

Denumirea proiectului: **“Casa aproape zero energie și casa pasivă – soluții sustenabile pentru clădiri rezidențiale”**; acronimul: **NEZEBUILD**.

Tipul proiectului: **PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-1214**

Contract nr: **74/2012**

Etapă de execuție nr. V: **“Evaluarea ciclului de viață pentru NZEB, elaborarea de recomandări și reguli generale pentru realizarea clădirilor rezidențiale în climat temperat”**.

Colectiv de elaborare

Universitatea Politehnica din Timișoara

Prof. Dr. Ing. Dan Daniel – Director proiect

Prof. Dr. Ing. Stoian Valeriu

Conf. Dr. Ing. Nagy György Tamaș

Sl. Dr. Ing. Floruț Codruț

Sl. Dr. Ing. Dăescu Cosmin

As. Dr. Ing. Sebarchievici Calin

Dr. Ing. Pescari Simon

Partener

SC ARHITIM SRL Timișoara

Arh. Drd. Stoian Dan

Ing. Drd. Tănasă Cristina

A. Rezumatul Etapei

Etapa a V-a a prezentului proiect presupune continuarea și finalizarea activităților de cercetare întreprinse: prelucrarea și evaluarea datelor din monitorizare, analiza pe ciclului de viață (cost global și impact asupra mediului), pregătirea detaliilor și datelor necesare elaborării unui ghid de recomandări pentru proiectarea clădirilor pasive și a celor cu consum de energie aproape zero.

Totodată, în această etapă se urmărește în continuare buna funcționare a sistemului de monitorizare implementat casei cu consum de energie aproape zero, eventualele completări la componenta sistemului și optimizarea funcționării acestuia.

Activitățile din această etapă a proiectului sunt următoarele:

1. Evaluarea consumurilor de energie lunare (II)
 - Evaluarea consumurilor principale, energiei produse și consumate din surse regenerabile
2. Achiziția sistemului de monitorizare și a tuturor subsansamblurilor, inclusiv softuri necesare (VI)
 - Evaluarea ofertelor și achiziția echipamentelor
3. Evaluarea costului global al investiției și duratei de viață a construcției (II)
 - Analiza costului global al investiției, coeficientului de analiză cost-beneficiu-amortizare investiție pentru NZEB, amortizare-optimizare investiție
4. Elaborarea unui ghid util pentru proiectanți și cercetători privind sistemele NZEB
 - Elaborarea unui ghid de recomandări bazat pe cercetarea experimentală
 - Elaborarea detaliilor de alcătuire specifice NZEB pentru ghidul de proiectare
5. Evaluarea ciclului de viață utilizând programul specializat Sima Pro (scenariul II)
 - LCA cu ajutorul programului Sima Pro cu diferite scenarii de recuperare a materialelor și gestionarea deșeurilor.
6. Analiza cost-beneficiu-amortizare investiție pentru NZEB (II)
 - Evaluarea parametrilor investiției și rentabilității

B. Descrierea științifică și tehnică în extenso

În cele ce urmează sunt prezentate în detaliu activitățile și rezultatele acestei etape a proiectului de cercetare.

- V.1. 1. *Evaluarea consumurilor de energie lunare (II). Evaluarea consumurilor principale, a energiei produse și consumate din surse regenerabile.*

→ *Evaluarea consumurilor de energie - casa pasivă*

La momentul actual sunt disponibile integral date din monitorizarea casei pasive pentru anii 2012, 2013, 2014, 2015. Pentru a evalua eficiența energetică a casei au fost monitorizate toate categoriile de consum de energie ale casei așa cum sunt prezentate în Tabelul 1. Înregistrarea datelor monitorizate s-a realizat în fiecare minut iar centralizarea datelor s-a făcut lunar și anual.

În figurile 1,2,3 și 4 sunt prezentate grafic consumurile de energie lunare pentru fiecare din cei 4 ani analizați (categorii de consum). Observăm că în fiecare din cei 4 ani, consumul de energie cel mai ridicat este cel al camerei tehnice care cuprinde consumul de energie pentru încălzire, apă caldă menajeră și ventilare.

Tabel 1. Senzori de măsurare a consumurilor de energie – casa pasivă

ID senzor	Descriere
EL_1	Consum electric casnic
EL_2	Iluminat
EL_3	Consum electric camera tehnică - încălzire, ventilare, apă caldă
EL_4	Exterior

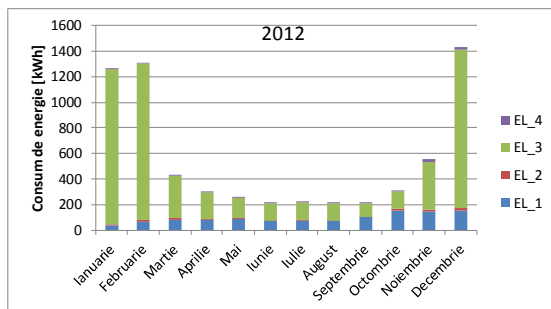


Figura 1 Consumul lunar de energie electrică măsurat în 2012 – defalcat în categorii de consum

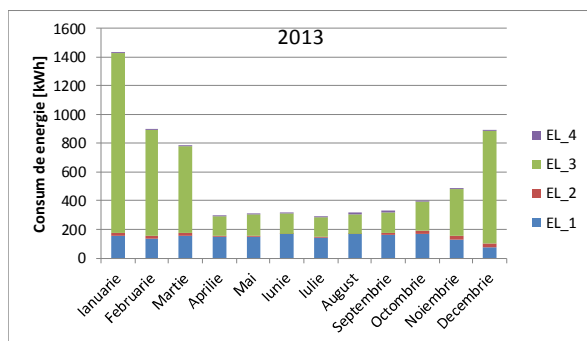


Figura 2 Consumul lunar de energie electrică măsurat în 2013 – defalcat în categorii de consum

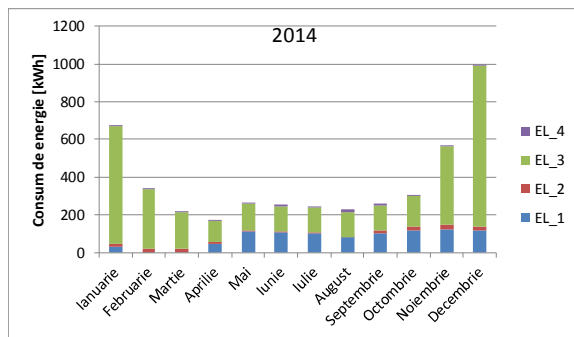


Figura 3 Consumul lunar de energie electrică măsurat în 2014 – defalcat în categorii de consum

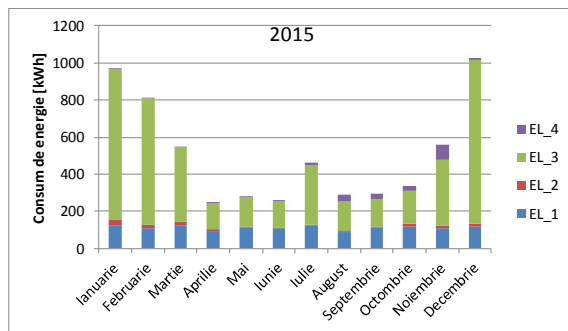


Figura 4 Consumul lunar de energie electrică măsurat în 2015 – defalcat în categorii de consum

În figura 5 sunt prezentate grafic consumurile de energie anuale pentru fiecare din cei 4 ani analizați iar în figura 6 consumurile lunare totale. Consumurile variază ușor de la un an la altul în funcție de: condițiile climatice, comportamentul utilizatorilor etc.

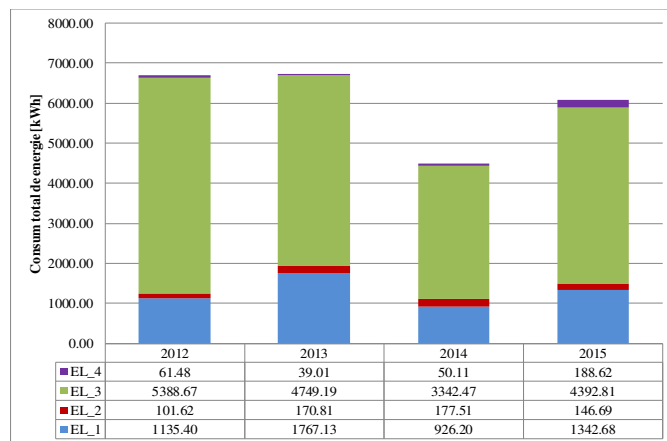


Figura 5 Consumul anual de energie electrică măsurat – defalcat în categorii de consum

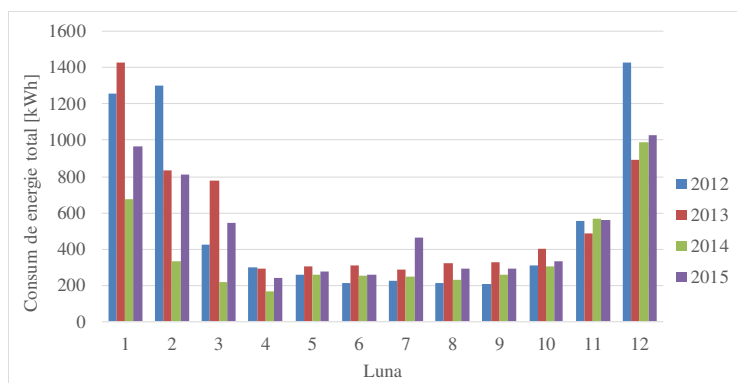


Figura 6 Consumul anual total de energie electrică măsurat – grafic comparativ monitorizare 4 ani

→ Evaluare consumuri de energie - casa nZEB

Procesul de monitorizare al casei nZEB a fost inițiat la finalul anului 2013 însă datele înregistrate și salvate sunt de la începutul anului 2014. Au fost analizate datele începând cu luna Aprilie 2014 până în Martie 2016.

