



Contractul de finanțare nr. 760007 / 30.12.2022, cod. 6/16.11.2022

## **NetZeRoCities**

National Competence Center and solutions for the development of Climate  
Neutral and Smart Cities /  
Centrul Național de Competență și soluții pentru dezvoltarea orașelor  
climatice neutre și inteligente

### **Proiectul 3 – Smart and sustainable buildings**

---

Livrabil D2.1

**Research report on the materials and building services  
available on the market / Raport de cercetare privind  
materialele de construcții și tipurile de sisteme de instalații  
disponibile pe piață (română / engleză)**

---

**Responsabil:** *UTCB*

**Parteneri:** *UTCB, BTGR, UTCN*

**Versiunea:** v3

**Data:** 22.06.2023

**Nivel de diseminare:** Public



**Finanțat de  
Uniunea Europeană**  
NextGenerationEU



**Planul Național  
de Redresare și Reziliență**

#### Istoric document

Versiune document	Data versiune	Responsabil versiune	Scurtă descriere versiune
V0.1	2023/06/01 10:00	Ilinca Nastase	Structură document agreată de parteneri la întâlnirea tehnică a proiectului.
V0.2	2023/06/20 12:00	Ligia Moga/Andrei ceclan	Trimitere corecturi si comentarii
V0.3	2023/06/27 13:00	Cristiana Croitoru	Implementare feedback si trimiterea formei finale a documentului

## CUPRINS

### Colectiv de realizare :

#### P2 - UTCN

Ligia Moga - Conferențiar universitar  
Andrei Ceclan - Lector universitar

#### P3 - UTCB

Mihnea Sandu Conferențiar universitar  
Cristiana Croitoru Conferențiar universitar  
Ilinca Nastase Profesor universitar  
Florin Bode Conferențiar universitar  
Lucian Fechete Tutunaru Conferențiar universitar  
Horia Petran CS III  
Charles Berville Post-doctorand  
Răzvan Calota Lector universitar  
Andrei Bejan Post-doctorand  
Matei Georgescu Post-doctorand  
Paul Dancă Post-doctorand  
Anca Manolescu Lector universitar  
Alina Girip Lector universitar  
Nicoleta Tănase Lector universitar  
Alexandra Scupin Post-doctorand  
Alexandru Cernei Doctorand  
Alexandra Ene Doctorand  
Bogdan Gheorghe Doctorand

#### P9 - BTGR

Ghenadie Corotinschi - Cercetător științific în informatică  
Catalin Frâncu - Cercetător științific în informatică  
Daniil Canariov - Cercetător științific în informatică

Iosif Gârleanu  
Ionuț Onofrei  
Raluca Lordăchianu

- Tehnician energetician/electrician  
- Tehnician energetician/electrician  
- Asistent de cercetare în științe politice

□

|

## 1. Introducere

Acest raport extensiv își propune să exploreze și să evalueze varietatea de materiale de construcții și servicii disponibile pe piața construcțiilor de astăzi, cu un accent deosebit pe eficiența energetică a acestora, impactul asupra mediului și raportul cost-eficacitate. Această analiză va oferi perspective importante asupra stării actuale a industriei construcțiilor, informând factorii decizionali precum arhitecți, constructori, factori de decizie politică și părțile interesate deopotrivă.

Raportul se concentrează inițial pe cerințele privind eficiența energetică a clădirilor, atât la nivel național, cât și la nivel european. Pe măsură ce nevoia de conservare a energiei devine din ce în ce mai critică, aceste cerințe servesc drept cadre de reglementare esențiale pentru a se asigura că noile construcții îndeplinesc standardele necesare. Discuția va analiza specificul acestor cerințe, oferind o comparație cuprinzătoare între reperele europene și statutul pieței românești, contribuind la înțelegerea modului în care România se implică în îndeplinirea acestor obiective de mediu.

Impactul clădirilor asupra mediului reprezintă o preocupare semnificativă în abordarea globală împotriva schimbărilor climatice. Clădirile contribuie la aproape 40% din emisiile globale de gaze cu efect de seră atunci când se iau în considerare întregul lor ciclu de viață, de la construcție la exploatare și eventuala demolare. Al treilea capitol al acestui raport analizează amprenta ecologică a clădirilor, explorând modul în care diferite materiale și metode de construcție pot atenua acest impact, contribuind astfel la un mediu construit durabil.

Pentru a oferi o imagine echilibrată, acest raport va efectua, de asemenea, o analiză cost-beneficiu legată de mediul construit. Este esențial să înțelegem că, deși durabilitatea și responsabilitatea față de mediu sunt vitale, acestea trebuie să fie echilibrate în raport cu realitățile economice ale construcțiilor. Factori precum siguranța, durabilitatea, eficiența energetică și impactul asupra mediului vor fi examinați și ponderați în raport cu costurile asociate diferitelor materiale și metode de construcție. Această analiză va oferi o înțelegere clară a domeniilor în care se pot obține cele mai semnificative câștiguri atât în ceea ce privește costurile, cât și sustenabilitatea.

În continuare, raportul analizează reziliența și sustenabilitatea mediului construit. În fața schimbărilor climatice și a urbanizării, reziliența - capacitatea clădirilor și a infrastructurii de a rezista la șocurile de mediu și societale - a devenit o preocupare-cheie. Durabilitatea, pe de altă parte, se referă la viabilitatea ecologică, socială și economică pe termen lung a clădirilor și a comunităților. Raportul va evidenția modul în care materialele de construcții noi și proiectele arhitecturale inovatoare pot aborda aceste imperative duble, promovând un mediu construit care să fie atât rezilient, cât și durabil.

Raportul își va îndrepta apoi atenția către domeniul de vârf al materialelor inovatoare și al sistemelor de construcții. Această secțiune explorează modul în care aplicarea de noi materiale în structurile structura și anvelopa clădirilor și de noi sisteme revoluționarează industria construcțiilor. Aceasta va evidenția modul în care aceste materiale nu numai că îmbunătățesc performanța și durata de viață a clădirilor, ci contribuie, de asemenea, la eficiența energetică și la durabilitatea mediului. În plus, raportul analizează integrarea tehnologiilor inteligente în sistemele clădirilor, inclusiv sistemele de control, sistemele de iluminat și electrice, sistemele HVAC și sistemele de apă. Transformarea digitală a mediului construit are un potențial imens de optimizare a performanței clădirii, de îmbunătățire a confortului și satisfacției utilizatorilor și de reducere a impactului asupra mediului.

În concluzie, prezentul raport își propune să ofere o imagine de ansamblu cuprinzătoare a peisajului actual al materialelor și al serviciilor de construcții, cu accent pe eficiența energetică, durabilitatea mediului construit și viabilitatea economică a acestuia.

## 2. Eficiența energetică a clădirilor: Starea actuală la nivel european, cerințe naționale și europene, piața românească

### 1. Starea actuala la nivel european

La nivel european (European Commission, 2021) se estimează o contribuție a clădirilor la:

- 40 % din consumul de energie al UE
- 36 % din emisiile de gaze cu efect de seră emise în domeniul energetic

Prin urmare, îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor joacă un rol esențial în atingerea obiectivului ambițios de neutralitate a emisiilor de dioxid de carbon până în 2050, prevăzut în **Pactul ecologic european** (European Commission, 2023b).

În prezent, aproximativ 35 % din clădirile Uniunii Europene (UE) au o vechime de peste 50 de ani și aproape 75 % din parcul imobiliar este ineficient din punct de vedere energetic. Astfel de pierderi de energie pot fi reduse la minimum prin reabilitarea clădirilor existente, prin utilizarea unor soluții inteligente și materiale eficiente din punct de vedere energetic, atunci când se construiesc clădiri noi.

În plus, se preconizează că 85-95 % din din fondul de clădiri al UE vor fi utilizate și în anul 2050. Cu toate acestea, doar aproximativ 1% din parcul imobiliar este renovat în fiecare an.

Investițiile în eficiența energetică stimulează economia, în special industria construcțiilor, care generează aproximativ 9 % din PIB-ul Europei și reprezintă în mod direct 18 milioane de locuri de muncă directe. IMM-urile, în special, beneficiază de o piață stimulată a renovărilor, deoarece contribuie cu peste 70 % din valoarea adăugată în sectorul construcțiilor din UE.

Renovarea clădirilor existente ar putea reduce consumul total de energie al UE cu 5-6 % și ar putea reduce emisiile de dioxid de carbon cu aproximativ 5 %. Cu toate acestea, în medie, mai puțin de 1 % din parcul imobiliar național este renovat în fiecare an (ratele statelor membre variază de la 0,4 % la 1,2 %). Pentru a se îndeplini obiectivele în materie de climă și energie, ratele actuale de renovări ar trebui cel puțin să se dubleze.

În octombrie 2020, Comisia Europeană a publicat **Strategia de renovare** (European Council for an Energy Efficient Economy, 2023), care vizează cel puțin dublarea ratelor de renovare până în 2030 și îmbunătățirea eficienței energetice și a utilizării eficiente a resurselor clădirilor. Potrivit Comisiei, comisia prevede că, până în 2030, 35 de milioane de clădiri ar putea fi renovate și până la 160.000 de locuri de muncă suplimentare create în acest sector.

Comisia a introdus, de asemenea, un val de renovare a clădirilor publice și private, ca parte a Pactului ecologic european. Scopul său este de a lua măsuri suplimentare și de a crea condițiile necesare pentru a intensifica renovările și pentru a valorifica potențialul semnificativ de economisire al sectorului construcțiilor. În martie 2021, Comisia a lansat o consultare publică deschisă privind revizuirea **Directivei privind performanța energetică a clădirilor** (EPBD), în conformitate cu ambiția Pactului ecologic european de a atinge neutralitatea climatică până în 2050.

Pentru a stimula performanța energetică a clădirilor, UE a stabilit un cadru legislativ care include **Directiva 2010/31/UE** privind performanța energetică a clădirilor și **Directiva 2012/27/UE** privind competența energetică. Împreună, directivele promovează politici care vor contribui la:

- Realizarea unui parc imobiliar extrem de eficient din punct de vedere energetic și decarbonat până în 2050
- Crearea unui mediu stabil pentru investiții în acest sector
- Protecția consumatorilor și întreprinderilor astfel încât să facă alegeri bine informate pentru a economisi energie și bani.

Ambele directive au fost modificate în 2018 și 2019, ca parte a pachetului "**Energie curată pentru toți europenii**". Directiva privind Performanța energetică a clădirilor - EPBD (**2018/844/UE**) a introdus noi elemente în fostul **2010/31/UE** și transmite un semnal politic puternic cu privire la angajamentul UE de a moderniza sectorul clădirilor, având în vedere îmbunătățirile tehnologice și de a crește rata de renovare a clădirilor comerciale și rezidențiale în UE.

De la introducerea cerințelor de performanță energetică în normativele de proiectare naționale, clădirile și-au redus consumurile energetice cu aproximativ 50% fata de clădirile tipice din anii 1980.

În temeiul Directivei din 2018, statele membre trebuie să stabilească și să aplice cerințe minime de performanță energetică pentru clădirile noi și existente, să asigure certificarea performanței energetice a clădirilor și să solicite inspecția periodică a cazanelor și a sistemelor de climatizare din clădiri.

Directiva impunea statelor membre să se asigure că, până la 31 decembrie 2020, toate clădirile noi sunt așa-numitele "clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero" (NZEB). De asemenea, a introdus conceptul de optimizare a costurilor, solicitând ca statele membre să asigure stabilirea cerințelor minime de performanță energetică pentru clădiri cu scopul atingerii unor niveluri optime din punctul de vedere al costurilor.

Cele mai importante elemente ale directivelor implică:

- Consolidarea strategiilor de renovare pe termen lung pentru țările UE
- Realizarea de clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero, NZEB
- Implementarea de certificate de performanță energetică
- Luarea în considerare a sănătății și bunăstării (poluarea aerului), e-mobilității (punctele de încărcare electronică) și tehnologia inteligentă (contoare inteligente) în clădirile noi

Setul de standarde **EPB** (EPB Center, 2023) (performanța energetică a clădirilor) joacă un rol esențial în sprijinirea Directivei privind performanța energetică a clădirilor (EPBD) a Uniunii Europene.

Deși EPBD nu obligă statele membre să aplice setul de standarde EPB, obligația de a descrie metodologia națională de calcul în conformitate cu anexele naționale la standardele generale va determina statele membre să explice dacă există abateri de la aceste standarde și care sunt motivele. Acest lucru va duce la o mai mare recunoaștere și promovare a setului de standarde EPB în toate statele membre și va avea un impact pozitiv asupra punerii în aplicare a directivei.

EPBD enumeră cinci standarde EPB ca fiind "generale", termenul general făcând referire la standardele care corespund performanței energetice globale a unei clădiri (modulul M1), în timp ce alte module se referă la clădire ca atare (M2) sau la sistemele sau serviciile tehnice specifice ale clădirii (M3 etc.)

Cele cinci standarde "generale" ale EPB ISO 52000-1, 52003-1, 52010-1, 52016-1 și 52018-1 au în comun faptul că fiecare dintre acestea descrie un pas important în evaluarea performanței energetice a clădirii:

- **ISO 52000-1** este standardul general EPB, și stabilește o structură sistematică, cuprinzătoare și modulară pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor noi și existente (EPB) într-un mod holistic. Se aplică evaluarea consumului global de energie al unei clădiri, prin măsurare sau calcul, precum și calculul performanței energetice în ceea ce privește energia primară sau alți indicatori legați de energie.
- **ISO 52003-1** oferă informații generale cu privire la modul de bună utilizare a realizărilor setului de standarde de evaluare a EPB în diferite scopuri (postprocesare) sub forma unor indicatori globali și parțiali ai EPB. Acesta include, de asemenea, câteva etichete posibile ale EPB și enumeră diferitele măsuri care trebuie luate la instituirea unui sistem de certificare EPB.
- **ISO 52010-1** conține proceduri de evaluare a datelor climatice necesare ca date comune de intrare în calculele energetice.
- **ISO 52016-1** oferă procedurile de calcul și estimare a temperaturilor interioare și a necesarului de energie pentru încălzire și răcire pentru clădiri. Acesta este baza calculului consumului de energie, deoarece multe aspecte sunt strâns legate de acest calcul: izolarea termică, etanșeitatea, ventilarea, sarcina termică solară și energia solară pasivă precum și aporturile interne de căldură (de exemplu, din iluminat).
- **ISO 52018-1** oferă o imagine de ansamblu a opțiunilor de indicatori care permit (opțional) cerințe specifice EPB (post-procesare) la nivelul clădirii ca atare (nevoile energetice ale clădirii sau structura clădirii).



Finanțat de  
Uniunea Europeană  
NextGenerationEU



Planul Național  
de Redresare și Reziliență

Țările membre UE trebuie să întocmească liste cu măsurile financiare naționale pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor. În plus, în temeiul Directivei privind eficiența energetică, țările UE trebuie să efectueze renovări eficiente din punct de vedere energetic pe cel puțin 3% din suprafața totală a clădirilor deținute și ocupate de administrațiile centrale.

Prin urmare, se recomandă guvernelor naționale să achiziționeze numai clădiri care sunt foarte eficiente din punct de vedere energetic.

Comisia a publicat 2 recomandări în 2019, inclusiv orientări pentru țările UE legat de aceste norme.

- **Recomandarea Comisiei privind renovarea clădirilor (UE) 2019/786**
- **Recomandarea Comisiei privind modernizarea clădirilor (UE) 2019/1019**

În ceea ce privește viziunea pe o durată de timp mai îndelungată, propunerea Comisiei de revizuire a directivei (**decembrie 2021**) face un pas înainte de la actualul NZEB la clădirile cu emisii zero (**ZEB**), aliniind cerința de performanță energetică pentru clădirile noi la neutralitatea climatică pe termen mai lung.

Conform propunerii directivei, o clădire cu emisii zero este definită ca o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, cantitatea foarte scăzută de energie fiind încă acoperită integral de energia din surse regenerabile și fără emisii de carbon la fața locului provenite de la combustibili fosili.

**Cerința privind ZEB ar trebui să se aplice de la 1 ianuarie 2027 tuturor clădirilor noi ocupate sau deținute de autoritățile publice, respectiv de la 1 ianuarie 2030 tuturor clădirilor noi.**

În timp ce accentul este pe reducerea emisiilor operaționale de gaze cu efect de seră, definiția ZEB include în continuare calculul ciclului de viață potențialul de încălzire globală- Global Warming Potential (GWP) și prezentarea acestuia prin certificatul de performanță energetică a clădirii. Această cerință ar trebui să se aplice de la 1 ianuarie 2027 pentru toate clădirile noi cu o suprafață utilă mai mare de 2000 de metri pătrați și de la 1 ianuarie 2030 pentru toate clădirile

Un aspect important care trebuie luat în considerare de clădirile viitorului este **potențialul tehnologiilor inteligente în sectorul construcțiilor**, evidențiat și în revizuirea din 2018 a Directivei europene privind performanța energetică a clădirilor (EPBD). În acest sens a fost introdus conceptul de indicator de pregătire Smart (SRI) (European Commission, 2023a).

