32	270,00	3.056,40
ud	Înlocuirea unei uși exterioare într-un duplex din Ceutí (Spania), cu o transmitanță termică (valoare U) de 1,7 W/m²·K, inclusiv demontarea ușii vechi și instalarea completă.	1	1	1.200,00	1.200,00
				Total	25.681,66

3.12. 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 efectuarea 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: Valoarea actuală netă este unul dintre cele mai utilizate și mai solide instrumente financiare pentru evaluarea rentabilității unei investiții în timp. În contextul renovării energetice a clădirilor, VAN 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 grid energy	0.30	EUR/kWh
Natural gas	0.11	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

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	45 Years

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/m ²)	Emisii (kg CO ₂ /m ²)
Situația inițială 1 (Cazul 1)	0	1642	0	0	0	162,20	27,48
Cazul 3: Izolație de 6 cm și pompă de căldură pentru apă caldă menajeră	23354,58	225,15	1417,17	16,48	18,09	22,23	3,77
Cazul 4: izolație de 6 cm + pompă de căldură apă caldă menajeră + panouri fotovoltaice	26874,58	0	1642,32	16	17,9	0,00	0
Cazul 5: izolație de 10 cm + pompă de căldură pentru apă caldă menajeră + panouri fotovoltaice	32151,66	0	1642	19,58	21,62	0,00	0
Cazul 6: 6 cm izolație + încălzire și condiționare aer și apă caldă menajeră Aerotermă cu ventilconvectoare + panouri fotovoltaice	34946,58	0	1642,32	21	23	0,00	0,00

	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)
Situația inițială 2 (Cazul 2)	0	1067,5	0	0	0	119,73	24,93
Cazul 7: Izolație de 6 cm + Aerotermă cu radiatoare pentru încălzire centrală și apă caldă menajeră	28204,58	183,40	884,10	31,9	42	18,12	3,08
Cazul 8: Izolație de 6 cm Aerotermă pentru încălzire și apă caldă menajeră și panouri fotovoltaice	31724,58	0	1067,51	29,7	38,47	0,00	0

În tabelele 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)	
Situația inițială 1 (Cazul 1)	0	0	0	0	1642,32	0,00	0,00	0,00	0
Cazul 3: Izolație de 6 cm și pompă de căldură pentru apă caldă menajeră	23354,58	0	23354,58	23354,58	225,15	1417,17	0,00	1417,17	16,48
Cazul 4: izolație de 6 cm + pompă de căldură DHW + panouri fotovoltaice	26874,58	0	26874	26874,58	0	1642,32	0,00	1642,32	16,36
Cazul 5: izolație de 10 cm + pompă de căldură pentru apă caldă menajeră + panouri fotovoltaice	32151,66	0	32151,66	32151,66	0	1642,32	0,00	1642,32	19,58
Cazul 6: 6 cm izolație încălzire și condiționare aer și apă caldă menajeră Aerotermă cu ventiloconvectoare + panouri fotovoltaice	34946,58	0	34946	34946,58	0	1642,32	0,00	1642,32	21,28

	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)	
Situația inițială 2. (Cazul 2)	0	0	0	0	1067,51	0,00	0,00	0,00	0
Cazul 7: Izolație de 6 cm + Aerotermă cu radiatoare pentru încălzire centrală și apă caldă menajeră	28204,58	0	28204,58	28204,58	1	884,10	0,00	884,10	31,90
Cazul 8: Izolație de 6 cm Aerotermă pentru încălzire și apă caldă menajeră și panouri fotovoltaice	31724,58	0,00	31724,58	31724,58	0,00	1067,51	0,00	1067,51	29,72

4. 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 case unifamiliale din Ceutí (Spania), utilizând tehnologii BIM, identificând ineficiențe majore în izolația anvelopei, performanța ferestrelor, sistemele de apă caldă menajeră și sistemul de încălzire. 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:
 - Izolația pereților exteriori și a acoperișului.
 - Înlocuirea ferestrelor.
 - Modernizarea sistemului de apă caldă menajeră (prin intermediul unui sistem cu pompă de căldură)
 - Modernizarea sistemului de încălzire și răcire (prin sisteme aeroterme)
 - Integrarea panourilor fotovoltaice (PV) pe acoperiș
- **Potențial substanțial de economisire a energiei și a emisiilor de CO₂.** Analiza a arătat că implementarea unei combinații de măsuri pasive și active ar putea reduce consumul de energie primară neregenerabilă cu 100% și emisiile de CO₂ tot cu 100%.
- **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 sistemelor de încălzire, răcire și apă caldă menajeră reduce considerabil consumul de energie și emisiile de gaze.
 - Panourile fotovoltaice contribuie în mod semnificativ la obiectivele de decarbonizare.
 - Dacă toate măsurile luate în considerare în studiu sunt implementate, perioada de recuperare a investiției este considerabil redusă (18 ani), deoarece se realizează economii de energie.
- **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 pompe de căldură pentru apă caldă menajeră și panouri fotovoltaice). 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 casa unifamilială. 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 energie curată” ale UE, contribuind la obiectivele de neutralitate a carbonului, eficiență energetică și medii interioare mai sănătoase în clădirile publice și rezidențiale.