Pentru casa nZEB este foarte relevantă monitorizarea energiei produse de panourile solare fotovoltaice pentru a putea evalua ulterior în ce măsură energia produsă de acestea acoperă necesarul casei. În figura este prezentă producția anuală de energie electrică a sistemului de panouri fotovoltaice și consumul anual de energie electrică al casei pentru perioadele Aprilie 2014 – Martie 2015, Aprilie 2015 – Martie 2016.

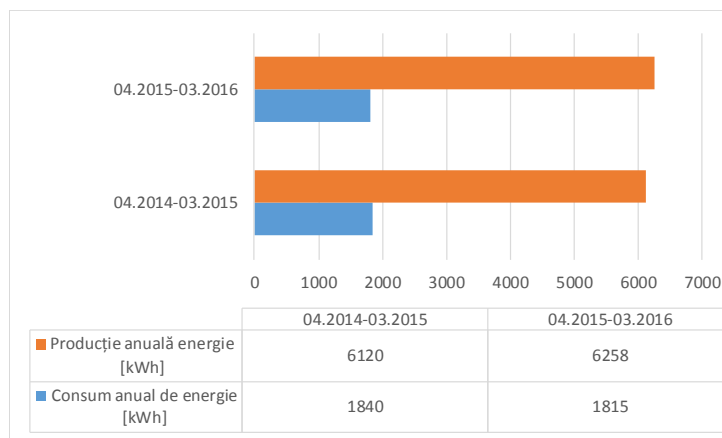


Figura 7 Consumul și producția anuală totală de energie – monitorizate (Aprilie 2014 – Martie 2016)

Graficele din figurile 8 și 9 arată consumul și producția de energie în fiecare lună pentru cele două perioade de monitorizare considerate. Observăm că în majoritatea lunilor panourile fotovoltaice produc mult mai multă energie decât consumă casa. Energie este livrată în rețea. Energia livrată în rețea și cea consumată din rețea sunt contorizate printr-un contor bidimensional.

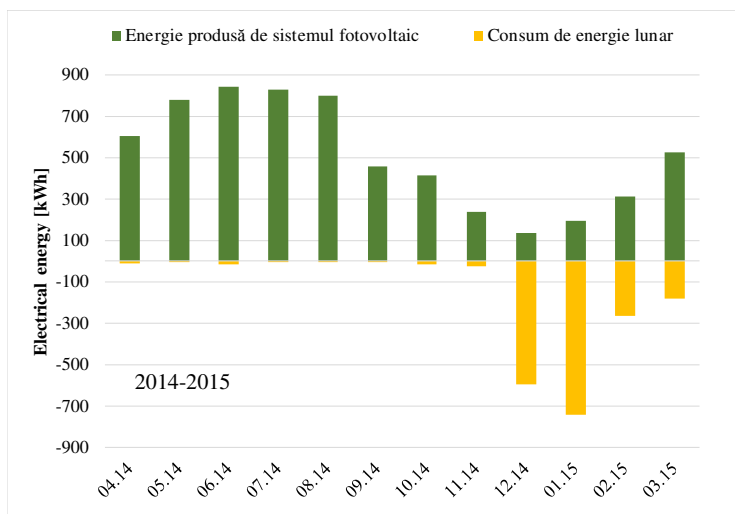


Figura 8 Consumul și producția lunară totală de energie – Aprilie 2014 – Martie 2015

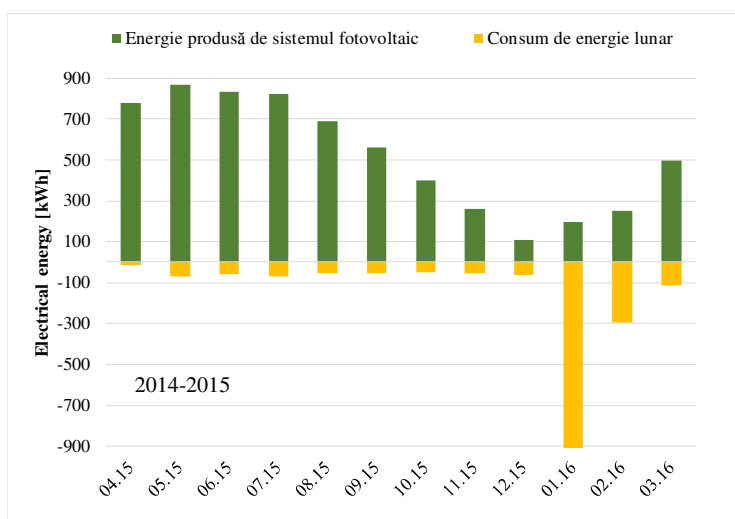


Figura 9 Consumul și producția lunară totală de energie – Aprilie 2015 – Martie 2016

V.2. Achiziția sistemului de monitorizare și a tuturor subansamblurilor, inclusiv softuri necesare (VI). Evaluarea ofertelor și achiziția echipamentelor.

În această etapă au fost achiziționate o serie de echipamente pentru inspecția și investigarea ferestrelor clădirilor eficiente energetic. În cazul clădirilor pasive și a celor cu consum de energie aproape zero, ferestrele joacă un rol foarte important întrucât acestea trebuie să contribuie la încălzirea pasivă în timpul iernii prin aporturile solare și totodată pierderile de căldură în zona ferestrelor trebuie minimizate. Echipamentele achiziționate permit determinarea performanțelor reale ale ferestrelor (atât pentru vitraj cât și pentru ramă), crescând astfel acuratețea rezultatelor din programele de analiză a performanței energetice a unei clădiri.

	
Echipament inspecție sticlă ferestre - Glass-Chek PRO Glass Thickness Meter & Low-E Detector	Echipament inspecție sticlă ferestre - Glass-Chek PRO Glass Thickness Meter & Low-E Detector
	
Echipament evaluare performanțe ferestre - Window Energy Meter Preferred Sales Kit	Instrument inspecție sticlă- R-CHEK Surface Resistivity Meter
	
Echipament de măsurare transmisie solară ferestre Solar and UV Transmission Meter	Instrument testare eficiență ferestre - Window Energy Profiler "In-Frame" Window Tester
	
Echipament pentru determinarea caracteristicilor ferestrelor Solar Spectrum Transmission Meter	

V.3. *Evaluarea costului global al investiției și duratei de viață a construcției (II). Analiza costului global al investiției, coeficientului de analiză cost-beneficiu, amortizare investiție pentru NZEB, amortizare optimizare investiție*

Implementarea măsurilor de eficiență energetică pentru a realiza clădiri precum casa pasivă și clădirea cu consum de energie aproape zero presupune o investiție inițială mai consistentă decât investiția inițială într-o clădire tradițională. Evaluarea costului global sau al costului pe ciclul de viață este o metodă

economică de evaluare a proiectelor în care toate costurile proiectului (construcție, exploatare, mentenanță și chiar scoaterea din uz) sunt considerate a fi importante în luarea unei decizii. Costul global a fost calculat pentru casa nZEB în comparație cu o clădire tradițională pentru a vedea în cât timp se recuperează investiția inițială. Au fost luate în considerare: investiția inițială, costurile cu energia, costurile de întreținere/mentenanță, costuri de înlocuire.

Calculul costului global (life cycle cost) se face în baza următoarei formule de calcul:

$$LCC = C_{INV} - \frac{C_{REZ}}{(1 + \alpha)^{30}} + \sum_{i=0}^{30} \frac{C_{INC}^i + C_M^i + C_E^i}{(1 + \alpha)^i}$$

C_{INV}^i – Costul inițial

C_M^i – costuri anuale de întreținere

C_{REZ}^i – Costuri reziduale

C_E^i - costuri anuale cu energia consumata

Tabel 2. Date de intrare utilizat în calculul costului global

Date de intrare	
Rata de actualizare	5%
Rata de creștere a prețului energiei	2%
Perioada de analiză	30 ani
Prețul energiei electrice	0,12 EURO/kWh

În figura 10 este prezentată variația în timp a costurilor pentru cele două tipuri de clădiri analizate. Observăm că deși investiția inițială în casa nZEB este mai mare, după aproximativ 10 ani, costul global al casei tradiționale depășește costul global al casei nZEB.