"Inteligența" unei clădiri se referă la capacitatea acesteia de a simți, interpreta, comunica și de a răspunde activ într-un mod eficient la condițiile în schimbare în ceea ce privește:

- Funcționarea sistemelor tehnice care o deservește
- Mediul exterior (inclusiv rețelele energetice)
- Solicităților din partea ocupanților clădirii în vederea realizării confortului sau pentru desfășurarea activităților

SRI evaluează disponibilitatea inteligentă a clădirilor (sau a unităților de construcție) în capacitatea lor de a efectua 3 funcționalități cheie:

- Optimizarea eficienței energetice și a performanței generale în utilizare
- Să-și adapteze funcționarea la nevoile ocupantului
- Să se adapteze la semnalele din rețea (de exemplu, flexibilitatea energetică)

SRI va duce la o conștientizare a utilizatorilor cu privire la beneficiile date de tehnologiile implementate în clădirile inteligente, cum ar fi automatizarea și monitorizarea electronică a sistemelor clădirilor, inclusiv încălzirea, apa caldă, ventilația, iluminatul etc. Prin implementarea cadrului SRI, inovarea tehnologică în sectorul construcțiilor devine sustenabilă.

## 2. Cerințe naționale în corelare cu cerințele UE

Proiectul "**Energie curată pentru toți europenii**", are scopul de a demonstra că tranziția către o energie curată este soluția către un viitor sustenabil, iar în acest sens pentru care Uniunea Europeană s-a angajat să reducă emisiile de CO<sub>2</sub> cu cel puțin 55% până în anul 2030 (European Commission, 2016).

Obiectivele energetice ale României pentru anul 2030 sunt definite în Strategia Energetică Națională și în Planul Național Integrat de Energie și Clima (PNIESC).

În ceea ce privește producția de energie, ținta principală a României este diversificarea surselor de energie utilizate, prin creșterea contribuției energiei din surse regenerabile la o pondere de 30% din



totalul producției de energie, în scopul reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră. De asemenea, se dorește o creștere a eficienței energetice prin implementarea de măsuri de conservare a energiei și a tehnologiilor moderne.

Pentru a contribui la obiectivele energetice și climatice ale UE pentru 2030 în clădiri, România a adoptat mai multe politici și strategii naționale. Acestea vizează îmbunătățirea eficienței energetice și reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul construcțiilor.

Programul Național de Eficiență Energetică în Clădiri (PNEEC) își propune să promoveze eficiența energetică în sectorul construcțiilor prin implementarea unor măsuri specifice. PNEEC oferă sprijin financiar și tehnic pentru îmbunătățirea clădirilor existente și promovează utilizarea surselor regenerabile de energie în construcții noi.

Planul Național Integrat în Domeniul Energiei și Schimbărilor Climatice (PNIESC) definește măsurile și obiectivele României pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și promovarea energiei regenerabile în diferite sectoare, inclusiv în clădiri. PNIESC urmărește îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor existente și stimularea construcțiilor sustenabile și a clădirilor cu consum energetic redus.

Programul Casa Eficientă Energetic încurajează proprietarii de locuințe să efectueze renovări energetice pentru a îmbunătăți eficiența clădirii și a reduce consumul de energie. Programul oferă finanțare și asistență tehnică pentru implementarea măsurilor de eficiență energetică, cum ar fi izolarea termică, înlocuirea sistemelor de încălzire și iluminat eficiente, instalarea de sisteme de energie regenerabilă etc...

În ceea ce privește contextul european, România a transpus și implementat Directiva privind Performanța Energetică a Clădirilor (EPBD) în legislația națională. Aceasta prevede standarde și cerințe pentru performanța energetică a clădirilor și promovează certificarea energetică a clădirilor. Implementarea EPBD stimulează îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor și promovează utilizarea energiei regenerabile în sectorul construcțiilor.

Din punct de vedere al instrumentelor financiare disponibile, Programul Operațional Regional (POR) oferă finanțare europeană pentru proiecte de dezvoltare regională, inclusiv pentru investiții în eficiența energetică și energii regenerabile în clădiri. Prin POR, se acordă sprijin financiar pentru renovarea clădirilor existente și construirea de clădiri noi cu un consum energetic redus.

Acestea sunt doar câteva exemple de politici și strategii naționale implementate de România pentru a contribui la obiectivele energetice și climatice ale UE pentru 2030 în sectorul construcțiilor. Prin implementarea acestor măsuri, se urmărește reducerea consumului de energie, utilizarea mai eficientă a resurselor și promovarea unui mediu construit durabil și prietenos cu mediul înconjurător.

În acest scop se urmărește o bună gestionare a deșeurilor: creșterea ratei de reutilizare și de reciclare a deșeurilor municipale la minimum 70% până în 2030, reducerea cantității de deșeuri biodegradabile, creșterea ratei de reciclare a deșeurilor din ambalaje la 80%.

Emisiile din activitățile economice non-ETS (activități sau sectoare care nu sunt acoperite de Sistemul de Comerț cu Emisii al Uniunii Europene -ETS) pentru perioada 2021-2030 sunt stabilite în Regulamentul (UE) 2018/842 AL PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI AL CONSILIULUI din 30 mai 2018 privind reducerea anuală obligatorie a emisiilor de gaze cu efect de seră de către statele membre în perioada 2021-2030 în vederea unei contribuții la acțiunile climatice de respectare a angajamentelor asumate în temeiul Acordului de la Paris și de modificare a Regulamentului 525/2013/UE.

Pentru România, Comisia Europeană a stabilit o țintă de reducere cu 2% în 2030 față de nivelul din 2005 (Regulamentul (UE) 2018/842, Anexa 1 ) în timp ce media pentru UE28 este o reducere de 30%. Potrivit proiecțiilor efectuate în cadrul elaborării PNIESC, emisiile GES totale estimate în 2030 (EU-ETS și non-ETS, excluzând LULUCF) vor fi de 118,35 mil. t CO<sub>2</sub> echivalent.

### **Eficiența energetică**

Pentru a urmări îndeplinirea acestui obiectiv fost elaborată o traiectorie bazată pe conformarea la prevederile Art. 7 din Directiva (UE) 2018/2002, care prevede o reducere minimă a consumului final

de energie în cuantum de 0,8% pe an pentru perioada 2021 - 2030, comparativ cu media consumului înregistrat în perioada 2016 - 2018.

Proiectul Strategiei de Renovare pe Termen Lung (SRTL) propune măsurile de îmbunătățire a eficienței energetice, reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră, precum și cele de creștere a ponderii energiei din surse regenerabile în consumul total de energie prin renovarea stocului național de clădiri. Într-un consum final estimat pentru anul 2019 de 22,86 Mtep, stocul național de clădiri are o pondere de 41,64%, având un consum estimat de 9,52 Mtep. Strategia adoptată are ca scop atingerea obiectivului Clădiri cu Consum de Energie Aproape Zero (NZEB), precum și utilizarea minimală a soluțiilor de obținere a energie din surse regenerabile.

Industria, transporturile și sectorul rezidențial pot contribui în cote aproximativ egale (fiecare cu un procent de 29%) la atingerea obiectivului privind eficiența energetică în perioada 2021 – 2030 (economii anuale de aproximativ 1,83 Mtep).

### **Securitate Energetică**

România consideră siguranța aprovizionării cu energie din surse interne un obiectiv primordial pentru asigurarea securității energetice naționale. România își propune menținerea unui mix energetic diversificat la orizontul anului 2030, ținând cont deopotrivă de obiectivul de decarbonare al sistemului energetic.

În vederea asigurării consumului de energie, capacitatea instalată va crește cu aproximativ 35% în 2030 față de 2020, datorită instalării noilor capacități de energie eoliană (de 2.302 MW până în 2030) și solară (de 3.692 MW până în 2030), fapt care va determina o creștere a producției interne de energie, asigurând astfel un grad de independență energetică mai ridicat.

### **Piața internă a energiei**

România își propune să suplimenteze capacitățile de interconexiune la orizontul anului 2030, având în vedere analizele cost-beneficiu din punct de vedere socio-economic și de mediu, urmând a fi implementate proiectele în cazul cărora beneficiile potențiale sunt mai mari decât costurile. În același timp, prin cadrul legislativ primar și secundar, dar și prin finalizarea proiectelor legate de închiderea inelului național de 400 kV (linii interne), România va crea condițiile inclusiv pentru maximizarea capacităților de interconexiune oferite.

Potrivit datelor Eurostat pentru 2019, România se regăsește în treimea inferioară a valorii prețului la energia electrică pentru consumatorii casnici din UE. Totuși, dată fiind puterea relativ scăzută de cumpărare, suportabilitatea prețului este o problemă de prim ordin, care duce la un nivel ridicat de sărăcie energetică.

### **Cercetare, inovare și competitivitate**

Strategia Energetică Națională are opt obiective strategice fundamentale care structurează întregul demers de analiză și planificare pentru perioada 2020-2030 și orizontul de timp al anului 2050 pornind de la dimensiunile descrise în PNIESC. Inovarea și cercetarea au ca obiectiv major „Digitalizarea” domeniului:

- Modernizarea sistemului de guvernare corporativă și a capacității instituționale de reglementare
- Energie curată și eficiență energetică
- Asigurarea accesului la energie electrică, termică și gaze naturale pentru toți consumatorii
- Protecția consumatorului vulnerabil și reducerea sărăciei energetice
- Piețe de energie competitive, baza unei economii competitive
- Creșterea calității învățământului și inovării în domeniul energiei și formarea continuă a resursei umane
- România, furnizor regional de securitate energetică
- Creșterea aportului energetic al României pe piețele regionale și europene

În ceea ce privește investițiile prioritare în sectorul energetic, prin Strategia Energetică a României, sunt considerate investiții prioritare următoarele:

- Investiții în producerea de energie cu emisii scăzute de carbon, prin substituirea utilizării cărbunelui cu gazele naturale și surse regenerabile de energie
- Realizarea de centrale de cogenerare de înaltă eficiență, în tehnologie cu ciclu combinat cu funcționarea pe gaze naturale
- Investiții în creșterea potențialului de producție a energiei din surse regenerabile, luând în calcul atât potențialul României pentru energia eoliană și fotovoltaică, cât și pentru cea produsă în fermele eoliene offshore
- Creșterea capacităților energetice nucleare, retehnologizarea Unității 1 și finalizarea proiectului Unităților 3 și 4 de la CNE Cernavodă. Energia nucleară, fiind sursă de energie cu emisii reduse de carbon, are o pondere semnificativă în totalul producției naționale de energie electrică - circa 18%
- Investiții în retehnologizarea și modernizarea rețelelor de energie prin introducerea digitalizării și a rețelelor inteligente (smart grid)
- Investiții în realizarea și finalizarea, după caz, a interconectărilor transfrontaliere cu țările vecine (State Membre UE și state terțe), atât pentru gaze naturale, cât și pentru energia electrică
- Investiții în capacitățile de stocare, luând în calcul și potențialul hidrogenului și a gazelor noi în procesul de integrare sectorială

Concluzionând, obiectivele energetice ale României pentru anul 2030 sunt concentrate pe diversificarea surselor de energie, creșterea eficienței energetice și reducerea dependenței de combustibilii fosili. Acestea vor fi atinse prin creșterea contribuției energiei din surse regenerabile, implementarea de măsuri de conservare a energiei, promovarea utilizării vehiculelor electrice și a transportului public modernizat, renovarea termică a clădirilor existente și construirea de noi clădiri cu standarde energetice înalte, precum și prin facilitarea accesului la finanțare și prin creșterea competitivității sectorului energetic.

### **Rezumatul activităților planificate în legătură cu punerea în aplicare a Directivei EPBD și a Directivei privind Energia și Clima**

Pentru a răspunde Directivei EPBD, România, precum toate statele membre ale Uniunii Europene, a elaborat și publicat **Strategia Națională de Renovare pe Termen Lung**. Strategia stabilește necesitățile de investiții publice și private, identifică un set specific de politici măsuri și acțiuni și propune opțiuni pentru scheme și programe naționale de finanțare care ar trebui să fie puse în aplicare cu scopul de a sprijini renovarea parcului național al clădirilor rezidențiale și nerezidențiale, atât publice, cât și private, într-o clădire cu un nivel ridicat de eficiență energetică.

### **Principalele obiective ale Strategiei naționale de renovare pe termen lung sunt următoarele:**

- Să îmbunătățească performanța energetică a fondului de clădiri existente prin reducerea consumului de energie, al emisiilor de carbon și extinderea utilizării surselor de energie regenerabilă în clădiri
- Să îmbunătățească calitatea vieții pentru toți utilizatorii prin îmbunătățirea confortului termic, a igienei, a siguranței și a calității aerului
- Reducerea sărăciei energetice și asigurarea unei încălziri accesibile pentru familiile cu venituri mici
- Să ofere sisteme de finanțare mai eficiente pentru renovarea stocului de clădiri;
- Să dezvolte competențele profesionale în domeniul eficienței energetice în clădiri și să sprijine inovarea

- Să sporească calitatea stocului de clădiri prin îmbunătățirea siguranței clădirilor și să asigure calitatea arhitecturală și de integrare urbană a intervențiilor de renovare

### **Strategia națională prevede următoarele direcții de acțiune:**

#### **A. Asigurarea unor abordări rentabile în materie de renovare**

În scopul analizării și identificării măsurilor și pachetelor de renovare eficiente din punct de vedere al costurilor, clădirile de referință considerate reprezentative pentru fondul național de clădiri existent au fost selectate pe baza unei eșantionări statistice. Selecția a ținut cont de cele mai frecvente caracteristici arhitecturale, tipurile și zonele climatice cele mai comune din România. Analiza a fost realizată în conformitate cu cadrulul metodologic pentru calcularea nivelurilor optime din punct de vedere al costurilor ale performanței energetice minime de performanță energetică pentru clădiri și elemente de construcție, stabilit la nivelul UE11.

Analiza a luat în considerare următoarele trei pachete de renovare:

- Pachetul minim - pachetul P1 (pentru a respecta reglementările tehnice naționale privind performanța energetică a clădirilor, și anume apropierea de ratingul EPC de "C" în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare)
- Pachet mediu - Pachet P2 (renovare aprofundată pentru a evita lucrările care vor trebui să fie refăcute sau înlocuite ulterior pentru a îndeplini viitoarele cerințe NZEB și cu un nivel minim de utilizarea soluțiilor de energie regenerabilă)
- Pachetul de renovare maximă - Pachetul P3 (renovare aprofundată sau standard NZEB, inclusiv toate opțiunile de energie regenerabilă, cum ar fi panourile fotovoltaice de pe acoperiș, panourile solare, prepararea apei calde menajere solare sau pompele de căldură geotermale)

Clădirile de referință selectate ca fiind reprezentative pentru fondul de clădiri sunt: (1) Clădiri rezidențiale existente multifamiliale; (2) clădiri unifamiliale (individuale) existente; (3) locuințe sociale, unități de sănătate și de învățământ; (4) clădiri de birouri sau alte clădiri comerciale. Pentru fiecare categorie de clădiri, au fost definite, de asemenea, punctele de declanșare ale renovărilor pentru a identifica momentele oportune din ciclul de viață al unei clădiri pentru realizarea de lucrări de renovări de eficiență energetică. Corelarea renovării cu punctele de declanșare va asigura că măsurile legate de energie nu sunt neglijate sau omise în etapele ulterioare ale ciclului de viață al clădirii. Informații detaliate se regăsesc în capitolul 7 al Strategiei Naționale de Renovare pe Termen Lung (pg. 28-34).

#### **B. Stimularea renovării aprofundate și eficiente din punct de vedere al costurilor a clădirilor**

Renovarea aprofundată se caracterizează prin renovări care reduc atât costurile de livrare, cât și cele finale ale unei clădiri cu un procent semnificativ față de consumul de energie de dinainte de renovare, conducând la o performanță energetică foarte ridicată (o reducere de peste 60% a consumului specific de energie). Este necesar un cadru juridic clar, cu reglementări tehnice, pentru a determina nivelul de renovare și măsurile eligibile pentru finanțare publică. O abordare integrată și etapizată a economisirii energiei și a îmbunătățirii performanței energetice este recomandată, inclusiv prin definirea unor faze ulterioare de renovare pentru a atinge nivelul de performanță dorit în timp.

De exemplu, pentru a reduce consumul de energie și emisiile de carbon provenite de la sistemele de încălzire, prima etapă ar fi renovarea anvelopei clădirii pentru a asigura izolarea termică conformă a clădirii (și, astfel, reducerea pierderilor de căldură) pe cât posibil. O astfel de abordare ar putea fi combinată cu instalarea unor sisteme de încălzire sau de răcire mai eficiente și soluții care ar reutiliza energia, cum ar fi recuperarea căldurii / ventilația mecanică de răcire sau alte măsuri pasive/active de reutilizare a energiei. Următoarea etapă ar fi instalarea de sisteme cu energie regenerabilă (de

exemplu, pompe de căldură geotermale / cu sursă subterană, apă caldă menajeră solară, panouri fotovoltaice, cazane pe biomasă sau sisteme de producere combinată a căldurii și energiei electrice (cogenerare), după caz).