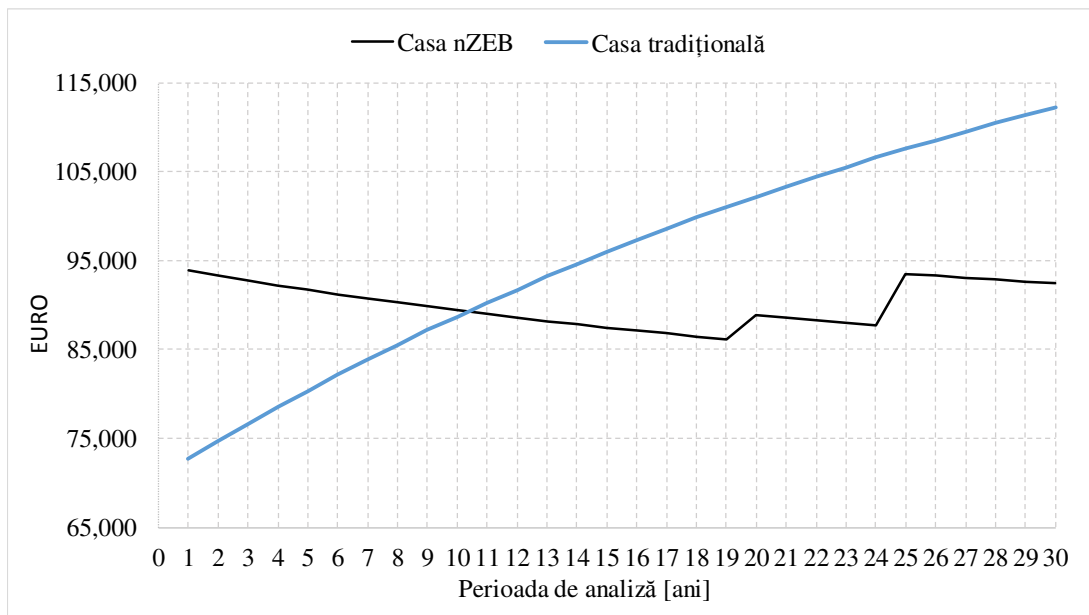


Figura 10 Variația costului global pe perioada de analiză considerată – 30 ani

Având în vedere faptul că evaluarea costului global cere o serie de presupuneri legate de ce se va întâmpla în viitor și de modul în care vor evolua prețurile și economia, rezultatele includ o doză de risc și incertitudine. Pentru a elimina din aceste riscuri și incertitudini, a fost efectuată o analiză de sensibilitate. Analiza de sensibilitate e întreprinsă pentru a examina modul în care variațiile într-o serie de incertitudini afectează valoarea relativă a opțiunilor examinate. Această tehnică permite identificarea datelor de intrare care au cel mai mare impact asupra rezultatelor finale ale analizei costului global. În acest studiu este

efectuată o analiză de sensibilitate pentru variații ale ratei de actualizare. Sunt efectuate calcule la rate de actualizare de 2%, 5%, 7%. Analiza de sensibilitate la rata de actualizare arată că odată cu creșterea ratei de actualizare și scade costul global. În toate cele 3 situații de analiză, costul global al casei nZEB este mai mic decât al casei tradiționale (Figura 11).

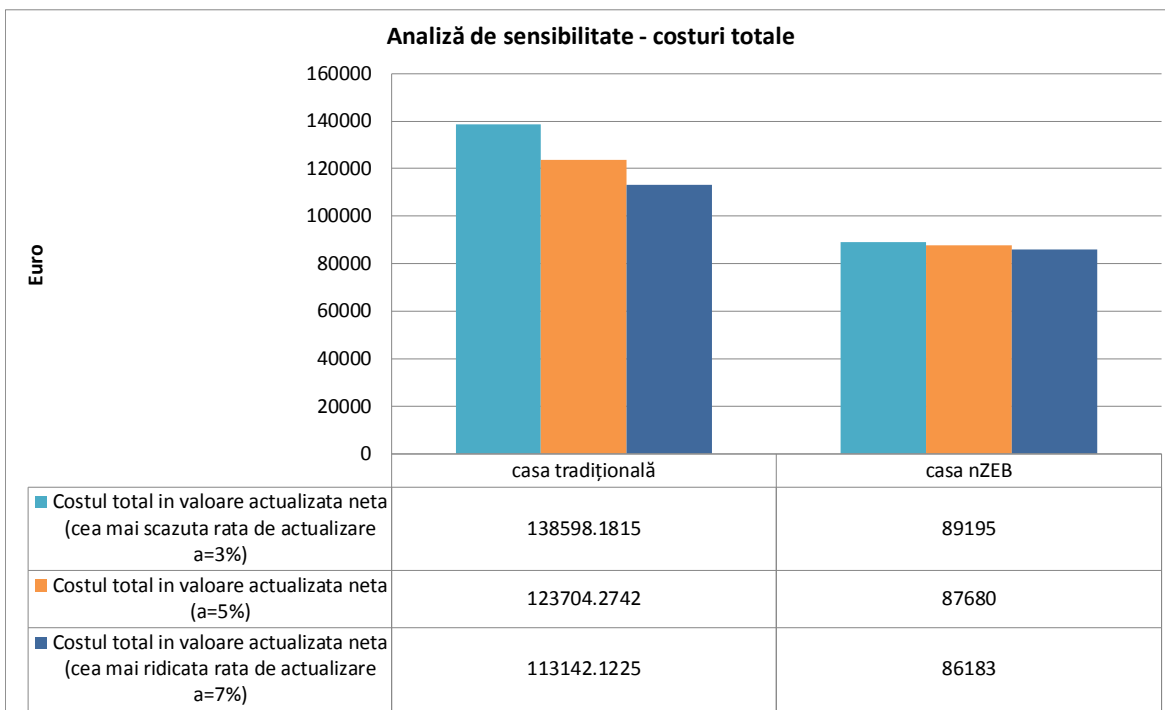


Figura 11 Analiza de sensibilitate la variația ratei de actualizare costuri totale

V.4. Elaborarea unui ghid util pentru proiectanți și cercetători privind sistemele NZEB. Elaborarea unui ghid de recomandări bazat pe cercetarea experimentală. Elaborarea detaliilor de alcătuire specifice NZEB pentru ghidul de proiectare.

Scopul principal al prezentului proiect de cercetare constă în validarea unor soluții pentru realizarea clădirilor pasive și a clădirilor cu consum de energie aproape zero folosind experiența acumulată cu duplexul studiat în acest proiect. În cadrul Directivei privind Performanța Energetică a Clădirilor, clădirea cu consum de energie aproape zero sau **nearly zero energy building** (nZEB) este definită ca fiind o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care necesarul de energie din surse convenționale este aproape egal cu zero sau este foarte redus și este acoperit, în cea mai mare parte, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere [referința directiva]. În cadrul acestui proiect, casa cu consum de energie aproape zero a fost realizată plecând de la standardul de casă pasivă ca nivel de eficiență energetică pentru care a fost implementat un sistem de panouri fotovoltaice care să acopere consumul de energie al casei.

Realizarea unei case pasive, respectiv a unei clădiri cu consum de energie aproape zero, presupune în primul rând o proiectare judicioasă urmată de execuție urmărită și coordonată de specialiști.

În figura 12 sunt prezentate schematic principiile și modul de funcționare a case pasive și a clădiri cu consum de energie aproape zero studiate în acest proiect.