Această abordare de reducere și reutilizare a energiei în prima fază optimizează cantitatea de energie necesară pentru încălzire sau răcire, în timp ce, în a doua fază, energia rămasă pentru încălzire/răcire sunt completate de surse regenerabile, în măsura în care este posibil. În acest context, ar trebui să se analizeze dacă este oportună punerea în aplicare a pașaportului pentru renovarea energetică a clădirilor în legislația națională. Pașaportul promovează o abordare pas cu pas (renovare etapizată) pe toată durata de viață a unei clădiri, care permite utilizatorilor de a evalua mai bine impactul pozitiv al renovării în timp, inclusiv impactul pozitiv asupra confortului și bunăstarea locatarilor. Pașaportul pentru renovarea clădirilor este un document care conține o foaie de parcurs de renovare pe termen lung, etapizată (cu cât mai puține etape posibile, pe o perioadă de 15 până la 20 de ani) pentru o anumită clădire, care poate rezulta în urma unui audit energetic la fața locului, respectă anumite criterii de calitate și evidențiază măsurile și renovările relevante care ar putea să îi îmbunătățească performanța energetică. Pașaportul de renovare a clădirilor face parte din Cartea tehnică a construcțiilor elaborată în conformitate cu legislația privind calitatea în construcții, mai exact cu capitolul D: Documentația privind exploatarea, întreținerea, repararea, monitorizarea comportamentului clădirii în timp și post-utilizare.

Este necesară revizuirea reglementărilor tehnice în materie de construcții pentru a stimula renovarea aprofundată a clădirilor existente, inclusiv revizuirii și actualizării periodice ale standardelor de performanță energetică, pe baza metodologiei de optimizare a costurilor totale. În acest sens, se va stabili un termen limită pentru îndeplinirea cerințelor standardelor de renovare aprofundată, însoțită de o renovare etapizată planuri de renovare etapizate care pot fi prezentate în raportul EPC/BRP.

În cadrul acestui program, ar putea fi efectuate renovări aprofundate ale clădirilor în mod independent sau incluse în proiecte de regenerare urbană bazate pe o abordare integrată a arhitecturală, economică, socială și de mediu. În funcție de fiecare caz în parte sau de sursa de finanțare, pot fi luate măsuri complementare specifice incluse ca cerințe eligibile suplimentare la pachetele propuse în timpul implementării:

- Instalarea de noi sisteme de încălzire în clădiri (în cazul în care capacitatea existentă este inefficientă și poate fi redusă în urma îmbunătățirii performanței anvelopei clădirii), în principal în clădirile publice și în unele clădiri multifamiliale
- Instalarea de sisteme de ventilație mecanică cu recuperare de căldură, ca măsură de îmbunătățire a calitatea aerului interior și reducerea necesarului de energie pentru încălzire/răcire, în special în spațiile publice clădirile publice (de exemplu, școlile, unde calitatea aerului interior este esențială)
- Instalarea de sisteme eficiente de răcire, mai ales în clădirile publice
- Furnizarea de sisteme inteligente de umbră pentru sezonul cald, jaluzele exterioare reglabile sau geamuri reflectorizante cu incidență ridicată
- Instalarea de dispozitive de încălzire și răcire autoreglabile, de iluminat artificial cu economisire, senzor de prezență și furnizarea de LED-uri cu consum redus de energie;
- Utilizarea de calculatoare desktop cu consum redus de energie (pentru clădirile publice)
- Organizarea de campanii de informare a utilizatorilor clădirilor cu privire la confortul adecvat
- Temperatura de confort, evitarea supraîncălzirii/suprarăcirii încăperilor, impactul negativ al deschiderii ferestrelor atunci când funcționează sistemul de aer condiționat și altele asemenea
- Adoptarea unui "registru" în care utilizatorii clădirilor să poată oferi observații privind confortul termic și calitatea aerului interior
- Echilibrarea aerului (echilibrarea fluxului de aer) a rețelei de distribuție a aerului de intrare, în cazul în care fluxurile de aer de la rețelele de intrare nu corespund cu cele din



proiectul tehnic al rețelei de climatizare (prin sondaj, pe un eșantion de 10 % din numărul total de grile);

- Punerea în aplicare a sistemelor de reglementare și automatizare a clădirilor/ energia clădirilor (BEM), inclusiv a sistemelor de răcire, care să permită un consum de energie eficient pentru utilizatorii finali
- Acolo unde este posibil, instalarea de panouri solare pentru prepararea apei calde menajere / PV, în plus față de măsurile din pachetul P117
- Acolo unde este posibil, procedarea la înlocuirea ascensoarelor, a instalațiilor electrice și a instalațiilor de apă, de canalizare și de desecare cu sisteme mai moderne și mai eficiente

### C. Identificarea clădirilor cu performanțe energetice reduse

În primul rând, pe baza estimărilor referitoare la clădirile de referință, segmentul cu cele mai slabe performanțe din stocul național de clădiri include clădirile construite înainte de anul 2000, când a fost introdusă o serie de standarde tehnice noi pentru clădiri. Înainte de acest moment se aplicau reglementări tehnice cu cerințe mai scăzute de performanță energetică.

Anul 2000 a fost considerat ca fiind anul de referință ca vechime a clădirii, deoarece clădirile construite înainte de acest an sunt deja mai vechi de 20 de ani și ar putea necesita anumite intervenții, în special dacă sunt îndeplinite și alte criterii de consum energetic ridicat.

În plus, majoritatea clădirilor cu cel mai mare consum de energie (energie finală specifică de peste 400 kWh/m<sup>2</sup> pe an și consumul final specific de energie pentru încălzire de peste 250 kWh/m<sup>2</sup> pe an) sunt casele unifamiliale cu surse de încălzire pe bază de gaz și lemn, amplasate în oricare din cele cinci zone climatice ale României.

Majoritatea clădirilor aflate pe locul doi din punct de vedere al consumului de energie (consum specific energie finală totală între 300 kWh/m<sup>2</sup> pe an și 400 kWh/m<sup>2</sup> pe an și energie finală specifică pentru încălzire între 200 kWh/m<sup>2</sup> pe an și 250 kWh/m<sup>2</sup> pe an) sunt birouri publice/ private sau clădiri cu surse de încălzire pe bază de gaz și de încălzire urbană, care sunt situate în zonele climatice II-V.

În cele din urmă, majoritatea clădirilor aflate pe poziția a 3-a din punct de vedere al celui mai mare consum de energie (consumul specific de energie finală între 200 kWh/m<sup>2</sup> pe an și 300 kWh/m<sup>2</sup> pe an și consum final specific de încălzire între 150 kWh/m<sup>2</sup> pe an și 100 kWh/m<sup>2</sup> pe an) sunt clădiri multifamiliale. Trebuie avut în vedere faptul că unele dintre aceste clădiri pot fi situate în zone care se confruntă cu probleme demografice (declin), aflate într-o stare avansată de degradare și care nu mai justifică finanțarea lucrărilor de renovare din punct de vedere al eficienței energetice.

Pe baza informațiilor de mai sus, pentru a determina segmentele cele mai puțin performante din stocul de clădiri, au fost luate în considerare următoarele criterii de evaluare:

- An de construcție anterior anului 2000 (durată de viață mai mare de 20 de ani de la data construcției)
- Consum specific de energie finală de peste 300 kWh/m<sup>2</sup> pe an
- Consumul specific de energie finală pentru încălzire de peste 200 kWh/m<sup>2</sup> pe an
- Pentru clădirile multifamiliale, mai mult de 30% dintre proprietarii de apartamente se încadrează în categoria de persoane vulnerabile primesc diverse forme de ajutor de stat
- Pentru casele unifamiliale, proprietarii care se încadrează în categoria celor mai vulnerabile persoane și primesc diferite forme de ajutor de stat
- Clădiri bine conectate la sistemele de transport și de comunicații (inclusiv internet) și la serviciile publice de bază (sănătate, educație, protecție socială) pentru a evita investițiile în clădiri izolate, care sunt mai susceptibile de a fi abandonate

### D. Reducerea sărăciei energetice

Sărăcia energetică poate fi definită ca fiind "o situație în care o gospodărie sau o persoană nu este în măsură să își permită să plătească serviciile energetice de bază (încălzire, răcire, iluminat,

mobilitate și energie) pentru a garanta un nivel de trai decent din cauza unei combinații de venituri scăzute, cheltuieli energetice ridicate și un nivel scăzut de eficiența energetică a locuințelor lor" (Comisia Europeană, Forumul cetățenilor pentru energie 2016).

Deși nu există o definiție recunoscută la nivel internațional, o gospodărie este de obicei definită ca fiind săracă în energie dacă cheltuiește mai mult de 10% din venitul gospodăriei pe serviciile energetice. Prin urmare, o acțiune eficientă de combatere a sărăciei energetice trebuie să includă măsuri de EE, alături de măsuri de politică socială.

Acțiunile de îmbunătățire a protecției sociale pentru categoriile vulnerabile care se confruntă cu sărăcia energetică trebuie să includă:

- Lărgirea definiției grupurilor vulnerabile pe baza celor menționate anterior (venit, ponderea cheltuielilor energetice în venitul disponibil, accesul la energie, precum și performanța energetică a unei clădiri) pentru a aborda mai bine sărăcia energetică
- Elaborarea unui plan de acțiune pentru combaterea sărăciei energetice, conform Legii nr. 123/2012 privind energia electrică și gazele naturale
- Definirea responsabilităților pentru programele specifice care vizează utilizatorii vulnerabili) și cerințele în materie de resurse
- Îmbunătățirea eficienței ajutoarelor existente pentru încălzire pentru a asigura echitatea între beneficiari și condiții de concurență echitabile în ceea ce privește sursele de încălzire, extinzând în același timp asistența socială pentru sărăcia energetică dincolo de încălzire
- Elaborarea și punerea în aplicare a unor programe de renovare a clădirilor care vor include măsuri de combatere a sărăciei energetice, pentru a asigura accesul la finanțare pentru persoanele social-vulnerabile. Aceste măsuri trebuie să fie însoțite de alte acțiuni politice relevante, cum ar fi viitoarea strategie de încălzire urbană și eliminarea treptată a subvențiilor la prețul energiei termice

## E. Renovarea clădirilor publice

În conformitate cu articolul 2a alineatul (1) litera (e) din EPBD revizuită, fiecare Long Term Renovation Strategies(LTRS) trebuie să cuprindă politici și acțiuni care să vizeze toate clădirile publice. Aceasta ar trebui să includă renovările în curs și planificate, astfel cum prevăd EPBD revizuită și EED, pentru a renova cel puțin 3 % din clădirile administrației centrale în fiecare an.

Pentru a asigura o atenție adecvată asupra clădirilor publice, trebuie introduse următoarele măsuri în timpul punerii în aplicare a LTRS și pentru a realiza potențialul de economisire a energiei:

- Dezvoltarea unei rezerve de proiecte și a unui sistem de asistență tehnică pentru clădirile publice prioritare, pentru a asigura o renovare de cel puțin 26% până în 2030, 52% până în 2040 și 100 % până în 2050
- Sprijin tehnic și procedural pentru autoritățile locale în vederea pregătirii proiectelor, a documentației pentru proiecte și accesului la finanțare
- Sprijin sporit pentru școli și alte clădiri publice, cu evaluarea tehnică a proiectelor pentru a asigura calitatea tehnică și arhitecturală și conformitatea cu cele mai bune practici
- Agregarea renovărilor clădirilor publice în pachete mari de achiziții publice pentru a obține prețuri mai bune, reducerea numărului de oferte și centralizarea supravegherii
- Elaborarea unei documentații standard de licitație cu indicatori de performanță și indicatori de cerințe specifice și proceduri de evaluare tehnică și economică. Cadre pentru achiziții centralizate și achiziții pentru servicii de renovare a eficienței energetice și lucrări pentru clădirile deținute de administrația centrală și clădirile municipale
- Captarea unei părți din economiile financiare realizate în urma îmbunătățirii eficienței energetice pentru a sprijini implementarea unui management structurat al energiei în clădirile publice



- Evaluarea utilizării contractelor de performanță energetică sau a recurgerii la parteneriate public-privat (PPP) ca moduri alternative de livrare pentru renovarea clădirilor publice, dacă este cazul.
- Punerea în aplicare a unei scheme de finanțare dedicate pentru administrațiile centrale și municipale finanțate prin subvenții bugetare, subvenții rambursabile sau alte instrumente de finanțare
- Evaluare intermediară a punerii în aplicare a prezentei strategii și expertiză analitică pentru sprijinirea unei guvernante eficiente

### 3. Codurile și reglementările naționale relevante privind clădirile, obligațiile SRE în clădiri

Performanța energetică este un aspect important fiind în strânsă legătură cu obiectivele Uniunii Europene de reducere a consumului de energie. Clădirile sunt responsabile de un consum ridicat de energie la nivel global iar impactul negativ principal al consumului ridicat de energie este asupra mediului.

Consumul de energie este esențială pentru dezvoltarea economică, fiind în corelare cu creșterea nivelului de trai. La nivelul clădirilor consumul energetic al sistemelor HVAC+R (încălzire, ventilare, aer condiționat, răcire) trebuie diminuat atât prin utilizarea unor echipamente de eficiență ridicată dar și prin izolarea termică corespunzătoare a clădirilor.

Conceptul de eficiență energetică este implementat în legislația din România, cât și în planurile naționale în orizontul anului 2030. Sunt impuse cerințe nu numai pentru clădirile noi dar și pentru clădirile existente, aflate în proces de reabilitare.

**Legea 372/2005** (Legea 372, 2005) reeditată în anul 2016, completată cu **Legea nr. 101 din 1 iulie 2020** (Legea nr. 101, 2020), includ măsuri de creștere a performanței energetice a clădirilor, luând în considerare condițiile climatice și de amplasare exterioare, cerințele de confort interior, optimizarea din punct de vedere al costurilor și al performanței energetice, precum și îmbunătățirea aspectului urban al localităților.

Pentru a face acest lucru posibil, una dintre cerințele impuse este ca toate clădirile noi (clădiri rezidențiale, clădiri de birouri etc.) a căror recepție se realizează în baza autorizației de construire emise începând cu data de 31 decembrie 2020 să fie clădiri cu performanțe energetice sporite, având un consum de energie aproape egal cu zero. Această cerință definește **standardul NZEB CLĂDIRI AL CĂRUI CONSUM DE ENERGIE ESTE APROAPE EGAL CU ZERO (NZEB)**- *Clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care consumul de energie este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut și este acoperit, în proporție de minimum 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii* (începând cu anul 2031 proporția minimă de energie din surse regenerabile se va stabili prin Hotărâre a Guvernului, conform prevederilor din Legea nr. 372/2005, republicată).

În cazul clădirilor noi, dar și în cazul reabilitării majore a clădirilor existente, trebuie respectate cerințele privind sistemele tehnice (*încălzire, răcire, preparare apă caldă, ventilare, iluminat, automatizare, producere locală a energiei etc.*), în ceea ce privește instalarea corectă, dimensionarea, reglarea și controlul.

Cea mai relevantă reglementare tehnică privind eficiența energetică a clădirilor este "Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor, indicativ Mc 001-2022.

Obiectul reglementării Mc 001 - Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor este multiplu și constă în special în:

- Evaluarea și certificarea performanței energetice a clădirilor pentru diverse categorii de clădiri noi și existente - clădiri rezidențiale unifamiliale/colective, clădiri de birouri, clădiri de învățământ, spitale, creșe, policlinici, hoteluri și restaurante, clădiri pentru activități sportive și clădiri pentru servicii de comerț en-gros și cu amănuntul, clădiri cu



alte destinații și ocupare umană la care sunt asigurate cel puțin încălzirea, apa caldă de consum și iluminatul, precum și pentru unități de clădire din toate acestea, inclusiv apartamente

- Auditarea energetică a clădirilor care urmează a fi modernizate din punct de vedere energetic
- Stabilirea de cerințe minime de performanță pentru clădirile existente și clădirile noi, cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB)
- Definirea măsurilor și pachetelor de măsuri uzuale care pot fi aplicate pentru creșterea performanței energetice a clădirilor/unităților de clădire existente și stabilirea modului de cuantificare a costurilor asociate acestor măsuri
- Prezentarea cerințelor minime de performanță energetică pentru clădiri rezidențiale și nerezidențiale, existente renovate sau pentru clădirile al căror consum de energie este aproape egal cu zero

Domeniul de aplicare al Metodologiei Mc 001:

- Evaluarea și certificarea performanței energetice a clădirilor/unităților de clădire existente și noi, al căror consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB)
- Evaluarea și certificarea performanței energetice a apartamentelor
- Analiza termică și energetică, respectiv întocmirea auditului energetic al clădirilor existente care urmează a fi modernizate din punct de vedere energetic

Metodologia de calcul Mc001-2022 definește clădirea nZEB astfel: clădirea al cărei consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB-nearly zero energy building) este o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care consumul de energie este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut și este acoperit, în proporție de minimum 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, începând cu anul 2021 (după 2031 proporția minimă de energie din surse regenerabile se va stabili prin Hotărâre a Guvernului, conform prevederilor din Legea nr. 372/2005, republicată).