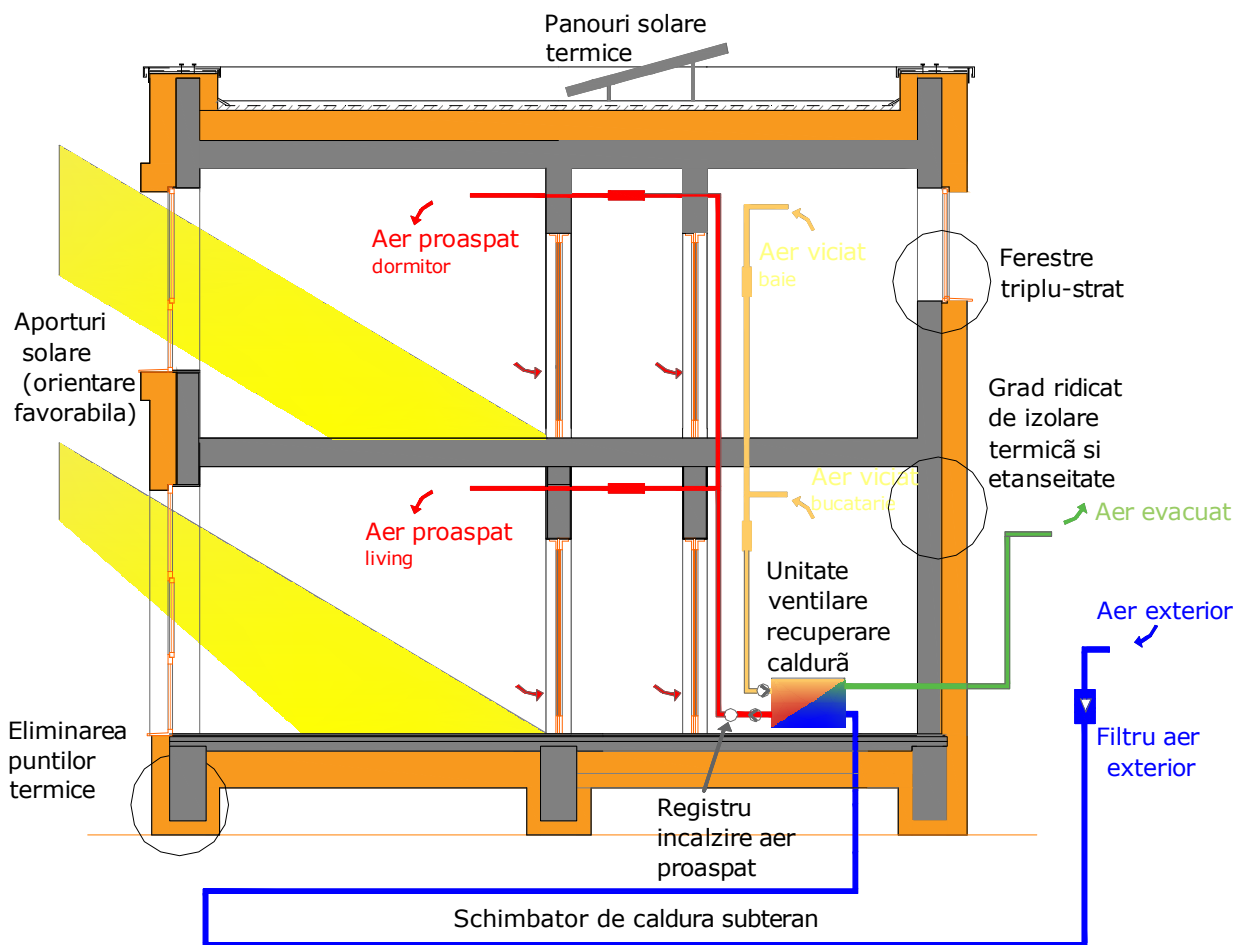


Figura 12 Reprezentarea schematică a principiilor și modului de funcționare în cazul unei case pasive

Elaborarea ghidului de recomandări se face detaliind principiile de proiectare listate în Tabelul 3. Aceste principia au fost stabilite în urma unui studiu bibliografic complex și în baza experienței cu proiectarea duplexului din Timișoara. În cadrul îndrumătorului, principiile enumerate în Tabelul 3 vor fi definite și descrise detaliat astfel încât să reprezinte un ghid util și practic în vederea proiectării unei clădiri cu consum de energie aproape zero. Îndrumătorul cuprinde totodată un capitol cu studii de caz în care sunt prezentate detaliat etapele de realizare a duplexului studiat în cadrul proiectului NEZEBUILD.

Tabel 3 Principiile de proiectare a unei case pasive și a unei clădiri cu consum de energie aproape zero

Măsura/soluția		Standard casă pasivă	Observații
<u>Anvelopă termică performantă, grad ridicat de izolare termică</u>	Izolație elemente anvelopă opace	$U \leq 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Obiectivul protecției termice ridicate constă în a reduce atât de mult pierderile de căldură astfel încât aportul de energie solară și aporturile energetice interne să acopere în mare parte necesarul de energie pentru încălzire al clădirii, rămânând un necesar extrem de redus de energie pentru încălzire. Anvelopa termică eficientă trebuie completată de o formă compactă astfel încât suprafața prin care are loc transferul de căldură să fie cât mai redusă.
	Ferestre, uși exterioare	$U \leq 0.80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
	Punți termice	Coeficient specific linear de transfer termic: $\psi \leq 0.01 \text{ W}/(\text{mK})$	-
	Etanșeitate	Număr de schimburi de aer/oră $n_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$	Etanșeitatea anvelopei trebuie testate printr-un test de presurizare.
<u>Recuperarea căldurii/sistem de încălzire eficient/calitatea aerului</u>	Ventilare cu recuperarea căldurii	Eficiență recuperare căldură $\geq 75\%$	Ventilatorul eficient energetic atrage aerul uzat din bucătărie, baie și toaletă și îl suflă spre exterior. Un al doilea ventilator introduce aer curat în dormitoare și camera de zi. Cele două fluxuri de aer sunt trecute într-un schimbător de căldură astfel încât căldura din aerul uzat să asigure preîncălzirea aerului proaspăt. Consumul de energie electrică al sistemului de ventilație nu trebuie să depășească $0.45 \text{ Wh}/\text{m}^3$
	Reducerea necesarului de încălzire	Preîncălzirea aerului prin schimbător de căldură subteran	
	Sisteme de încălzire eficiente	Pompă de căldură, biomasă etc.	
	Asigurarea calității aerului prin rata de ventilare	Min. $30 \text{ m}^3/\text{per}/\text{h}$	
<u>Preparare apă caldă menajeră utilizând sisteme eficiente</u>		Sistem de panouri solare termice. Pompă de căldură	În general sunt utilizate captatoare solare cu tuburi vidate, având dimensiuni impuse de suprafața disponibilă pe acoperișul clădirii.
<u>Aporturi solare</u>	Sticlă performantă ferestre	Permisivitate energie solară $g \geq 50\%$	Suprafețele vitrate aduc aporturi solare de 50-55%. Radiația solară contribuie semnificativ la reducerea necesarului de încălzire a spațiilor. Orientarea spre sud a suprafețelor vitrate mari, astfel încât câștigurile de energie solară să fie optime. Suprafețele vitrate de pe fațadele
	Orientare favorabilă	Suprafețe vitrate mari orientate spre sud, evitarea suprafețelor vitrate	

			spre nord	însorite (est, vest, sud) au dispozitive de protecție solară pentru a preveni supraîncălzirea clădirii pe durata verii.
<u>Utilizarea echipamentelor electrice eficiente energetic</u>				
<u>Modelarea energetică în Passive House Planning Package</u>	Necesar de energie pentru încălzire	15 kWh/(m ² an)	Sarcina termică specifică a sursei de încălzire pentru a atinge temperatura de proiectare (20 °C) este limitată la 10 W/m ²	
	Sarcina termică	10 W/m ²		
	Energie primară totală	120 kWh/(m ² an)		
<u>Implementare sisteme de producere a energiei din surse regenerabile care să acopere mare parte din necesarul casei.</u>				

V.5. *Evaluarea ciclului de viață utilizând programul specializat SimaPro (scenariul II). LCA cu ajutorul programului Simapro cu diferite scenarii de recuperare a materialelor și gestionarea deșeurilor*

Pentru a evalua impactul asupra mediului pe termen lung al tendințelor actuale în construcții, este nevoie de a cuantifica nivelul efectelor negative a tehnologiei de construire, energiei și a obișnuințelor de utilizare a fondului construit. Metodologia LCA oferă posibilitatea analizării unui produs sau a unei unități funcționale în toate fazele relevante din cadrul ciclului de viață a acestuia. Deși aplicabilitatea acesteia permite utilizarea într-o gamă foarte variată de domenii și într-o multitudine de niveluri de complexitate, definirea scopului și domeniul de aplicare este esențial. Modul de abordare a analizei respective selecția datelor de intrare și ieșire este în directă concordanță cu scopul studiului și gama de rezultate vizate. Pentru a limita complexitatea analizei, un studiu preliminar este necesar pentru determinarea datelor relevante și astfel definind limitele impuse analizei. O unitate funcțională se poate construi prin definirea ansamblurilor, care la randul lor sunt alcătuite din procese unitare sau de rețea. Complexitatea clădirilor din punct de vedere al proceselor și substanțelor necesită o atenție specială a bazei de date de procese de ciclu de viață. Deși bazele de date cuprind procese care definesc tehnologii cu specific local, există un neajuns în ceea ce privește accesul la date precise în țări mai puțin dezvoltate economic. Ciclul de viață "cradle to grave" este completat prin definirea unui scenariu de sfârșit-de-viață în care unitatea funcțională este reutilizată, reciclată sau eliminat. Scenariile de sfârșit-de-viață sunt direct influențate de obiceiuri și legislație locală dar de asemenea prezintă un nivel de incertitudine deoarece nu se poate confirma, la momentul studiului, că aceste scenarii se vor pune în aplicare.

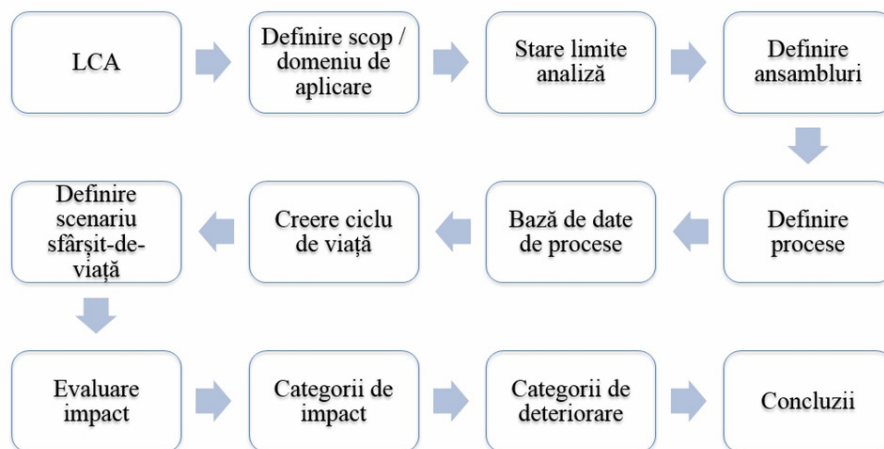


Figura 13 Concept analiză ciclu de viață

Analiza categoriilor de impact în ceea ce privește utilizarea resurselor, influența asupra sănătății umane și deteriorarea mediului înconjurător, se poate realiza cu o gamă de metode LCA. Categoriile de deteriorare, incluse în fiecare metodă, pot să ofere date despre modul în care ciclul de viață a unității funcționale influențează categorii mai specifice precum: apă, combustibili fosili, schimbarea climatică, stratul de ozon, etc. Substanțele și emisiile provenite din procesele definite și cuantificate sunt asociate cu categoriile de impact și deteriorare analizate, astfel oferind o măsură a efectelor acestora. Prin utilizarea caracterizării, normalizării și ponderării, un anumit număr de factori sunt utilizați pentru aducerea rezultatelor la o formă comună și comparabilă. Fiecare substanță și emisie are o influență și pondere diferită asupra fiecărei categorii. LCA poate fi utilizat în etapa de proiectare a unei unități funcționale și care poate oferi o imagine a impactului asupra mediului dar și permite realizarea comparațiilor între soluții respectiv a descoperi moduri de a reduce influențele negative ale acestora.

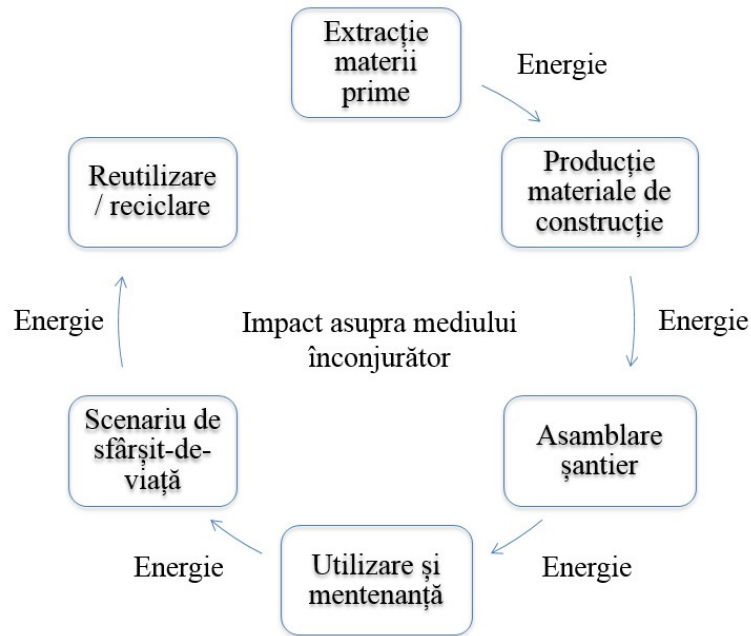


Figura 14 Ciclu de viață „cradle to grave”

Scopul studiului este identificarea impactului asupra mediului a unei clădiri rezidențiale unifamiliale cu consum de energie aproape egal cu zero. Analiza naștere-mormânt a unității funcționale, întreaga clădire, este realizată utilizând procese unitare Ecoinvent 2.2. Limitele analizei s-au definit datorită lipsurilor bazelor de date și a variației subiective, astfel eliminând din analiză elemente precum: instalații electrice, sanitare și termice, mobilier și finisaje interioare. Pentru definirea unității funcționale, s-au creat patru ansambluri: infrastructură, suprastructură, arhitectură și șantier. Primele patru ansambluri sunt compuse din procese materiale iar al patrulea este compus din procese de energie și transport pe șantier. Modelarea componentelor principale ale infrastructurii și suprastructurii presupune luarea în considerare a proceselor materiale precum: beton, oțel, cărămidă, mortar de ciment, polistiren, sticlă, profile tâmplărie, uși, etc. Având în vedere faptul că această clădire este deja construită, cantitățile de materiale utilizate sunt cunoscute.

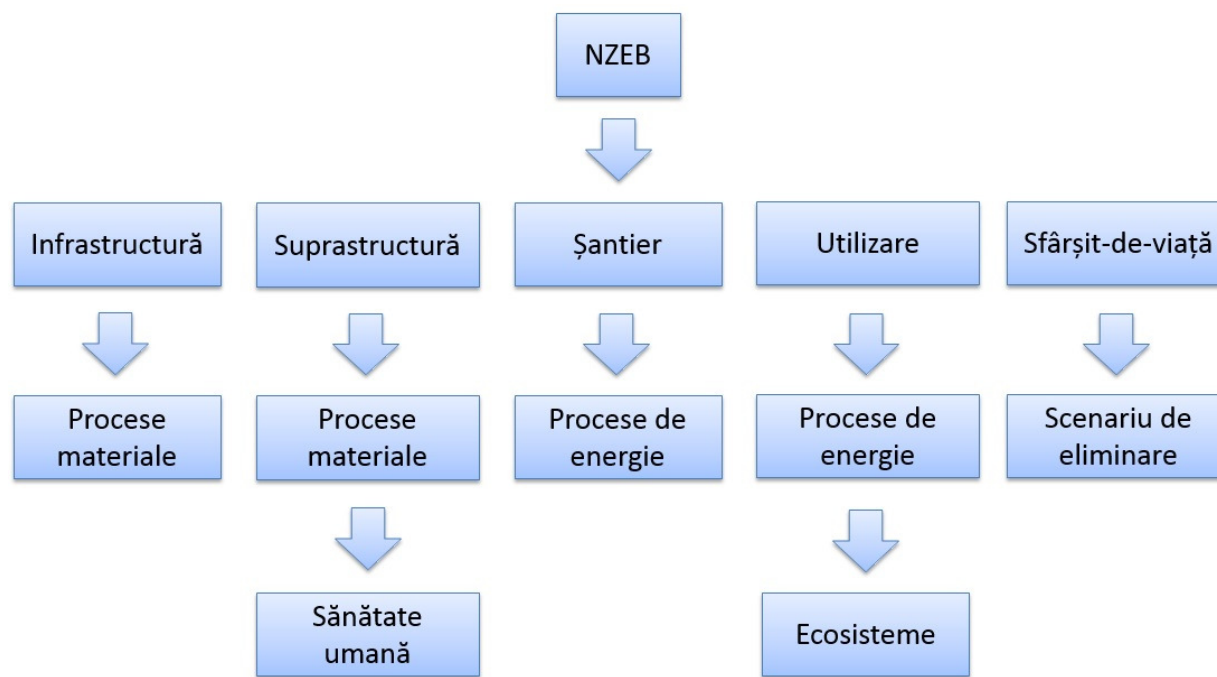


Figura 15 Modelare unitate funcțională

Scenariul de utilizare constă în evaluarea consumurilor de energie pentru asigurarea utilităților necesare funcțiunii rezidențiale precum și presupuneri de schimbare a unor materiale pe durata de viață a construcției. În consecință, energia utilizată pentru încălzire, răcire, iluminat, apă caldă menajeră, ventilare, utilizarea aparatelor casnice este măsurată cu exactitate cu contoare de energie. Această precizie nu este posibilă pentru scenariul de schimbare pentru că pe durata a 50 de ani de viață a clădirii, materialele precum polistirenul, plăcile de gips-carton și elementele de bitum sunt presupuse a fi schimbate în proporție de 50% iar materialele precum profilul PVC a tâmplăriei, sticla și elementele de oțel sunt presupuse a fi schimbate în proporție de 100%. Pentru a completa ciclul de viață, un scenariu de sfârșit-de-viață este creat prin considerarea tendințelor locale. Metoda ReCiPe Endpoint H/A este utilizată pentru determinarea impactului asupra mediului înconjurător a clădirii respectiv a componentelor sale principale asupra sănătății umane și asupra ecosistemelor. Obiectivul este de a analiza rezultatele și a determina care ansambluri și procese au influența negativă cea mai pronunțată a impactului ciclului de viață a clădirii asupra mediului înconjurător.