Pentru clădirile noi (NZEB)/ansamblurile de clădiri noi (NZEB), se va întocmi un raport privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero, parte a proiectului de autorizare a construcției și prin care se evaluează încadrarea performanțelor clădirii în cerințele minime de performanță energetică. Raportul de conformare NZEB se poate baza pe concluziile studiului privind fezabilitatea tehnică, economică și din punct de vedere al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență, stabilind cea mai bună soluție tehnico-economică de furnizare din surse regenerabile a minim 30% din consumul de energie primară. Studiul cu privire la fezabilitatea utilizării sistemelor alternative, parte a studiului de fezabilitate (SF) sau a documentației de avizare a lucrărilor de intervenții (DALI), se poate integra în raportul de conformare NZEB (rezultând un studiu unic privind fezabilitatea utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență și cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero).

Pentru clădirile rezidențiale noi (NZEB) cerințele minime de performanță pentru proiectarea clădirilor din punct de vedere energetic se referă la:

- a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile)
- b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO<sub>2</sub>
- c) consumul de energie primară totală care să provină în proporție de minim 30% din surse regenerabile, inclusiv din surse regenerabile instalate la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii.

Obținerea unui nivel ridicat de performanță energetică al clădirilor se poate face având în vedere următoarele cerințe:

- Geometria și orientarea clădirii - geometria mai compactă poate să asigure un nivel de performanță energetică mai ridicat prin minimizarea suprafeței de transfer termic; aceasta este identificată prin raportul suprafața exterioară a anvelopei pe volumul interior total al clădirii ( $A/V$ ). Un nivel de compactitate avantajos este  $A/V \leq 0,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . În cazul unei geometrii mai puțin compacte performanța energetică poate fi compensată prin creșterea nivelului de izolare termică a elementelor opace/transparente

- Strategii de iluminat și soluții de umbrire - La proiectarea anvelopei clădirii se recomandă crearea unei strategii de iluminare pentru a se asigura un nivel adecvat al proporției de lumină naturală cât și a aportului solar de căldură mai ales pe fațada sudică și vestică. Funcțiunile clădirii care au nevoie de un nivel de iluminare mare se recomandă a fi dispuse pe fațada sudică iar spațiile cu un nivel de iluminare mai scăzut pe fațada opusă. Suprafața vitrată dispusă pe fațada sudică trebuie să asigure un raport optim suprafață vitrată-suprafața opacă, respectiv suprafața vitrată să fie în proporție de 25-35%:

- Se recomandă ca suprafața vitrată să asigure o cantitate de lumină naturală necesară în vederea desfășurării activităților specifice, folosind soluții care asigură autonomia luminoasă spațială de minim 50% (pentru o valoare de 300 lux) calculată pe perioada unui an calendaristic
- Se recomandă utilizarea de soluții vitrate cu o transmisie luminoasă (TL) cât mai mare care să ofere posibilitatea pătrunderii unei cantități mai mari de lumină naturală, fără a crește dimensiunea ferestrelor
- Se recomandă alegerea de soluții de vitrare cu index de redare a culorii, Ra cât mai ridicat ( $Ra > 83\%$ ) pentru a răspunde cerințelor de confort vizual al utilizatorilor
- În ceea ce privește suprafața peretelui în contact cu fereastra, se poate realiza o teșire care să ofere posibilitatea pătrunderii unei cantități mult mai mari de lumină naturală, fără a crește dimensiunea ferestrelor. Sistemele de umbrire se aleg din faza inițială de proiectarea clădirii, acestea având rolul de a reduce excesul de radiație solară care pătrunde în spațiile clădirii în perioada caldă a anului, precum și pentru reglarea distribuției luminii naturale în încăpere
- O metodă eficientă de reglare a radiației solare care pătrunde în spațiile clădirii constă în utilizarea sticlelor „dinamice” cu un factor solar variabil
- O metodă eficientă dar și ușor accesibilă, constă în folosirea de vitraje cu un factor solar optim în funcție de zona climatică
- Sistemele de umbrire exterioare sunt cele mai eficiente în blocarea accesului aportului solar în spațiile clădirii, în timp ce sistemele interioare de umbrire nu sunt atât de eficiente având în vedere că radiația solară traversează suprafața de sticlă ajungând în spațiul interior, astfel că acest sistem asigură doar un control al luminii naturale
- Cerințele funcționale ale sistemelor de umbrire se modifică în funcție de regiunea geografică și zona climatică unde este amplasată clădirea. Jaluzelele orizontale sunt indicate pentru orientarea Sud iar cele verticale pentru Est și Vest. Pentru a nu adăuga un alt consum de energie și alte costuri în funcționarea clădirii, sunt de preferat sistemele de umbrire create cu ajutorul anvelopei clădirii și/sau cele acționate manual

- Asigurarea unei ventilații adecvate a spațiului – prin prevederea de sisteme de ventilare mecanică dublu flux cu recuperarea căldurii (cu eficiență termică / de recuperare ridicată și consum specific de energie electrică pentru vehicularea aerului foarte redus). În vederea utilizării acestor sisteme în condiții de eficiență energetică, este necesară asigurarea unei permeabilități la aer a anvelopei clădirii cât mai reduse. Se recomandă folosirea de sisteme de ventilare mecanică cu un nivel de zgomot cât mai redus (se vor respecta prevederile reglementării tehnice Normativ privind acustica în construcții și zone urbane, indicativ C 125-2013, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării

regionale și administrației publice nr. 3.384/21.11.2013) precum și folosirea de canale de ventilare cu atenuarea zgomotului cât mai mare sau folosirea de atenuatoare de zgomot

- Strategii de ventilare naturală - Eficiența ventilării naturale depinde de o serie de factori: amplasamentul clădirii, împrejurimile clădirii, microclimat, geometria clădirii, dimensiunile ferestrelor, nivelul de zgomot exterior etc. Utilizarea răcirii nocturne prin ventilare naturală în timpul verii este indicată atunci când temperaturile aerului exterior sunt cu cel puțin 5K mai scăzute decât temperaturile interioare

- Materialele utilizate - Pentru a cuantifica impactul materialelor utilizate se recomandă folosirea de materiale cu declarații de mediu (environmental product declaration EPD)

- Soluții constructive pentru anvelopa clădirii - o abordare corectă a proiectării soluțiilor constructive pentru anvelopa clădirii va prioritiza soluțiile ce permit minimizarea consumurilor energetice și în același timp creșterea sau menținerea confortului interior acustic, vizual și al calității aerului adecvat funcțiunii clădirii

- Evitarea și/sau minimizarea efectelor punților termice – o abordare atentă a punților termice trebuie să asigure continuitatea stratului de termoizolație a anvelopei și limitarea punților termice (la nivelul izolației termice a elementelor opace, la îmbinarea ferestrelor, ușilor și altor deschideri în anvelopa clădirii cu elementele de construcție opace, punți termice străpunse)

Soluțiile optime se vor identifica din punctul de vedere al costurilor, relevante pentru tipul de clădire și zona climatică, ținând cont, după caz, de potențialele praguri de declanșare relevante din ciclul de viață al clădirii. Se va urmări stimularea renovărilor aprofundate și/sau a renovărilor majore, inclusiv a renovărilor aprofundate și/sau a renovărilor majore efectuate în etape, prin introducerea foilor de parcurs și a sistemului opțional de pașapoarte pentru renovarea clădirilor.

Proiectarea la nivel NZEB a unei clădirii trebuie realizată pe principiile conceptelor de clădiri performante energetic construite cât mai ecologic și monitorizate pe durata utilizării (de exemplu: Casa Pasivă, Casa Activă, Clădiri Verzi etc.). În acest sens, o deosebită atenție trebuie acordată următoarelor aspecte, cu condiția prioritară de asigurare a condițiilor interioare de confort și sănătate pentru utilizatori:

(1) Conformarea arhitecturală cu o geometrie cât mai compactă (raport A/V cât mai mic) și o amplasare avantajoasă pe sit precum și o poziționare a încăperilor în funcție de orientarea cardinală și de vecinătăți

(2) Prevederea unui strat termoizolant continuu pe conturul anvelopei clădirii și realizarea unui nivel de izolare termică care să asigure valorile rezistențelor termice cerute pentru nZEB, inclusiv un impact minim al punților termice prin tratarea adecvată a detaliilor de îmbinare care reprezintă punți termice

(3) Tâmplărie exterioară cu performanță termică ridicată: rama termoizolantă și vitraj dublu sau triplu (două sau trei foi de geam), cu tratare low-e și/sau de protecție solară, cu aer sau cu gaze rare între foile de geam și, cu baghetă caldă), permeabilitate la aer redusă; poziționarea corectă a acestora în raport cu alcătuirea constructivă a părții opace și etanșarea corectă pe contur, alegerea unui factor de transmisie a energiei solare, g, adaptat la condițiile particulare ale fiecărei fațade în funcție de destinație, procent de vitrare, condiții de confort, orientare etc. precum și prevederea de dispozitive de protecție solară termică adecvate

(4) Prevederea unui strat continuu de etanșare la aer a anvelopei

(5) Evaluarea soluțiilor de anvelopă la transferul de masă

(6) Utilizarea inerției termice a clădirii și întocmirea verificărilor privind stabilitatea termică pentru alcătuirile constructive ușoare

(7) Prevederea de elemente de stocaj a energiei termice și/sau electrice produse local

(8) Utilizarea materialelor ecologice sau cu impact minim asupra sănătății utilizatorilor clădirii

(9) Utilizarea surselor de energie regenerabilă înglobate în elementele de construcție ale anvelopei (de exemplu: celule PV în învelitoarea clădirii sau în structura unor suprafețe vitrate);

(10) Utilizarea unor materiale și/sau soluții constructive care să permită economia circulară după terminarea duratei de viață a acestora

(11) Utilizarea unor materiale și sisteme tehnice cu valori cât mai scăzute de energie înglobată (și cu amprentă de carbon cât mai redusă)

(12) Prevederea de sisteme tehnice adaptate corespunzător pentru încălzirea, răcirea, sau ventilarea aerului

#### 4. Statusul la nivelul pieței

Performanța energetică este un aspect important fiind în strânsă legătură cu obiectivele Uniunii Europene de reducere a consumului de energie. Clădirile sunt responsabile de un consum ridicat de energie la nivel global iar impactul negativ principal al consumului ridicat de energie este asupra mediului.

Consumul de energie este esențial pentru dezvoltarea economică, fiind în corelare cu creșterea nivelului de trai. La nivelul clădirilor consumul energetic al sistemelor HVAC+R (încălzire, ventilare, aer condiționat, răcire) trebuie diminuat atât prin izolarea termică corespunzătoare a clădirilor și utilizarea unor echipamente de eficiență ridicată.

Conceptul de eficiență energetică este implementat în legislația din România, cât și în planurile naționale în orizontul anului 2030. Sunt impuse cerințe nu numai pentru clădirile noi dar și pentru clădirile existente, aflate în proces de reabilitare.

Pornind de la premisele anterioare, Guvernul a adoptat "**Strategia energetică națională pe termen lung**", o strategie care sprijină renovarea clădirilor rezidențiale și nerezidențiale, atât publice, cât și private, cu scopul de a crește nivelul de eficiență energetică și de a-l transforma într-un parc decarbonat până în 2050, facilitând procesul din punct de vedere al costurilor (Strategia Energetică a României, 2022).

Se punctează faptul că "dezvoltarea și creșterea competitivității economiei românești, creșterea calității vieții și grija pentru mediu sunt indisolubil legate de dezvoltarea și modernizarea sistemului energetic", iar viziunea este de a dezvolta sectorul energetic într-un mediu durabil, în conformitate cu politicile privind clima și energia pentru 2030, din pachetul legislativ "**Energie curată pentru toți europenii**". Conform acestei strategii, obiectivele propuse sunt (Strategia Energetică a României, 2022):

1. Asigurarea accesului la energie electrică și termică pentru toți consumatorii
2. Energie curată și eficiență energetică
3. Modernizarea sistemului de guvernare corporativă și a capacității instituționale de reglementare
4. Protecția consumatorului vulnerabil și reducerea sărăciei energetice
5. Piețe energetice competitive, baza unei economii competitive
6. Creșterea calității educației energetice și formarea continuă a resurselor umane calificate
7. România, furnizor regional de securitate energetică
8. Creșterea contribuției energetice a României pe piețele regionale și europene prin valorificarea resurselor naționale de energie primară

Proiectul "**Energie curată pentru toți europenii**", are scopul de a demonstra că tranziția către o energie curată este soluția către un viitor sustenabil, iar în acest sens pentru care Uniunea Europeană s-a angajat să reducă emisiile de CO<sub>2</sub> cu cel puțin 55% până în anul 2030 (Strategia Energetică a României, 2022).

Dezvoltarea sectorului energetic presupune, conform strategiei naționale concentrarea pe următoarele direcții principale: *folosirea tehnologiilor inovatoare nepoluante în toate subsectoarele sistemului energetic, construirea de noi capacități de producție bazate pe tehnologii nepoluante, tranziția de la combustibili solizi (cărbune, lignit, etc.) spre gaz natural și surse regenerabile de energie, re tehnologizarea și modernizarea capacităților de producție existente și încadrarea lor în normele de mediu, încurajarea producerii de energie în sistem descentralizat.*

Strategia de renovare pe termen lung inițiată de Ministerul Lucrărilor Publice, Dezvoltării și Administrației (MLPDA), (SRTL), este în strânsă corelație cu obiectivele asumate.

Întrucât sectorul rezidențial are o pondere semnificativă în consumul de energie, se urmărește reabilitarea și renovarea clădirilor publice, rezidențiale și comerciale în scopul creșterii eficienței

energetice. Principala măsură avută în vedere este adoptarea tehnologiilor SRE precum instalarea de panouri solare termice, panouri fotovoltaice și pompe de căldură, ce vor susține îndeplinirea țintelor asumate, asigurând o **creștere estimată a producției de energie din surse regenerabile cu peste 0,2 Mtep până în anul 2030 în sectorul rezidențial**.

La începutul anului 2023 a fost emis **Ordinul nr.16/2023** pentru aprobarea reglementarii tehnice "Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ **Mc001-2022**".

**Mc001** este metodologia de bază pentru evaluarea consumurilor energetice aferente clădirilor și include valori recomandate pentru rezistențele termice corectate ale elementelor de construcție opace sau vitrate, pentru clădiri noi sau aflate în curs de reabilitare. De asemenea se impun valori limită ale emisiilor de dioxid de carbon din exploatarea clădirilor, în funcție de tipul acestora.

Valorile energiei primare și emisiile de CO<sub>2</sub> pentru clădirile NZEB au fost evidențiate în Ordinul de ministru 386/2016, în timp ce Legea 372/2005 actualizată prin Legea 101/2020 definește clădirile NZEB. Toate aceste informații actualizate la nivelul cerințelor actuale sunt integrate în metodologia de calcul Mc001/2022 (Tabelul 2.1). În cadrul noii metodologii se definesc, de asemenea noi valori ale rezistențelor termice corectate R' pentru elementele de construcție și se explică o metodă de calcul îmbunătățită, luând în considerare impactul surselor regenerabile de energie.

Noua metodologie Mc001-2022 definește noile valori maxime ale energiei primare și ale emisiilor de CO<sub>2</sub> obligatorii începând cu 2023 pentru cele cinci zone climatice și pentru diferite destinații ale clădirilor, atât pentru clădirile noi cât și pentru clădirile existente. În plus, pentru a atinge nivelul nZEB, ventilația cu recuperare de căldură devine obligatorie pentru anumite tipuri de clădiri.

**Tabelul 2.1- Cerințe specifice clădirilor NZEB (extras Mc001)**

Zona climatică	Data de începere	Clădiri de birouri		Clădiri educaționale		Clădiri colective		Case (clădiri individuale)	
		Energie primară	CO <sub>2</sub>	Energie primară	CO <sub>2</sub>	Energie primară	CO <sub>2</sub>	Energie primară	CO <sub>2</sub>
		[kWh/ m <sup>2</sup> an]	[kg/ m <sup>2</sup> an]	[kWh/ m <sup>2</sup> an]	[kg/ m <sup>2</sup> an]	[kWh/ m <sup>2</sup> an]	[kg/ m <sup>2</sup> an]	[kWh/ m <sup>2</sup> an]	[kg/ m <sup>2</sup> an]
I	Feb.2023	94,7	10,1	61,6	7,3	99,1	12	120,1	14,7
II	Feb.2023	98,4	10,9	66,8	8,1	103,7	12,8	127,9	16
III	Feb.2023	98,9	11,5	71	8,8	105,9	13,5	133,3	17,1
IV	Feb.2023	100,6	12,2	76,5	9,7	109,5	14,3	140,6	18,5
V	Feb.2023	102,6	13	82	10,6	113,1	15,1	147,9	19,9

În România există aproximativ 5,6 mil. clădiri având o suprafață utilă încălzită de 644 mil. m<sup>2</sup>.