Tabel 4 Scenariu de reutilizare a materialelor la scoaterea din uz a clădirii

Material	Scenariu sfârșit-de-viață	Material	Scenariu sfârșit-de-viață
beton	100% eliminat	bitum	80% reciclat / 20% deșeu
armătură	70% reciclat / 30% deșeu	profile PVC	100% reciclat
polistiren	100% <u>incinerare</u>	sticlă	100% reciclat
mortar de ciment	100% eliminat	plastic	80% reciclat / 20% deșeu
căramidă	30% reciclat / 70% deșeu	zinc	100% reciclat
nisip	60% reciclat / 40% deșeu	oțel	100% reciclat
pietriș	60% reciclat / 40% deșeu	placă gips-carton	30% reciclat / 70% deșeu

Mentenanța și utilizarea clădirii poate să reprezinte o parte dominantă a impactului asupra mediului înconjurător a clădirii. În consecință, datele colectate în timp real de către sistemul de monitorizare a consumurilor energetice a clădirii sunt utilizate. Deși consumurile de energie calculate în faza de proiectare sunt apropiate de realitate, un număr de parametri care influențează rezultatul real, nu poate fi evaluat precis utilizând metodologia locală. Temperatura exterioară utilizată este o valoare bazată pe măsurători statistice iar temperaturile interioare convenționale de calcul poate să difere ușor prin preferințele subiective ale utilizatorilor. De asemenea, aporturile interne de căldură sunt dificil de evaluat precis deoarece numărul de zile și ore în care ocupații sunt prezenți în clădire este neregulat. Măsurătorile pe durata a unui an complet ne oferă date precum: consum de energie de aproximativ 4500 kWh respectiv producție de energie de aproximativ 6180 kWh dar cu o eficiență de utilizare de 30% datorită lipsă de soluții economice de stocare a energiei la nivel rezidențial. Datele energetice utilizate în studio sunt bazate pe măsurători care țin cont de caracteristicile sistemului local de distribuție a energiei respectiv de caracteristicile producției la fața locului. Considerând ansamblurile de infrastructură și suprastructură, impactul asupra sănătății umane și ecosistemelor este influențat în mod similar de către materialele principale componente. Având în vedere faptul că aceste ansambluri sunt compuse în principal de material de structură, elementele pe bază de ciment se arată a fi predominante din punct de vedere al impactului datorită procesului de producție respectiv cantității utilizate. De asemenea, și efectul celorlalte componente este relevant fiind semnificative în cantitate dar cu efect specific scăzut (cărămidă) respectiv fiind reduse în cantitate dar cu efect specific ridicat (polistiren și oțel). Soluțiile constructive utilizate pentru rezolvarea cerințelor structurale ale clădirii sunt în corelare cu tendințele locale și dimensiunile rezultate ale elementelor sunt în proporție adecvată și eficientă din punct de vedere al consumului de material. Este puțin probabil ca în urma unei redimensionări ale structurii, pentru aceste tipuri de soluții, să se obțină valori semnificativ îmbunătățite a impactului asupra mediului înconjurător al acestor două ansambluri.

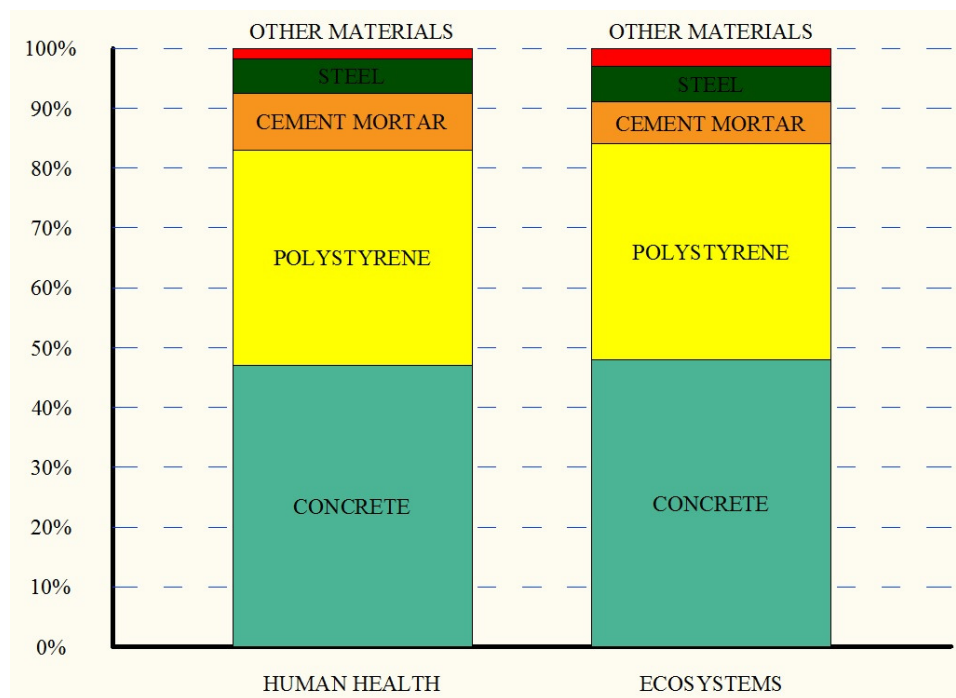


Figura 16 Analiză impact infrastructură

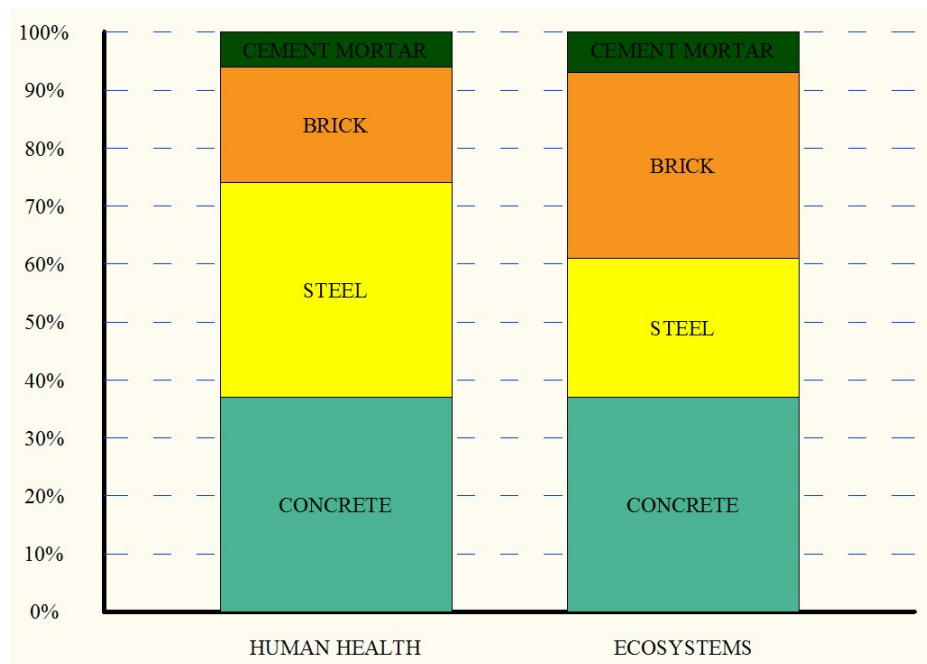


Figura 17 Analiză impact suprastructură

Ansamblul de arhitectură este compus din: termoizolație, șapă de mortar, ferestre, sticlă, plăci de gips-carton, uși de interior, învelitoare, etc. Rezultatele arată că în cazul ambelor categorii de impact, polistirenul utilizat pentru termoizolare este în mod preponderent cel mai nociv component (70%). Deși în comparație cu alte clădiri construite în soluții tradiționale, cantitatea de material termoizolator este aproape de trei ori mai mare, efectul global al utilizării acestui material este relativ redus. Schimbarea soluțiilor constructive structurale și utilizarea unui material termoizolator diferit poate fi o soluție pentru reducerea impactului clădirii studiate dar numai atâta timp cât se adoptă alte soluții pentru a reduce diferența dintre procesele de energie și de material.