Există aproximativ 81.000 de blocuri de apartamente, concentrate în zonele urbane, reprezentând cam 2% din fondul clădirilor, însumând 37% din locuințele din România – în jur de 3,18 mil. apartamente.

Ca suprafață utilă, cele mai frecvente sunt clădirile de locuințe unifamiliale de la țară (43%), urmate de cele colective din mediul urban (34%). Suprafața construită totală este de 493 mil. m<sup>2</sup>, din care clădirile rezidențiale reprezintă 86%. Suprafața locuibilă a crescut constant de la circa 270 mil. m<sup>2</sup> în anul 2000 până la 425 mil. m<sup>2</sup> la sfârșitul anului 2016.

Peste 60% din blocurile de locuințe au regim de înălțime P+4 etaje, iar 16% au P+10 etaje. Apartamentele din blocuri au o suprafață utilă încălzită medie de 48 m<sup>2</sup>, față de o medie de 73 m<sup>2</sup> pentru locuințele unifamiliale. În ceea ce privește structura clădirilor, majoritatea clădirilor sunt construite din panouri mari prefabricate, structuri din beton armat și zidărie de cărămidă, cu o pondere de peste 70%. O gospodărie din șapte se confruntă cu probleme serioase privind calitatea spațiului locuit, cele mai frecvente fiind deteriorarea pereților, a podelelor, a tocurilor de ferestre și apariția fenomenelor de igrasie și condens.

Majoritatea clădirilor rezidențiale au fost construite în perioada 1961-1980, perioada în care cerințele de eficiență energetică erau mult mai scăzute față de modificările aduse prin actualizarea normelor de proiectare C107 în anul 1997. Aproximativ 53% din clădirile de locuit au fost construite înainte de 1970 și peste 90% înainte de 1989, cu un nivel al performanței energetice cuprins între 150 și 400 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Prin urmare, fondul imobiliar existent are un potențial semnificativ de creștere a performanței energetice, 2,4 mil. apartamente construite înainte de 1985 necesitând reabilitare și modernizare termică.

Astfel, pe baza celor de mai sus, se simte necesitatea unui proces extins de renovare a clădirilor în mod independent sau prin includerea în proiecte de regenerare urbană bazate pe o abordare integrată a arhitecturală, economică, socială și de mediu. În funcție de fiecare caz în parte sau de sursa de finanțare, pot fi luate măsuri complementare specifice incluse ca cerințe eligibile suplimentare la pachetele propuse în timpul implementării.

Proiectarea unei clădiri la nivelul NZEB trebuie să se facă pe baza principiilor conceptelor de clădiri eficiente din punct de vedere energetic, construite ca fiind ecologice și monitorizate în timpul utilizării (de exemplu: Casă pasivă, Casă activă, Clădire verde etc.). În acest sens, trebuie acordată o atenție deosebită următoarelor aspecte, cu condiția prioritară de a asigura condițiile interioare de confort și sănătate pentru utilizatori:

- o poziționare a încăperilor în funcție de orientarea cardinală și de zona de amplasare
- să asigure un strat de izolare termică continuă pe conturul anvelopei clădirii și să atingă un nivel de izolație termică pentru a asigura valorile rezistenței termice necesare pentru NZEB, inclusiv un impact minim al punților termice prin manipularea corespunzătoare a detaliilor îmbinării care reprezintă punți termice
- tâmplărie exterioară cu performanțe termice ridicate: cadru termoizolant și geam dublu sau triplu (două sau trei foi de sticlă), cu tratament low-e și/sau protecție solară
- asigurarea unui strat continuu de etanșeitate la aer a întregii anvelope a clădirii
- furnizarea de elemente de stocare a energiei termice și/sau electrice produse local
- materiale care sunt ecologice sau au un impact minim asupra sănătății utilizatorilor clădirilor și care permit economia circulară după terminarea duratei lor de viață
- surse regenerabile de energie încorporate în elementele de construcție (de exemplu: celule fotovoltaice în acoperișul clădirii sau în structura suprafețelor vitrate)

Pentru a atinge o pondere de minimum 30% a energiei din surse regenerabile de energie, pot fi utilizate sisteme cum ar fi:

- pompe de căldură aer-apă
- pompe de căldură sol-apă
- cazane pe gaz sau cazane pe biomasă combinate cu panouri solare termice
- pompe de căldură aer-aer
- turbine eoliene pentru zonele climatice în care viteza medie a vântului este mai mare de 5 m/s anual
- panouri fotovoltaice pentru producerea de energie electrică

În România numărul clădirilor certificate utilizând metodologiile de certificare BREEAM, LEED, DGNB și altele ca fiind clădiri verzi este în continuă creștere. De exemplu, în anul 2020, numărul de certificate emise s-a dublat comparativ cu anul 2019 (Cristea, 2021).

Având în vedere faptul că, începând din anul 2021 construirea și renovarea la nivelul cerințelor NZEB a devenit obligatorie, este de așteptat ca fondul de clădiri NZEB să fie din ce în ce mai mare, în coroborare cu viziunea la nivelul UE.

Planul Național de Redresare și Reziliență impune, de asemenea, accent pe dezvoltarea clădirilor cu o performanță energetică ridicată. Aceasta include adoptarea standardelor de construcție durabilă și eficientă energetică pentru clădirile noi, precum și promovarea certificărilor și etichetelor energetice pentru a informa consumatorii și a încuraja investițiile în clădiri mai eficiente din punct de vedere energetic.

Măsurile prevăzute în PNRR pentru clădiri vizează diverse aspecte legate de eficiența energetică, renovarea și modernizarea clădirilor existente, utilizarea surselor de energie regenerabilă și adoptarea unor standarde ridicate privind performanța energetică a clădirilor noi.

PNRR este un plan strategic care stabilește prioritățile de investiții și reforme pentru utilizarea fondurilor alocate României prin Mecanismul de Redresare și Reziliență al Uniunii Europene. În

cadrul acestui plan, se acordă o atenție deosebită eficienței energetice a clădirilor, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și dezvoltarea unui mediu construit durabil.

PNRR promovează renovarea energetică a clădirilor existente pentru a le îmbunătăți eficiența și a reduce consumul de energie. Aceasta implică modernizarea sistemelor de izolare termică, înlocuirea echipamentelor și instalațiilor energetice învechite cu echipamente eficiente din punct de vedere energetic, precum și integrarea soluțiilor de automatizare și control pentru a optimiza consumul de energie.

De asemenea, PNRR încurajează instalarea surselor de energie regenerabilă în clădiri, cum ar fi panouri solare fotovoltaice și sisteme de cogenerare, pentru a reduce dependența de sursele de energie convenționale și a promova utilizarea energiei verzi. Aceste măsuri contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la tranziția către un sistem energetic mai sustenabil.

Nivelul de digitalizare în sectorul construcțiilor din România este într-o etapă de dezvoltare și adoptare treptată a tehnologiilor digitale. În ultimii ani, s-au observat progrese în implementarea soluțiilor digitale în diverse aspecte ale industriei construcțiilor, dar există încă o mare oportunitate pentru a accelera procesul de digitalizare.

Una dintre tendințele majore în sectorul construcțiilor este utilizarea tehnologiilor informaționale pentru managementul proiectelor și proceselor. Aplicațiile și platformele software pentru managementul proiectelor, colaborarea și comunicarea între echipele de lucru sunt din ce în ce mai utilizate. Aceste instrumente digitale facilitează schimbul de informații în timp real, reducând riscul de erori și întâzieri și îmbunătățind eficiența generală a proiectelor.

De asemenea, utilizarea tehnologiilor de modelare informatică a construcțiilor (BIM) câștigă tot mai multă popularitate în România. BIM permite crearea, gestionarea și schimbul de modele 3D și informații asociate, inclusiv date despre materiale, costuri și termene, între diferitele părți implicate într-un proiect de construcții. Implementarea BIM aduce beneficii semnificative în gestionarea proiectelor, coordonarea activităților și reducerea riscurilor.

În procesul de digitalizare a sectorului construcțiilor din România, un concept important care câștigă tot mai multă atenție este cel al "digital twin" (geamăn digital). Un digital twin reprezintă o replică virtuală a unei clădiri sau a unei infrastructuri, care integrează informațiile din viața reală într-un mediu digital. Digital twin-ul unei clădiri este creat prin colectarea și integrarea datelor provenite din diverse surse, cum ar fi modelele BIM, datele de la senzori IoT și informațiile despre performanța energetică. Aceste date sunt apoi utilizate pentru a simula și monitoriza în timp real funcționarea și starea clădirii în mediul virtual.

Există, totuși, și provocări în procesul de digitalizare a sectorului construcțiilor în România. Acestea includ rezistența la schimbare, lipsa de conștientizare și cunoștințe despre beneficiile digitalizării, precum și costurile inițiale ridicate asociate cu implementarea și adaptarea la tehnologiile digitale, precum și necesitatea unei infrastructuri IT adecvate tuturor tehnologiilor utilizate. De asemenea, există nevoia de a dezvolta competențele digitale ale personalului din sectorul construcțiilor pentru a putea utiliza eficient noile tehnologii.

### **3. Impactul clădirilor asupra mediului**

Există multe beneficii care se regăsesc în construirea într-un mod responsabil față de mediu. De exemplu, aceasta poate duce la economii de costuri pe termen lung prin reducerea consumului de energie și a deșeurilor. De asemenea, poate îmbunătăți sănătatea și bunăstarea ocupanților, oferind un mediu interior mai sănătos și mai confortabil. În plus, aceasta poate contribui la atenuarea efectelor schimbărilor climatice și la conservarea resurselor naturale pentru viitoarele generații.

În timp ce ecologismul este o mișcare importantă, ecologismul extrem poate avea consecințe negative pentru societatea și economia noastră. Clădirile sunt necesare pentru viața noastră de zi cu zi, dar trebuie să ne concentrăm pe construitul într-un mod responsabil față de mediu, care să minimizeze impactul nostru asupra planetei. Acest lucru va necesita un efort de colaborare între guvern, întreprinderi și persoane fizice pentru a realiza un mediu construit durabil și rezilient.

Pentru a promova practicile de construcție responsabile față de mediu, o serie de instrumente de construcție ecologică au fost dezvoltate în întreaga lume (UNEP, 2007, 2018; European Commission, 2010; BREEAM, 2016; Green Building Council Australia, 2019; LEED v4.1, 2019; World Green Building Council, 2019). Aceste instrumente oferă orientări și standarde pentru proiectarea, construcția și funcționarea clădirilor care prioritizează sustenabilitatea și minimizează impactul asupra mediului. Mai jos sunt unele dintre cele mai utilizate instrumente de construcție verde pe scară largă:

1. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) - UK BREEAM este un program de certificare a clădirilor verzi care a fost dezvoltat de Building Research Establishment (BRE) din Marea Britanie. Acesta oferă un cadru pentru proiectarea, construcția și exploatarea clădirilor, care acordă prioritate sustenabilității și eficienței energetice. Clădirile care îndeplinesc standardele BREEAM sunt certificate ca fiind responsabile din punct de vedere ecologic și durabile.
2. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) - USA LEED este un program de certificare a clădirilor verzi care a fost dezvoltat de US Green Building Council (USGBC). Acesta oferă un cadru pentru proiectarea, construcția și exploatarea clădirilor, care acordă prioritate sustenabilității și eficienței energetice. Clădirile care îndeplinesc standardele LEED sunt certificate ca fiind responsabile din punct de vedere ecologic și durabile.
3. DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), care se traduce prin Consiliul german pentru construcții durabile. DGNB oferă un cadru pentru proiectarea, construcția și exploatarea clădirilor, care acordă prioritate sustenabilității, eficienței energetice și responsabilității sociale. Clădirile care îndeplinesc standardele DGNB sunt certificate ca fiind responsabile din punct de vedere ecologic și durabile.
4. Green Star – Australia Green Star este un program de certificare a clădirilor verzi care a fost dezvoltat de Green Building Council of Australia (GBCA). Acesta oferă un cadru pentru proiectarea, construcția și exploatarea clădirilor, care acordă prioritate sustenabilității și eficienței energetice. Clădirile care îndeplinesc standardele Green Star sunt certificate ca fiind responsabile din punct de vedere ecologic și durabile.
5. CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) – Japonia CASBEE este un program de certificare a clădirilor ecologice care a fost dezvoltat de Japan Sustainable Building Consortium (JSBC). Acesta oferă un cadru pentru proiectarea, construcția și exploatarea clădirilor, care acordă prioritate sustenabilității și eficienței energetice. Clădirile care îndeplinesc standardele CASBEE sunt certificate ca fiind responsabile din punct de vedere ecologic și durabile.
6. Green Mark – Singapore Green Mark este un program de certificare a clădirilor verzi care a fost dezvoltat de Autoritatea pentru Construcții și Construcții (BCA) din Singapore. Acesta oferă un cadru pentru proiectarea, construcția și exploatarea clădirilor, care acordă prioritate sustenabilității și eficienței energetice. Clădirile care îndeplinesc standardele Green Mark sunt certificate ca fiind responsabile din punct de vedere ecologic și durabile.

Aceste instrumente de construcție ecologică și multe altele, au avut succes în promovarea practicilor de construcție responsabile față de mediu în întreaga lume. Prin furnizarea de orientări și standarde pentru proiectarea și exploatarea durabilă a clădirilor, aceste instrumente au contribuit la reducerea impactului clădirilor asupra mediului, promovând în același timp eficiența energetică și durabilitatea.

Mai multe țări au făcut obligatorie utilizarea instrumentelor de construire ecologică prin intermediul legislației. Iată câteva exemple:

- În Franța, toate clădirile comerciale noi mai mari de 1.000 de metri pătrați trebuie să fie certificate în cadrul unuia dintre următoarele programe de certificare a clădirilor verzi: HQE (Haute Qualité Environnementale), BREEAM sau LEED. Această cerință a fost introdusă în 2010 ca parte a mesei rotunde de mediu Grenelle din Franța





Finanțat de  
Uniunea Europeană  
NextGenerationEU



Planul Național  
de Redresare și Reziliență

- În Regatul Unit (UK), toate clădirile noi trebuie să respecte standardele de performanță energetică stabilite în partea L din Regulamentele privind construcțiile. Certificarea BREEAM este, de asemenea, pe scară largă în Regatul Unit (UK). Certificarea BREEAM este, de asemenea, utilizată pe scară largă și este recunoscută ca un punct de referință pentru practicile de construcție durabile
- În Emiratele Arabe Unite (EAU), toate clădirile noi și renovările majore trebuie să îndeplinească cerințele minime ale sistemului de evaluare Estidama Pearl, care este un program de certificare a clădirilor verzi. Programul evaluează clădirile în ceea ce privește sustenabilitatea, eficiența energetică, eficiența apei și impactul asupra mediului
- Australia. În Australia, Codul Național al Construcțiilor (NCC) prevede utilizarea practicilor și materialelor de construcție eficiente din punct de vedere energetic. Programul de certificare Green Star este, de asemenea, utilizat pe scară largă și este recunoscut ca un punct de referință pentru practicile de construcție durabilă

Metodologiile de construcție ecologică menționate anterior utilizează un sistem care evaluează sustenabilitatea unei clădiri pe baza diferitelor criterii, cum ar fi eficiența energetică, calitatea mediului interior, materialele, resursele, transportul durabil, evaluarea ciclului de viață și durabilitatea sitului. Clădirile sunt punctate pe baza performanței lor pe baza acestor criterii și primesc un nivel de certificare pe baza scorului total final obținut.

Pe lângă evaluarea sustenabilității unei clădiri, aceste instrumente de construcție ecologică promovează o abordare holistică a durabilității prin încurajarea colaborării între diferitele părți interesate implicate în procesul de construcție. Aceste părți interesate pot include arhitecți, ingineri, constructori/dezvoltatorii imobiliari și proprietarii de clădiri. Scopul este de a crea clădiri care nu sunt doar durabile din punctul de vedere al mediului, ci și durabile din punct de vedere social și economic.

În general, strategia comună a acestor instrumente de construcție ecologică este de a promova practici de construcție sustenabile care reduc impactul clădirilor asupra mediului, creând în același timp spații sănătoase, eficiente și confortabile în care oamenii să locuiască și să lucreze. Subliniind sustenabilitatea ca un aspect cheie în procesul de construcție, aceste instrumente reprezintă un pas important către un mediu construit mai durabil.

Obținerea unei performanțe energetice optime a clădirilor este un aspect esențial al practicilor de construcție durabilă și necesită abordarea mai multor măsuri-cheie de eficiență energetică. Performanța anvelopei clădirilor reprezintă o astfel de măsură. Acest lucru implică evaluarea izolației termice și etanșeității la aer a anvelopei clădirii cu scopul minimizării pierderilor/aporturilor de căldură. De obicei, aceasta este evaluată prin măsurători nedistructive, de exemplu utilizând termografierea în infraroșu pentru evaluarea pierderilor de căldură prin anvelopă, precum și prin utilizarea instrumentelor de testare a etanșeității clădirii, cum ar fi testul cu ușa suflantă).

Eficiența sistemelor HVAC este un alt domeniu important de interes. Acest lucru implică evaluarea eficienței sistemelor de încălzire și răcire, precum și a sistemelor de ventilație, pentru a se asigura că acestea furnizează aer proaspăt, reducând în același timp consumul de energie.

Eficiența iluminatului este, de asemenea, un aspect esențial în promovarea eficienței energetice. Acest lucru implică încurajarea utilizării unor sisteme de iluminat eficiente din punct de vedere energetic, cum ar fi becurile LED și senzorii care opresc luminile atunci când o cameră este neocupată. Măsurători precum densitatea puterii de iluminare a clădirii (LPD) sunt adesea folosite pentru a evalua eficiența iluminării.

În cele din urmă, utilizarea surselor regenerabile de energie este esențială pentru obținerea unei performanțe energetice optime a clădirii. Acestea pot include panouri solare, turbine eoliene, sisteme geotermale și alte tehnologii care se bazează pe surse regenerabile. Clădirile trebuie să

demonstreze un nivel minim de utilizare a energiei din surse regenerabile pentru a atinge un nivel de certificare mai ridicat în cazul utilizării metodologiilor de certificare verde a clădirilor, unele instrumente oferind puncte suplimentare pentru depășirea acestei cerințe minime. Prin abordarea acestor măsuri-cheie de eficiență energetică, clădirile își pot minimiza consumul de energie, își pot reduce impactul asupra mediului și pot obține performanțe energetice optime.

Practicile de construcție durabilă sunt esențiale pentru abordarea provocărilor presante de mediu cu care ne confruntăm în prezent, iar eficiența energetică este un aspect esențial al atingerii acestor obiective.

Reducerea consumului de apă este un aspect-cheie al practicilor de construcție durabile. O măsură este instalarea de corpuri sanitare cu debit redus, cum ar fi robinete și capete de duș, care pot reduce semnificativ consumul de apă. O altă măsură este utilizarea toaletelor eficiente care utilizează mai puțină apă.

Gestionarea eficientă a apelor pluviale și a apelor uzate este, de asemenea, importantă în practicile de construcție sustenabilă. Sistemele de recoltare a apelor pluviale pot fi instalate pentru colectarea apei de ploaie pentru reutilizare în irigații sau spălarea toaletelor. Sistemele de tratare a apelor uzate la fața locului pot fi, de asemenea, utilizate pentru tratarea și reutilizarea apelor uzate, reducând cererea de alimentare cu apă municipală.

Practicile de amenajare a teritoriului eficiente din punct de vedere al apei pot fi puse în aplicare prin utilizarea unor specii de plante native care necesită mai puține irigații. Sistemele de irigare care utilizează controlere bazate pe vreme pot, de asemenea, să minimizeze pierderile de apă. Gestionarea calității apei este un alt aspect important al practicilor durabile ale clădirilor, iar acest lucru poate fi realizat prin utilizarea sistemelor de filtrare pentru a elimina impuritățile din apa potabilă și măsuri de prevenire a poluării apei cauzate de scurgeri sau din alte surse.

În concluzie, reducerea consumului de apă și minimizarea impactului clădirilor asupra resurselor locale de apă sunt aspecte importante ale practicilor durabile de construcție. Prin punerea în aplicare a unor măsuri de reducere a utilizării apei, de gestionare a apelor pluviale și a apelor uzate și de menținere a calității apei, clădirile pot contribui la un mediu mai sănătos.

Gestionarea eficientă a deșeurilor este o componentă importantă a practicilor de construcție durabile, iar cerințele de reglementare impun mai multe măsuri pentru a aborda acest aspect. Scopul principal este de a reduce cantitatea de deșuri generate în timpul construcției și funcționării clădirilor și de a promova reciclarea și eliminarea responsabilă a deșeurilor.

Pentru a realiza o gestionare eficientă a deșeurilor, administratorii clădirilor trebuie să stabilească o cultură a gestionării responsabile a deșeurilor în rândul ocupanților clădirilor. Acest lucru poate implica furnizarea de educație și formare pentru ocupanții clădirii cu privire la modul de sortare și eliminare a deșeurilor în mod corespunzător. Ocupanții clădirilor trebuie, de asemenea, încurajați să participe activ la programele de reciclare, oferind instalații de reciclare adecvate și facilitând reciclarea acestora.

De exemplu, materialele de construcție care pot fi reciclate sau reutilizate ar trebui să fie prioritizate față de cele care nu pot. Deșeurile generate în timpul activităților de construcție și renovare trebuie, de asemenea, să fie reduse la minimum printr-o planificare atentă și un management de proiect.

Impactul clădirii asupra mediului natural se extinde dincolo de șantier și în ecosistemul înconjurător. Proiectarea și construirea clădirilor poate avea un impact semnificativ asupra mediului natural și este esențial să se ia în considerare conservarea ecosistemului în timpul procesului. Aceasta implică adoptarea diferitelor măsuri pentru menținerea echilibrului ecologic, cum ar fi conservarea habitatelor naturale, promovarea biodiversității și minimizarea utilizării speciilor non-native.

Conservarea habitatelor naturale este esențială pentru menținerea echilibrului ecologic și poate fi realizată prin protejarea și refacerea ecosistemelor, cum ar fi zonele umede, pădurile și pajiștile. Speciile non-native pot avea un impact negativ asupra ecosistemului local prin perturbarea echilibrului natural, astfel încât utilizarea lor ar trebui să fie redusă la minimum.

Promovarea biodiversității este, de asemenea, importantă, iar proiectarea clădirilor poate încorpora caracteristici precum acoperișurile verzi, fațade verzi și vegetația nativă în amenajarea teritoriului. Planificarea durabilă a siturilor poate, de asemenea, să minimizeze impactul clădirilor asupra ecosistemelor înconjurătoare prin reducerea cantității de suprafețe impermeabile și conservarea caracteristicilor naturale.

Articolul *"There's More to Buildings Than Meets the Eye. They hold a key to net-zero emissions"* (AIE, 2023) discută despre rolul crucial pe care îl joacă clădirile în atingerea emisiilor nete egale cu zero și despre necesitatea ca factorii de decizie politică să se concentreze asupra măsurilor de eficiență energetică și a surselor regenerabile de energie în mediul construit. Articolul susține că, deși este posibil ca clădirile să nu fie cel mai vizibil sau mai interesant aspect al tranziției energetice, acestea reprezintă o componentă esențială în atingerea neutralității emisiilor de dioxid de carbon și în atenuarea schimbărilor climatice. Pentru a obține un nivel net al emisiilor egal cu zero până în 2050, este esențial să se abordeze utilizarea energiei din surse regenerabile în clădiri și să se reducă amprenta de carbon a acestora. Acest lucru poate fi realizat printr-o combinație de măsuri de eficiență energetică, cum ar fi izolarea termică a clădirilor, și implementarea tehnologiilor de energie din surse regenerabile, cum ar fi panourile solare și altele.

În plus, ar trebui să se sublinieze importanța realizării de politici și reglementări care să încurajeze implementarea tehnologiilor eficiente din punct de vedere energetic și a surselor regenerabile de energie în mediul construit. Aceasta include oferirea de stimulente pentru proprietarii și dezvoltatorii imobiliari pentru a investi în modernizări eficiente din punct de vedere energetic și în sisteme de energie din surse regenerabile. Factorii de decizie politică trebuie, de asemenea, să depună eforturi pentru îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor existente, deoarece majoritatea clădirilor care vor defini fondul de clădiri existent în la nivelul anului 2050, au fost deja construite.

## **4. Analiza cost-beneficiu cu privire la mediul construit în ceea ce privește siguranța, eficiența energetică și impactul asupra mediului**

### **4.1 Siguranță și durabilitate**

Siguranța parcului imobiliar existent în România este un subiect strâns legat de potențialele avarii în cazul unui eveniment seismic. Potrivit unui raport recent elaborat de Comisia Europeană și Banca Mondială privind riscul financiar și oportunitățile de consolidare a rezilienței în Europa (BIRD/Banca Mondială, 2021), România se află în primele trei pentru țările UE cu cel mai mare risc seismic, ajungând la pierderi medii anuale de 0,12% din totalul parcului imobiliar în cazul unui eveniment extrem.

În plus, clădirile rezidențiale reprezintă jumătate din pierderile estimate. Pentru a asigura siguranța mediului construit, România a accelerat acțiunile de creștere a rezilienței seismice prin Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic (SNRRS, 2022), aprobată de Guvernul României în 2022. Având în vedere îmbătrânirea parcului imobiliar din România, este extrem de important să se aplice

intervenții integrate care să abordeze atât creșterea performanței energetice, cât și consolidarea structurală. Prin urmare, Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic a fost elaborată având în vedere și principiile măsurilor de eficiență energetică incluse în Strategia Națională de Reabilitare pe Termen Lung (Departamentul Pentru Dezvoltare Durabilă, 2020), aprobată în 2020.

Un punct central al strategiei este reprezentat de necesitatea de a armoniza măsurile de siguranță seismică cu cerințele de durabilitate, urmărind astfel creșterea beneficiilor pentru utilizatorii finali. Pentru a proiecta investiții optime pentru parcul imobiliar existent care să acopere nevoile în ceea ce privește siguranța, eficiența energetică și impactul asupra mediului, analiza cost-beneficiu trebuie să includă contribuții pentru toate aceste obiective. Stabilirea unui set predefinit de parametri cheie pentru procesul de prioritizare trebuie făcută înainte de analiza cost-beneficiu. Prin urmare, dintr-o listă extinsă a nevoilor de investiții, fondurile pot fi alocate celor care au cea mai mare nevoie de ele. În continuare, pe baza unor soluții alternative care pot crește siguranța structurală și pot reduce consumul de energie pentru clădiri, analiza cost-beneficiu poate fi utilizată pentru a studia scenariile de modernizare și reabilitare vs demolare și înlocuire.

Analizele cost-beneficiu sunt utilizate pentru a estima, pentru o anumită perioadă de timp, echilibrul dintre costurile de intervenție și beneficiile obținute. Pornind de la o listă de ipoteze și scenarii, realizările obținute sunt prezentate prin intermediul mai multor indicatori, cum ar fi rata de rentabilitate a investiției, valoarea actualizată netă și valoarea cost-beneficiu.

În special, pentru acțiunile seismice, abordarea standardizată prezentată în HAZUS (FEMA, 2003) implică metode de estimare a daunelor cauzate de cutremure, precum și conversia acestora în estimări financiare. Pierderile pot fi exprimate prin avarii structurale sau nestructurale și a conținutului clădirii afectat în caz de cutremur.

În plus, pierderile financiare pot fi atribuite, de asemenea, întreruperii activității, în special în cazul serviciilor publice care trebuie să se desfășoare în faza post-dezastru sau a altor efecte socioeconomice cauzate de un astfel de eveniment (necesitatea de a asigura adăposturi și locuințe temporare, întreruperea activităților educaționale etc.).

Studiile de estimare a pierderilor reprezintă o contribuție pentru analiza cost-beneficiu atunci când se referă la active sau activități care produc venituri pentru județ. Deoarece există o corelație puternică între daunele aduse clădirilor și numărul de victime în caz de cutremur, metodologia HAZUS oferă, de asemenea, orientări pentru estimarea pierderilor sociale directe. Cadrul ia în considerare mai mulți factori implicați în estimările accidentelor, cum ar fi: ratele de ocupare și vulnerabilitatea parcului imobiliar. Valoarea de înlocuire atribuită clădirilor și conținutul acestora ar trebui armonizate la nivel național, reflectând modelele standard de estimare a costurilor din industrie. În mod similar, costurile standardizate pentru intervențiile de re tehnologizare trebuie, de asemenea, să fie luate în considerare pentru mai multe tipuri de intervenții, în funcție de gravitatea daunelor preconizate și de alți parametri ai clădirii (vârstă, regim de înălțime, locație, sistem structural etc.)

Pe lângă beneficiile care au reprezentat pierderi directe, indirecte și de vieți omenești, există și alte beneficii pentru care este mai dificil să se stabilească echivalente monetare. Investițiile în clădiri mai sigure și mai eficiente din punct de vedere energetic deblochează, de asemenea, potențialul de dezvoltare prin simularea inovării în domeniu și consolidarea economiei pentru acest tip de investiții (GFDRR/ The World Bank Group, 2015).

Conform programului de investiții derulat pentru Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic, în scenariul unui cutremur cu valori PGA având probabilitate de depășire de 39% în 50 de ani (corespunzător perioadei medii de returnare de 100 de ani și  $MW = 7,5 \dots 7,6$ ), investițiile în modernizarea sectoarelor prioritare (clădiri publice din sectorul sanitar și administrativ și clădiri rezidențiale cu soft-story, construite înainte de 1977) conduc la rate cost-beneficiu mai mari de 2,5,

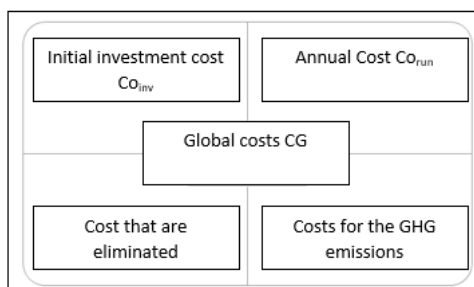
cu perioade de recuperare de 7 până la 15 ani. Prin urmare, beneficiile care reprezintă viețile salvate și pierderile evitate acoperă costurile de re tehnologizare într-un orizont de planificare de 50 de ani. Cu toate acestea, pentru a avea estimări mai rafinate, trebuie completate lacunele actuale din etapa de colectare a datelor, iar aceste rezultate trebuie combinate cu costurile și beneficiile care decurg din investițiile în eficiența energetică pentru același parc imobiliar.

#### 4.2 Eficiența energetică și impactul asupra mediului

Metoda costului optim este utilizată în scopul dezvoltării de soluții pentru re tehnologizarea clădirilor existente, precum și în scopul proiectării energetice a clădirilor noi, eficiente din punct de vedere energetic care, în conformitate cu prevederile art. 9 din Directiva 31/2010/UE trebuie introdusă în clasa energetică a clădirilor cu un consum de energie aproape egal cu zero (în ceea ce privește sursele de energie convenționale și fosile).

În conformitate cu Directiva Europeană 31/2010, transpusă în legislația românească prin Regulamentul 244/2012, nivelul optim al costurilor investiției și obiectivele de performanță energetică trebuie să fie în raza de acțiune pentru analiza cost-beneficiu a unui ciclu de viață pozitiv.

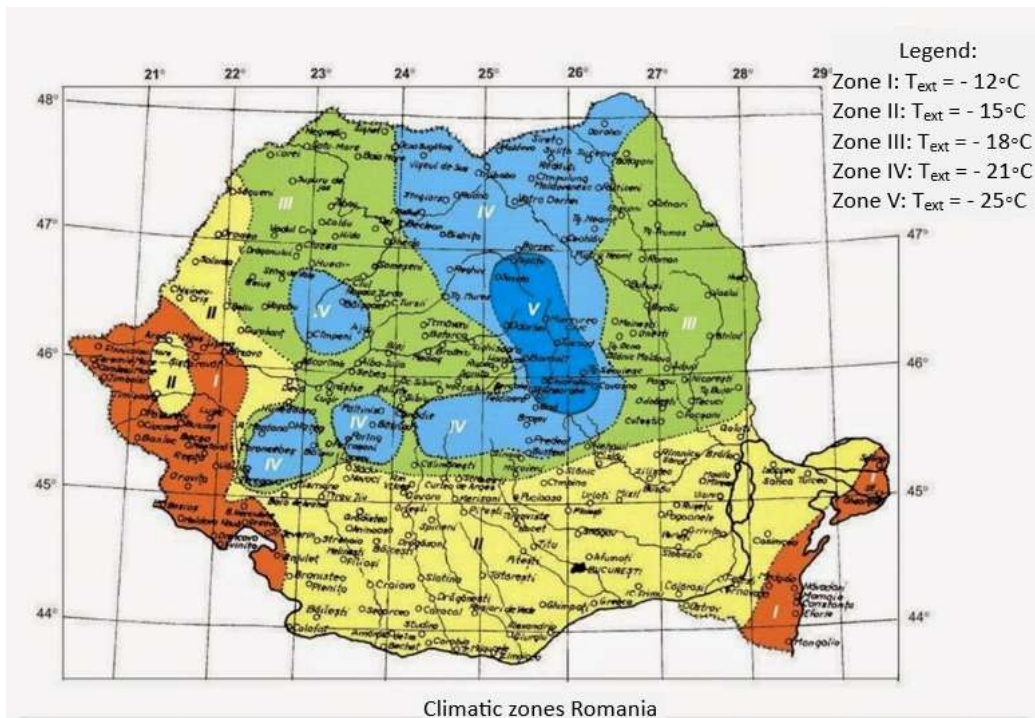
Metoda adoptată pentru determinarea impactului economic și a metodei optime sau globale a costurilor se bazează pe istoricul costurilor, pornind de la costurile de achiziție a terenurilor, costurile anterioare, până la costurile de execuție, costurile prezente și până la costurile de exploatare, costurile viitoare. Costul global poate fi definit ca suma costurilor inițiale și a costurilor de exploatare ulterioare. În același timp, în ceea ce privește calculul dedicat nivelului macroeconomic, spre deosebire de cel financiar, trebuie luat în considerare și costul emisiilor de gaze cu efect de seră (a se vedea Figura 4.1 (UTCB, 2021)).