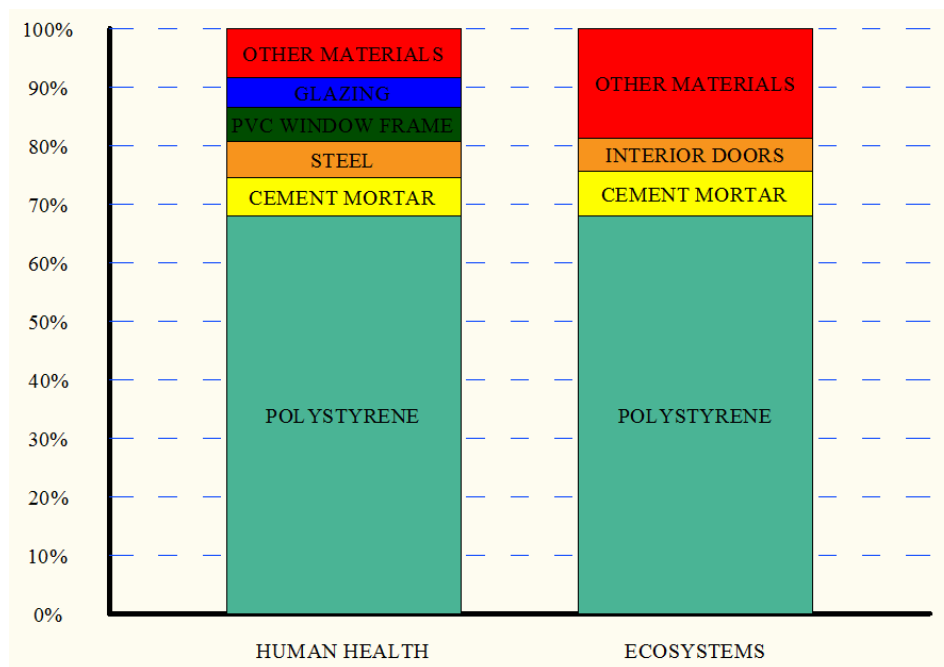


Figure 18 Analiză impact arhitectură

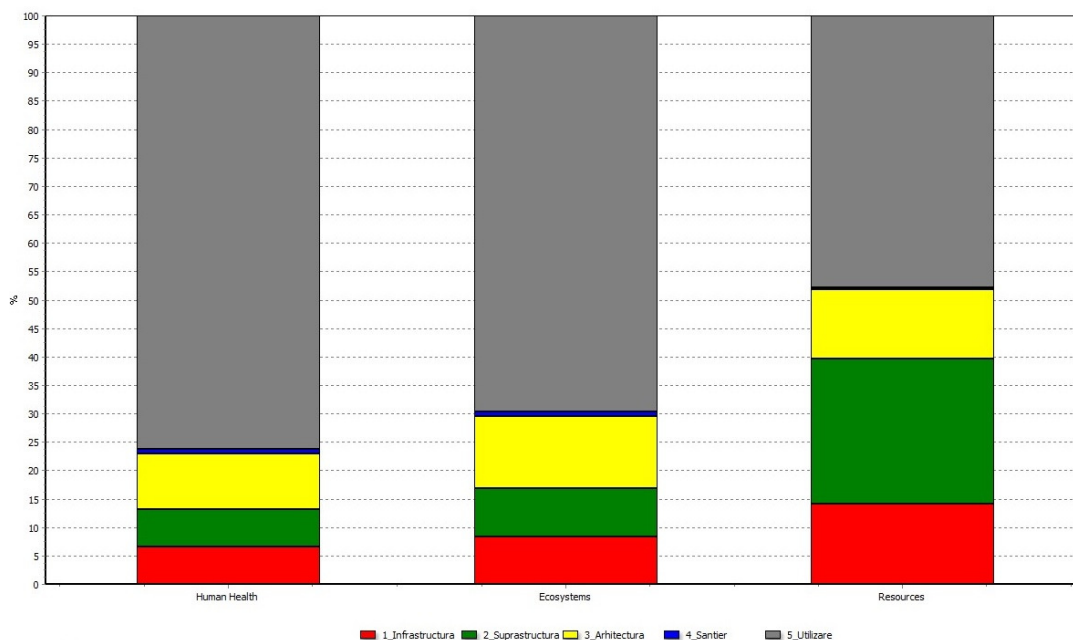


Figure 19 Analiză impact ciclu de viață NZEB

Analiza întregului ciclu de viață a unității funcționale scoate în evidență efectul predominant al fazei de utilizare (70-75%). Ansamblurile de construcție au impacturi mai reduse în categoriile de impact considerate: sănătatea umană respectiv ecosisteme. Pentru a îmbunătăți impactul clădirii, o atenție sporită trebuie acordată pentru modificarea bilanțului energetic a clădirilor. Deși faza de utilizare este de aproximativ trei ori mai mare decât toate celelalte ansambluri adunate în cazul NZEB, pentru clădirile tradiționale în care consumurile energetice sunt mult mai mari, diferența dintre procesele de energie și de material este și mai pronunțat. Prin evaluarea întregului ciclu de viață, concluzia principală este că deși soluțiile NZEB necesită o cantitate mai redusă de energie, aceasta este în continuare factorul predominant în toate categoriile de impact. În categoriile de sănătate umană și ecosisteme, proporția fazei de utilizare este dominantă cu 70-75%. Această magnitudine se poate explica prin faptul că sistemul fotovoltaic prezintă o eficiență nesatisfăcătoare de 30% și deși consumurile sunt scăzute, o mare parte din acesta este achiziționată de la sistemul național de distribuție iar excesul de producție este livrat în sistemul public. În momentul de față, nu există soluții potrivite și accesibile financiar pentru stocarea energiei la nivel rezidențial. Procesele materiale cuantificate care au un impact mai semnificativ în toate categoriile sunt cele care au la bază cimentul precum betonul și mortarul, respectiv polistirenul, cărămidă și oțelul. Cantitățile de materiale utilizate în toate ansamblurile sunt relevante în analiză dar tot rămân mai puțin importante decât procesele de energie. În consecință, pentru a reduce impactul întregii clădiri, atenția la detaliu trebuie acordată fazei de utilizare. Pentru obținerea unor date mai precise și de încredere, sistemele de măsurare și monitorizare a consumurilor de energie pot reprezenta o modalitate de a reduce diferența dintre modelele de proiectare și rezultatele din timp real. LCA poate să reprezinte o unealtă utilă care să asigure date relevante în ceea ce privește impactul asupra mediului a mediului construit. Evaluări ale modalităților de îmbunătățire a economiilor de energie și exemple tangibile de asemenea proiecte puse în opera pot face diferența în lupta de scădere a poluării, asigurarea unui climat mai curat și sănătos și creșterea conștientizării asupra protecției mediului.

V.6. Analiza cost-beneficiu amortizare investiție pentru NZEB (II). Evaluarea parametrilor investiției și rentabilității

Conform documentului național 'GHID NAȚIONAL PENTRU ANALIZA COST – BENEFICIU', analiza cost – beneficiu (ACB) este un instrument analitic, utilizat pentru a estima (din punct de vedere al beneficiilor și costurilor) impactul socio-economic datorat implementării anumitor acțiuni și/sau proiecte.

Impactul trebuie să fie evaluat în comparație cu obiective predeterminate, analiza realizându-se în mod uzual prin luarea în considerare a tuturor indivizilor afectați de acțiune, în mod direct sau indirect. Astfel, ACB este metodă cantitativă de estimare a dezirabilității unui proiect pe baza calculului raportului dintre costurile și beneficiile viitoare.

Etapele realizării ACB:

1. analiza costurilor și beneficiilor

2. calculul valorii nete prezente

3. prezentarea riscurilor și incertitudinilor care pot contribui la modificarea în timp a valorilor estimate

ACB are la bază calculul valorii nete actualizate atât a costurilor cât și a beneficiilor unui proiect. Beneficiile proiectului trebuie să depășească costurile proiectului și, mai specific, valoarea actualizată a beneficiilor economice ale proiectului trebuie să depășească valoarea actualizată a costurilor economice ale proiectului. Principalul indicator pentru analiza cost-beneficiu este Raportul Beneficiu/Cost (B/C). Dacă raportul $B/C > 1$, proiectul este corespunzător deoarece beneficiile sunt mai mari decât costurile.

Tabel 5 Indicator de performanță în analiza cost-beneficiu pentru casa nZEB

Indicator	Valoare calculată	Unitate de măsură
Raportul Beneficiu/Cost (B/C)	1.42	-

Pentru a se putea calcula valoarea prezentă a costurilor și beneficiilor viitoare s-a folosit rata de actualizare. Pentru analiză se consideră o perioadă de analiză de 30 de ani și o rată de actualizare de 5%. Cuantificarea beneficiilor s-a făcut luând în considerare beneficiile financiare rezultate în urma reducerii consumului de energie al clădirii prin măsurile de eficiență energetică și totodată beneficiile financiare rezultate în urma recompensării energiei electrice produse de panourile fotovoltaice și introdusă în rețea. Cuantificarea costurilor s-a făcut luând în considerare doar costurile suplimentare rezultate din implementarea măsurilor de eficiență energetică specifice pentru casa cu consum de energie aproape zero comparativ cu o clădire tradițională.

C. Rezultatele etapei, gradul de realizare a obiectivelor și modul de diseminare a rezultatelor

Toate activitățile etapei au fost realizate în totalitate, obiectivele stabilite inițial au fost îndeplinite, realizându-se premisele pentru continuarea activității științifice în anul următor conform cu propunerea și planul de realizare al proiectului.