**Figura 4.1 - Schema de calcul a costurilor globale**

Pentru a sublinia analiza costurilor globale, mai jos este prezentat un caz de studiu pentru o clădire colectivă cu 10 etaje.

Rezultatele au fost determinate pentru cele cinci zone diferite în care temperaturile exterioare variază în conformitate cu Figura 4.2.



**Figura 4.2 - Zonele climatice din România**

Pentru regiunea României, pentru blocurile de locuințe cu următoarea structură, Subsol + Parter + 10 Etaje, s-au obținut următoarele rezultate la momentul implementării soluțiilor de renovare, precum cele de mai jos:

- izolarea termică a pereților exteriori – 10 cm polistiren  $\Rightarrow R' = 2,31 \text{ m}^2\text{K/W}$
- diferite tipuri de suprafețe de geamuri -  $R = 0,77 \text{ m}^2\text{K/W}$
- izolarea termică a terasei - 20 cm polistiren  $\Rightarrow R' = 5,31 \text{ m}^2\text{K/W}$
- utilizarea pompelor de căldură.

Pentru blocurile de locuințe în cazul apartamentelor, inclusiv B+P+10F, rezultatele obținute în ceea ce privește costurile globale (1 RON = 0,2 EURO) sunt prezentate în figurile de mai jos (UTCB, 2021).

Rezultatele în clădirile din condominiu atunci când se aplică izolația termică pereților exteriori arată o reducere masivă a consumului de energie primară de la aproximativ 365 kWh/m<sup>2</sup>,an la aproximativ 150 kWh/m<sup>2</sup>,an. Acest lucru duce la reduceri suplimentare ale costurilor globale de la puțin peste 2000 RON/m<sup>2</sup> la valori în jur de 600 RON/m<sup>2</sup>. Rezultatele se pot vedea în Figura 4.3.

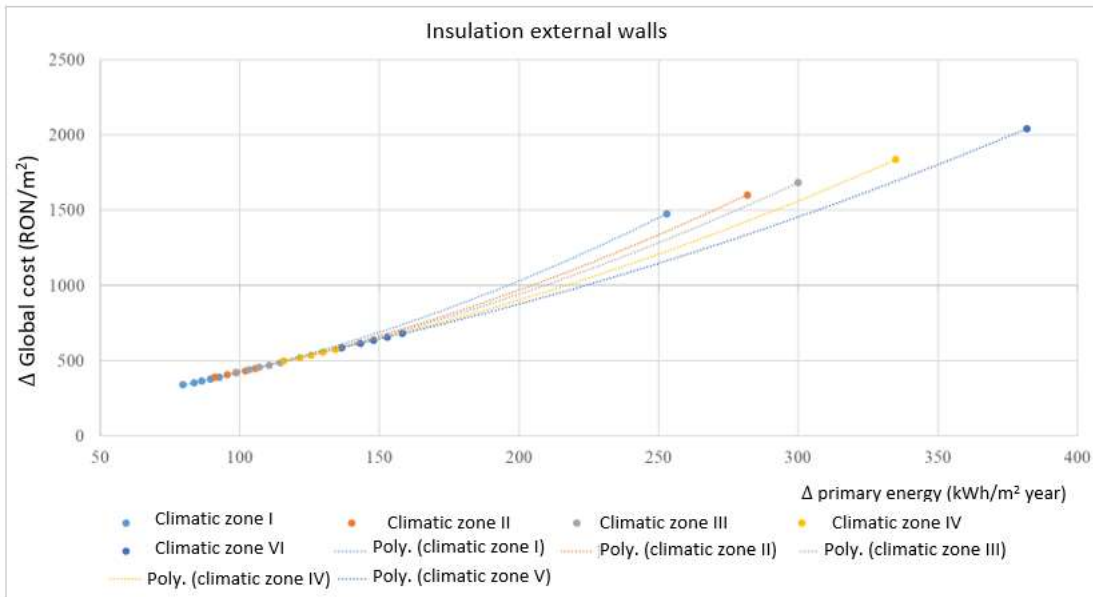


Figura 4.3 - Costul macroeconomic global pentru izolarea termica a peretilor exteriori B + P + 10F

Când vine vorba de suprafețele vitrate, impactul acestora pare semnificativ, după cum se poate vedea în Figura 4.4. Rezultatele au arătat că, pentru o zonă climatică I, renovarea constând în înlocuirea ferestrelor duce la o reducere a consumului de energie primară de la aproximativ 250 kWh/m<sup>2</sup>,an la valori în jur de 25 kWh/m<sup>2</sup>,an.

În ceea ce privește costurile optime globale aceasta înseamnă o investiție de aproximativ 1500 RON/m<sup>2</sup> care scade la aproximativ 100 RON/m<sup>2</sup>.

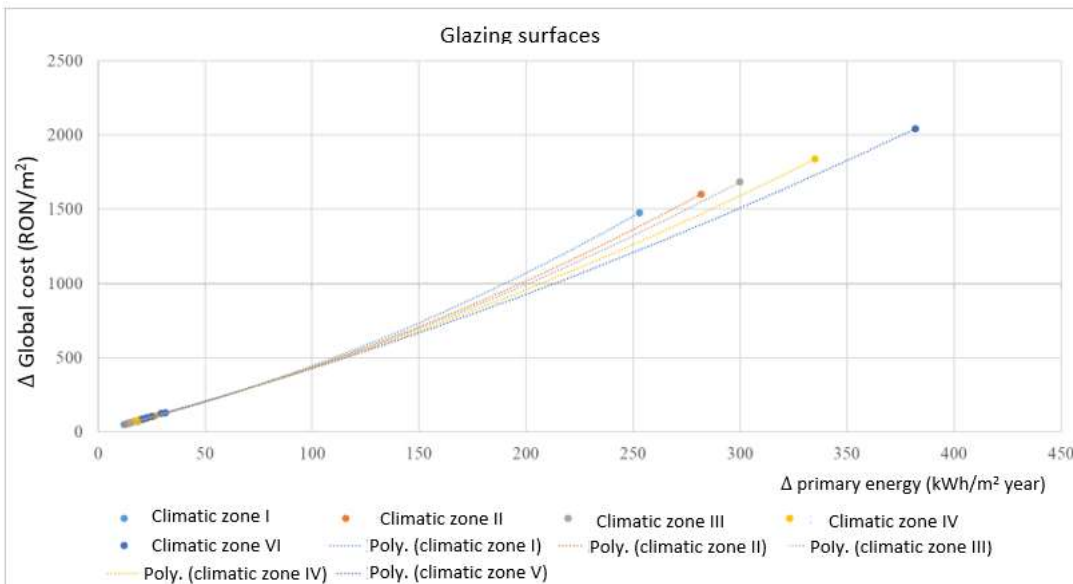
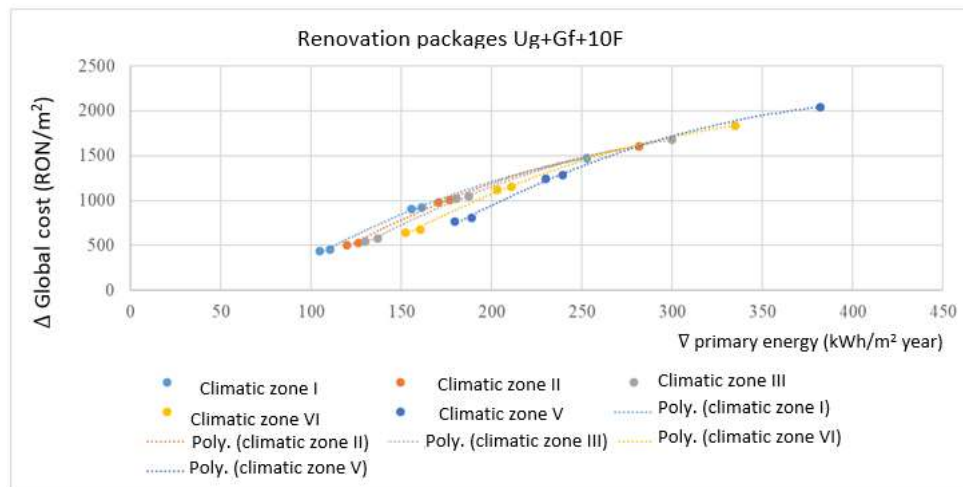


Figura 4.4 - Costul global macroeconomic pentru diferite tipuri de suprafețe vitrate B + Gf + 10F



**Figura 4.5 - Costul global macroeconomic pentru diferite pachete de soluții B + Gf + 10F**

În cele din urmă, atunci când sunt discutate toate pachetele de măsuri de reabilitare termică, așa cum se poate observa în Figura 4.5, pentru clădirile condominiului din zona climatică I, scăderea costurilor globale ale acestor strategii de renovare duce la o scădere a costurilor de la 1500 RON/m<sup>2</sup> la valori în jur de 500 RON/m<sup>2</sup>, în ceea ce privește energia primară, de la 250 kWh/m<sup>2</sup>, an la aproximativ 120 kWh/m<sup>2</sup>, an.

Pentru regiunea climatică V, aceasta înseamnă o reducere de la 370 kWh/m<sup>2</sup>, an la aproximativ 180 kWh/m<sup>2</sup>, an de energie primară. În costul global, acest lucru se traduce de la 2000 RON/m<sup>2</sup> la valori de aproximativ 600 RON/m<sup>2</sup>.

Unele strategii active și pasive importante sunt de obicei implementate în interiorul clădirilor pentru a reduce consumul de energie și emisiile de CO<sub>2</sub> cu scopul de a atinge standardul NZEB în conformitate cu legislația română:

- Izolație termică, sisteme performante de sisteme performante vitrate și sisteme de etanșare a anvelopelor clădirilor care pot reduce consumul de energie pentru încălzire cu până la 50-80%, având un randament al investiției între 5 și 10 ani, în funcție de tipul și grosimea izolației
- Sisteme de umbrire, care pot reduce consumul de energie pentru răcire între 20-50% în funcție de tipul de sistem (interior, exterior, vertical, orizontal, opacitate etc.)
- Panouri solare termice care pot reduce consumul de energie pentru apă caldă menajeră (ACM) cu până la 60%, având un randament al investiției între 3 și 7 ani, în funcție de tehnologia disponibilă
- Pompe de căldură aer-apă care reduc consumul de energie electrică de până la 3 ori față de un cazan electric, având un randament al investiției între 3 și 7 ani, în funcție de tehnologia disponibilă pe amplasament. În plus, atunci când este combinat cu un sistem fotovoltaic, sistemul ar putea fi parțial independent de energie. Sistemul este recomandat în special pentru aplicații rezidențiale și pentru suprafețe inferioare de până la 1000m<sup>2</sup>
- Pompe de căldură sol-apă care reduc consumul de energie electrică de până la 5 ori față de un cazan electric, având un randament al investiției între 5 și 10 ani, în funcție de tehnologia disponibilă pe amplasament. În plus, atunci când este combinat cu un sistem fotovoltaic, sistemul ar putea fi parțial independent de energie. Sistemul este recomandat în special pentru aplicații nerezidențiale și pentru suprafețe mai mari de până la 1000m<sup>2</sup>, unde există sarcini de răcire mai mari (de exemplu, clădiri de birouri, hoteluri, showroom-uri, clădiri publice etc.)
- Utilizarea iluminatului cu LED-uri care poate reduce consumul de energie pentru iluminat cu până la 80% și cu un randament al investiției în mai puțin de un an
- Sisteme fotovoltaice care pot produce până la 1,2 MWh/an în România, pe putere instalată de 1kWp, cu un randament al investiției între 4 și 7 ani



- Sistem de ventilație cu recuperare de căldură care poate reduce consumul de energie pentru preîncălzirea aerului proaspăt cu până la 90%, cu un randament al investiției cuprins între 5 și 10 ani, în funcție de tipul sistemului
- Sisteme de management al clădirilor (sisteme de automatizare BMS) care pot optimiza și reduce consumul cu energie cu până la 30%, având un randament al investiției între 5 și 10 ani, în funcție de complexitatea software-ului și hardware-ului de automatizare. Aceste sisteme pot avea, de asemenea, un impact mare în ceea ce privește siguranța și întreținerea clădirilor

Pentru a evidenția impactul diferitelor soluții asupra eficienței energetice a clădirilor și a impactului asupra mediului, trei cazuri de studiu (A, B și C) sunt prezentate mai jos pentru diferite tipuri de clădiri din România (CERUS, no date).

#### A. Clădire rezidențială, casa unifamilială – suprafața încălzită 312 m<sup>2</sup>, casa Gf+1E, situată în București, România

Pentru clădirea propusă au fost analizate patru cazuri:

1. **Cazul 1 (cazul inițial)** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB, cazan pe gaz și încălzire prin pardoseală ca sistem de încălzire, aer condiționat ca sistem de răcire, unitate de recuperare a căldurii pentru ventilație, sistem fotovoltaic 6kWp (costuri de investiție de 128 euro/m<sup>2</sup>)
2. **Cazul 2** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB, pompă de căldură aer-apă și încălzire prin pardoseală ca sistem de încălzire, aer condiționat ca sistem de răcire, unitate de recuperare a căldurii pentru ventilație, sistem fotovoltaic 4kWp (costuri de investiție de 153 euro/m<sup>2</sup>)
3. **Cazul 3** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB, pompă de căldură aer-apă și încălzire prin pardoseală ca sistem de încălzire, răcire radiantă (tavan și pereți), unitate de recuperare a căldurii pentru ventilație, sistem fotovoltaic 4kWp (costuri de investiție de 243 euro/m<sup>2</sup>).
4. **Cazul 4** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB, pompă de căldură aer-apă și încălzire prin pardoseală ca sistem de încălzire, răcire radiantă (tavan și pereți), unitate de recuperare a căldurii pentru ventilație, sistem fotovoltaic 7.6kWp (costuri de investiție de 258 euro/m<sup>2</sup>).

Pentru cele patru cazuri studiate, consumul de energie primară poate fi redus cu până la 52% în comparație cu cazul inițial prin implementarea surselor regenerabile de energie, iar emisiile specifice de CO<sub>2</sub> pot fi reduse cu până la 83% atunci când se crește impactul surselor regenerabile de energie.

Chiar dacă costul investiției pentru sistemele clădirilor poate fi de până la dublu (în cazul 4), costul total al clădirii este majorat cu doar 14%. Prin implementarea unor sisteme de clădiri eficiente din punct de vedere energetic, costurile de exploatare pot fi reduse cu până la 72% în 20 de ani, ceea ce va determina o rentabilitate a investiției în mai puțin de 15 ani. Rezultatele casei unifamiliale studiate sunt prezentate în figurile de mai jos (Figura 4.6 - Figura 4.8).