Mobilitățile efectuate au urmărit cu prioritate participarea la manifestări științifice organizate de asociații profesionale recunoscute urmate de vizite ale unor obiective construite în varianta de eficiență energetică ridicată.

Au fost elaborate mai multe lucrări științifice publicate pe plan național și internațional respectiv au fost trimise pentru recenzie rezumate la manifestări științifice care vor avea loc în anii următori. Lucrările publicate sau aflate în procesul de publicare/recenzie pe parcursul acestei etape sunt:

Lucrări științifice

Dan D., Tanasa C., Stoian, V., Brata, S., Stoian D., Nagy-Gyorgy T., Florut S.C., “PASSIVE HOUSE DESIGN-AN EFFICIENT SOLUTION FOR RESIDENTIAL BUILDINGS IN ROMANIA”, *Energy for Sustainable Development*, ISSN: 0973-0826, Vol. 32, Iunie 2016, pp. 99-109.

Tanasa C., Fofiu M., Stoian D., Stoian V., Dan D., “AIR TIGHTNESS MEASUREMENTS FOR AN ENERGY EFFICIENT RESIDENTIAL HOUSE USING THE BLOWER DOOR PROCEDURE”, *Conferinta Modern Technologies for the 3rd Millenium- 27-28 Noiembrie 2015-Oradea*, ISBN 978-88-7589-724-8. Tipărit în februarie 2016.

Silviana Brata, Victoria Cotorobai, Cristina Tanasa, Daniel Dan, Dan Stoian, Valeriu Stoian, "DIFFERENCES BETWEEN THE FIVE CLIMATIC ZONES OF ROMANIA REGARDING THE DESIGN AND ENERGY REQUIREMENTS OF AN ENERGY EFFICIENT HOUSE", *Revista romana de Inginerie Civila* 2/2016, ISBN:2068-3987.

Silviana Brata, Carmen Maduta, S. Pescari, "STEADY- STATE THREE - DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF HEAT TRANSFER FOR THERMAL BRIDGES ASSESSMENT". *Journal Of Applied Engineering Sciences*, VOL. 6, ISSUE 1/2016, pp. 17-22, ISSN (Online) 2284-7197, ISSN (Print) 2247-3769, DOI: [10.1515/jaes-2016-0008](https://doi.org/10.1515/jaes-2016-0008), June 2016.

Boros I., Nagy-György T., "ENERGY EFFICIENT SCHOOL BUILDING HVAC MONITORING PLAN", *20th International Conference on Civil Engineering and Architecture - ÉPKO 2016, Miercure-Ciuc, 2016*, ISSN 1843-2123, pp 28-32.

Ioan Sarbu, Calin Sebarchievici, "PERFORMANCE EVALUATION OF RADIATOR AND RADIANT FLOOR HEATING SYSTEMS FOR AN OFFICE ROOM CONNECTED TO A GROUND-COUPLED HEAT PUMP". *Energies*, ISSN 1996-1073, Vol. 9, Nr. 4, Apr. 2016, pp. 1-19.

Cristina Tănăsă, Iosif Boroș, Valeriu Stoian, "URMĂRIREA EXTINSĂ A PARAMETRIILOR DE CONFORT INTERIOR ÎNTR-O CLĂDIRE CU FUNCȚIUNI MULTIPLE", *Buletinul Informativ al Comisiei Naționale de Comportare In Situ a Construcțiilor*. ISSN 1584-6687, Nr.3 Mai-Iunie 2016.

Calin Sebarchievici, Ioan Sarbu, Mariela Gacica, "UTILIZAREA POMPEI DE CALDURĂ PENTRU PREPARAREA APEI CALDE DE CONSUM SI PANOURILOR FOTOVOLTAICE ÎN SCOPUL REDUCERII CONSUMULUI DE ENERGIE A CASELOR APROAPE ZERO ENERGIE", *Conferinta nationala cu participare internationala – Instalatii pentru constructii si confortul ambiental, Timisoara, 14-15 Aprilie 2016*, pp. 476-483. ISSN: 1842-9491.

Calin Sebarchievici, Ioan Sarbu, "PERFORMANCE EVALUATION OF AN AIR-TO-WATER HEAT PUMP SYSTEM IN DOMESTIC HOT WATER OPERATION FOR A PASSIVE HOUSE", *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016*, www.sgem.org, *SGEM2016 Conference Proceedings*, ISBN 978-619-7105-63-6 / ISSN 1314-2704, June 28 - July 6, 2016, Book4 Vol. 1, 519-524 pp.

Cristina Tanasa, Valeriu Stoian, Dan Stoian, Daniel Dan, "CONCEPT AND MONITORING STRATEGY OF A RESIDENTIAL BUILDING DESIGNED AS A NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING", *YRSB16 – iiSBE Forum of Young Researchers in Sustainable Building 2016*, 21st June 2016, Praga, Cehia, ISBN 978-80-01-05979-1, pp. 280-289.

Simon Pescari, Carmen Măduța, Valeriu Stoian, Daniel Dan, "EFFICIENCY ASSESSMENT OF VARIOUS SOLUTIONS FOR THE THERMAL REHABILITATION OF MULTI-STOREY BUILDINGS", *Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure: Proceedings of the Fifth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016)*, 16-19 October 2016, Delft, The Netherlands, ISBN 9781138028470.

I. Boros, K. Schmiedt, C. Tanasa, T. Nagy-Gyorgy, D. Dan, V. Stoian, 'REAL TIME THERMAL ANALYSIS OF AN EXTERIOR WALL SOLUTION USED AS ENVELOPE FOR AN ENERGY EFFICIENT BUILDING', *International Journal of Energy and Environment 2016 (INASE Conferences in Rome, Italy (November 5-7, 2016) – in curs de publicare.*

Postere

Dan STOIAN, Cristina TĂNASĂ, Valeriu STOIAN, Daniel DAN, 'DESIGN, TECHNOLOGIES AND MONITORING OF A NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING', Poster Presentation, European Advanced Materials Congress - 2016, Sweden

Cristina TĂNASĂ, Carmen MĂDUȚA, Valeriu STOIAN, Daniel DAN, Simon PESCARİ, Dan STOIAN, 'EXPERIENCES AND RESULTS WITH THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM INTEGRATED IN A PASSIVE HOUSE', Poster Presentation, Advanced Building Skins - 2016, Bern, Switzerland.

Cărți

Pe baza datelor experimentale obținute în proiect și a echipamentelor achiziționate din fondurile acestuia au fost actualizate o serie de proceduri de încercări de laborator referitoare la eficiența energetică a clădirilor și elaborate o serie de exemple de calcul cuprinse în lucrarea de specialitate:

Sorin Codruț FLORUȚ, Daniel DAN, Cristina TĂNASĂ, 'BUILDING PHYSICS. EXPERIMENTAL WORK AND ANALYTICAL EXAMPLES', EDITURA POLITEHNICA, ISBN 978-606-35-0063-3, 2016. (in English)

Denumirea indicatorilor		UM/an
Indicatori de proces	Numarul de proiecte realizate in parteneriat international	No.
	Mobilitati interne	Luna x om 0,16
	Mobilitati internationale	Luna x om 0.73
	Valoarea investitiilor in echipamente pentru proiecte	Mii lei 46,85
	Numarul de intreprinderi participante	No. 0
	Numarul de IMM participante	No. 1
Indicatori de rezultat	Numarul de articole publicate sau acceptate spre publicare in fluxul stiintific principal international	No. 14
	Number of articles published in journals indexed AHCI or ERIH Category A or B (applies to the Humanities only)	No.
	Number of chapters published in collective editions, in major foreign languages, at prestigious foreign publishing houses (applies only to Social Sciences and Humanities)	No.
	Number of books authored in major foreign languages at prestigious foreign publishing houses (applies only to Social Sciences and Humanities)	No.
	Number of books edited in major foreign languages at prestigious foreign publishing houses (applies only to Social Sciences and Humanities)	No.
	Factorul de impact relativ cumulat al publicatiilor publicate sau acceptate spre publicare	No.4,356
	Numarul de citari normalizat la domeniu al publicatiilor	No.
	Numarul de cereri de brevete de inventie inregistrate (registered patent application), in urma proiectelor, din care:	No.
	- nationale (in Romania sau in alta tara);	No.
	La nivelul unei organizatii internationale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	No.
	Numarul de brevet de inventie acordat (granted patent), in urma proiectelor, din care:	No.
	- nationale (in Romania sau in alta tara);	No.
	La nivelul unei organizatii internationale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	No.
	Veniturile rezultate din exploatarea brevetelor si a altor titluri de proprietate intelectuala	Mii lei
	Veniturile rezultate in urma exploatarei produselor, serviciilor si tehnologiilor dezvoltate	Mii lei
	Ponderea contributiei financiare private la proiecte	1.65 %
	Valoarea contributiei financiare private la proiecte	2 Mii lei