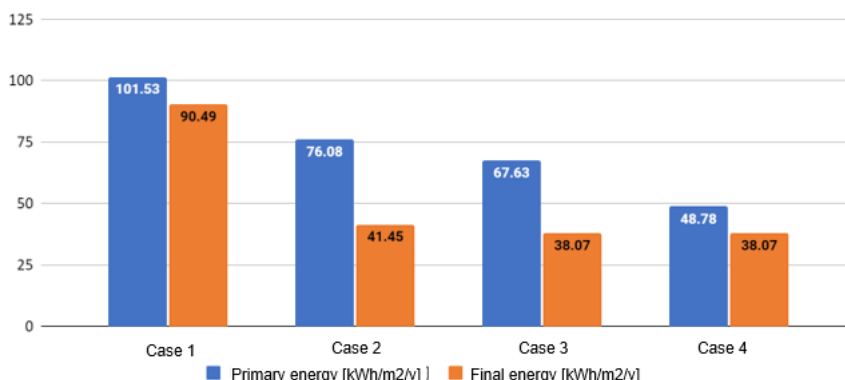


Figura 4.6 - Consumul de energie primară și de energie finală pentru cele patru cazuri studiate [kWh/m<sup>2</sup>/an]

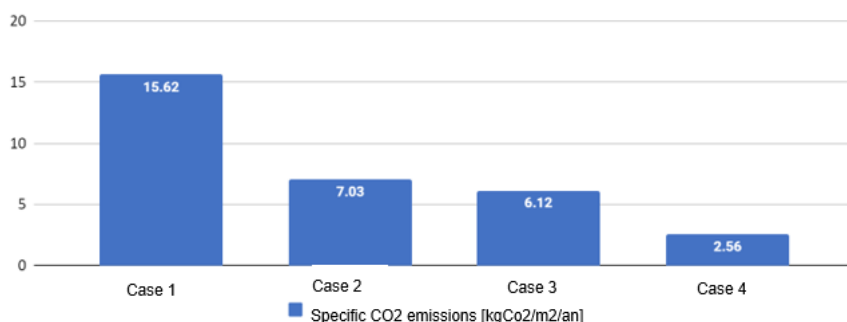


Figura 4.7 - Emisiile primare de CO2 pentru cele patru cazuri [kgCO2/m<sup>2</sup>/an]

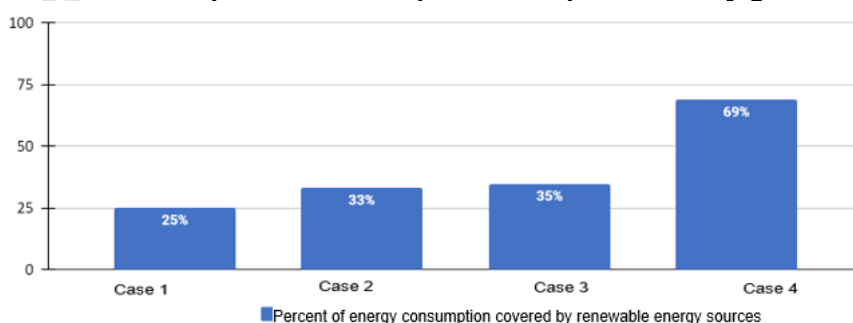


Figura 4.8 - Procentul din consumul de energie acoperit de SRE [%]

## B. Clădire comercială (mall) cu birouri - suprafața încălzită 14293 m<sup>2</sup>, situată în Arad, România

Pentru clădirea propusă au fost analizate patru cazuri:

- Cazul 1 (cazul inițial)** – anvelopa clădirii nu este conform standardului NZEB, acoperișul cu gaz și sistemul VRF pentru răcire și încălzire, convectoare electrice pentru încălzirea spațiilor, sisteme monosplit și multi split pentru răcirea birourilor, rezervoare electrice DHW pentru prepararea DHW, ventilație cu aer proaspăt 100% și fără bobină de recuperare a căldurii
- Cazul 2** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB (mai multe strategii de izolare termică și etanșare), acoperiș cu gaz și sistem VRF pentru răcire și încălzire, conectori electrice pentru încălzirea spațiilor, sisteme monosplit și multi split pentru răcirea birourilor, rezervoare electrice DHW pentru pregătirea DHW, ventilație cu recuperare de căldură cu răcire pe timp de noapte (by-pass)
- Cazul 3** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB (mai multe strategii de izolare termică și etanșare), răcitor aer-apă în modul pompă de căldură cu bobine de ventilator de conductă pentru încălzire și răcire, rezervoare electrice DHW pentru prepararea DHW, ventilație cu recuperare de căldură cu răcire pe timp de noapte (by-pass)
- Cazul 4** – anvelopa clădirii este conform standardului NZEB (mai multe strategii de izolare termică și etanșare), răcitor aer-apă în modul pompă de căldură cu bobine de ventilator de conductă pentru încălzire și răcire, rezervoare electrice DHW pentru pregătirea DHW, ventilație cu recuperare de căldură cu răcire pe timp de noapte (by-pass), sistem BMS de bază pentru încălzire, răcire și automatizarea iluminării, sistem fotovoltaic ON-GRID

Pentru cele patru cazuri studiate, consumul de energie primară poate fi redus cu până la 65% în comparație cu cazul inițial prin implementarea surselor regenerabile de energie, în timp ce emisiile specifice de CO<sub>2</sub> pot fi reduse cu până la 77% atunci când se crește impactul surselor regenerabile de energie.

Chiar dacă costul investiției este de până la 4 ori mai mare în cazul implementării unor strategii de eficiență energetică precum izolarea termică suplimentară, etanșarea în plicuri, pompele de căldură, sistemele fotovoltaice și BMS, putem observa că consumul de gaze poate fi redus până la zero, consumul de energie electrică poate fi redus de 4, în timp ce economiile de costuri pot ajunge până la 610.000 € anual, ceea ce va determina o rentabilitate a investiției de 3 până la 4 ani. De asemenea trebuie luate în considerare costurile de întreținere sau înlocuire. Rezultatele clădirii comerciale studiate sunt prezentate în figurile de mai jos (Figura 4.9 - Figura 4.15).

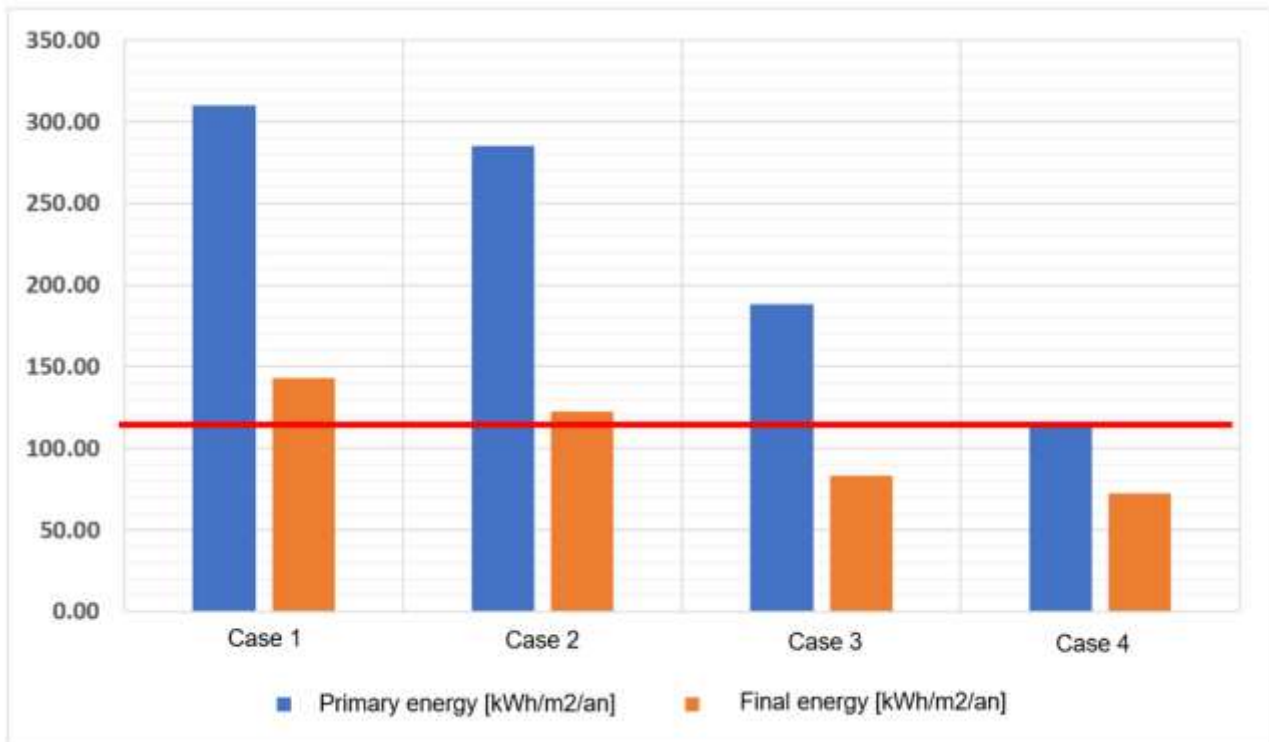


Figura 4.9 - Consumul de energie primară și de energie finală pentru cele patru cazuri studiate [kWh/m2/an]

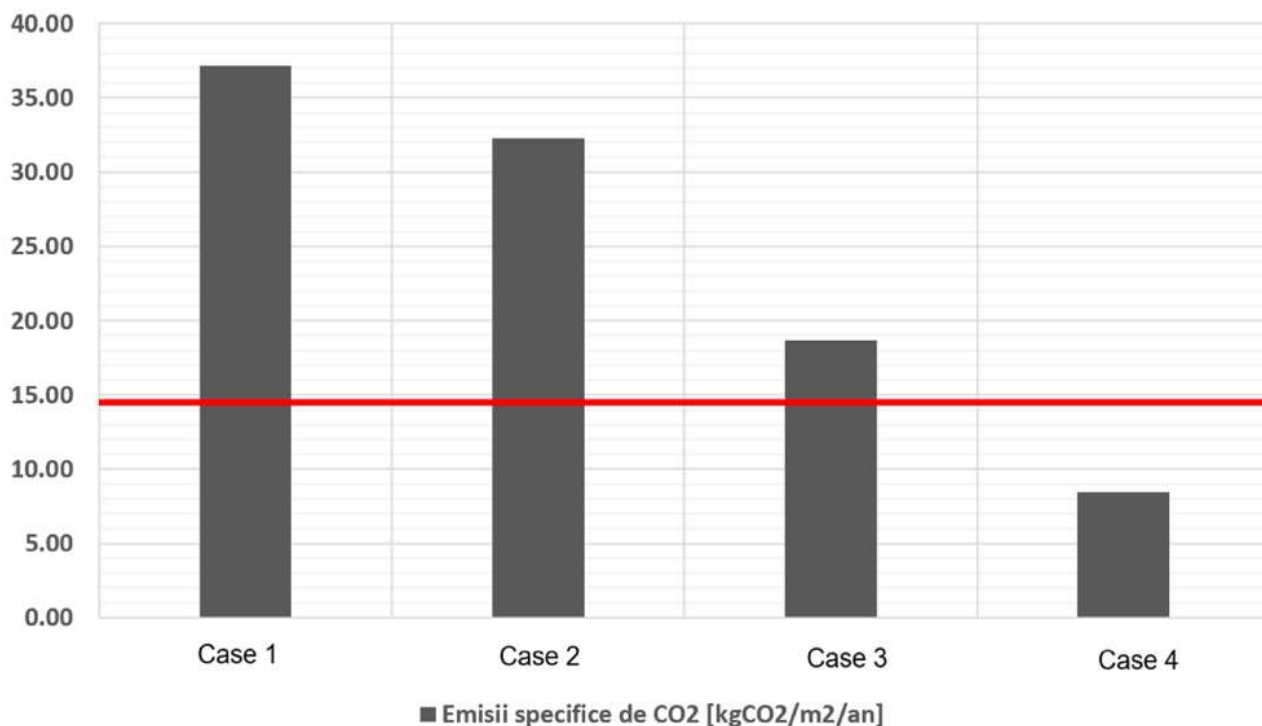


Figura 4.10 - Consumul de energie primară și de energie finală pentru cele patru cazuri studiate [kWh/m2/an]



Figura 4.11 - Procentul din consumul de energie acoperit de SRE [%]

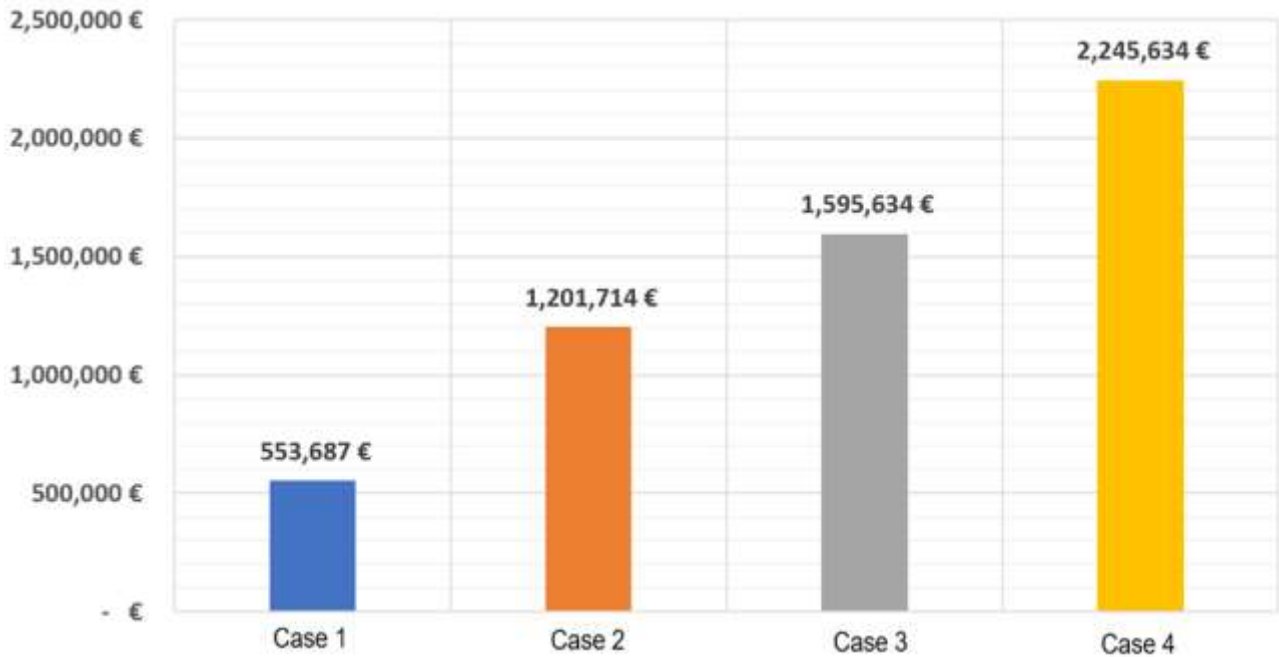


Figura 4.12 - Costuri de investiții estimate [€]

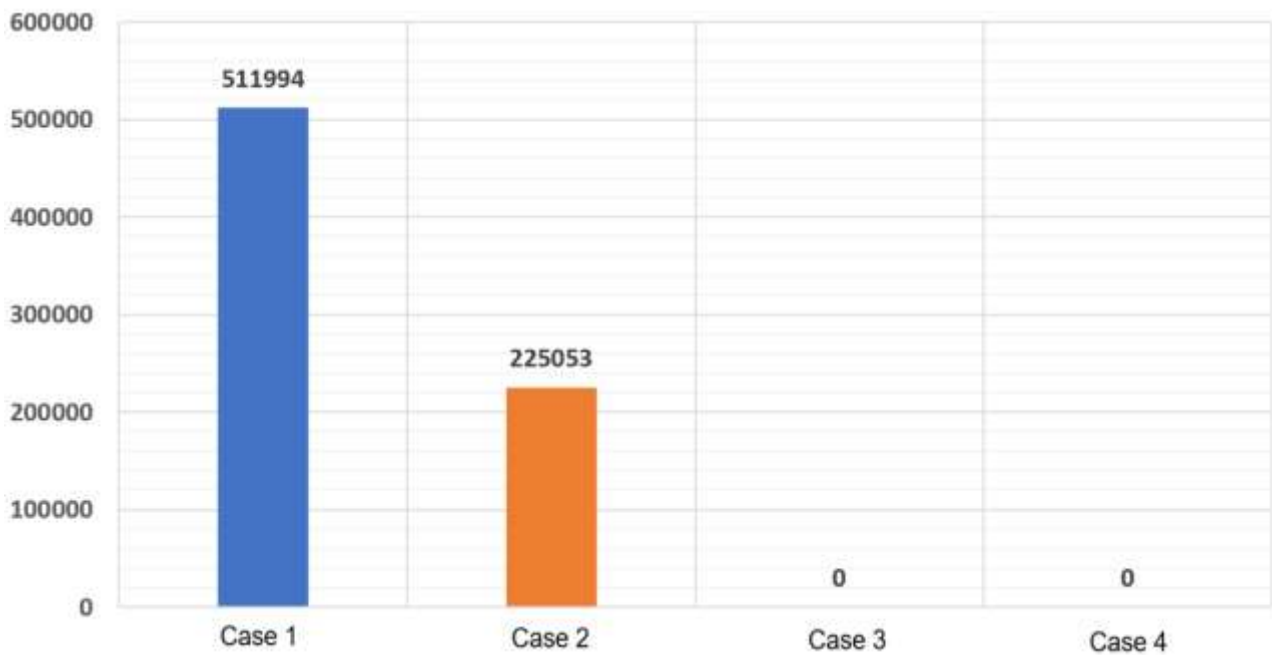


Figura 4.13 - Consumul de gaz [kWh/an]

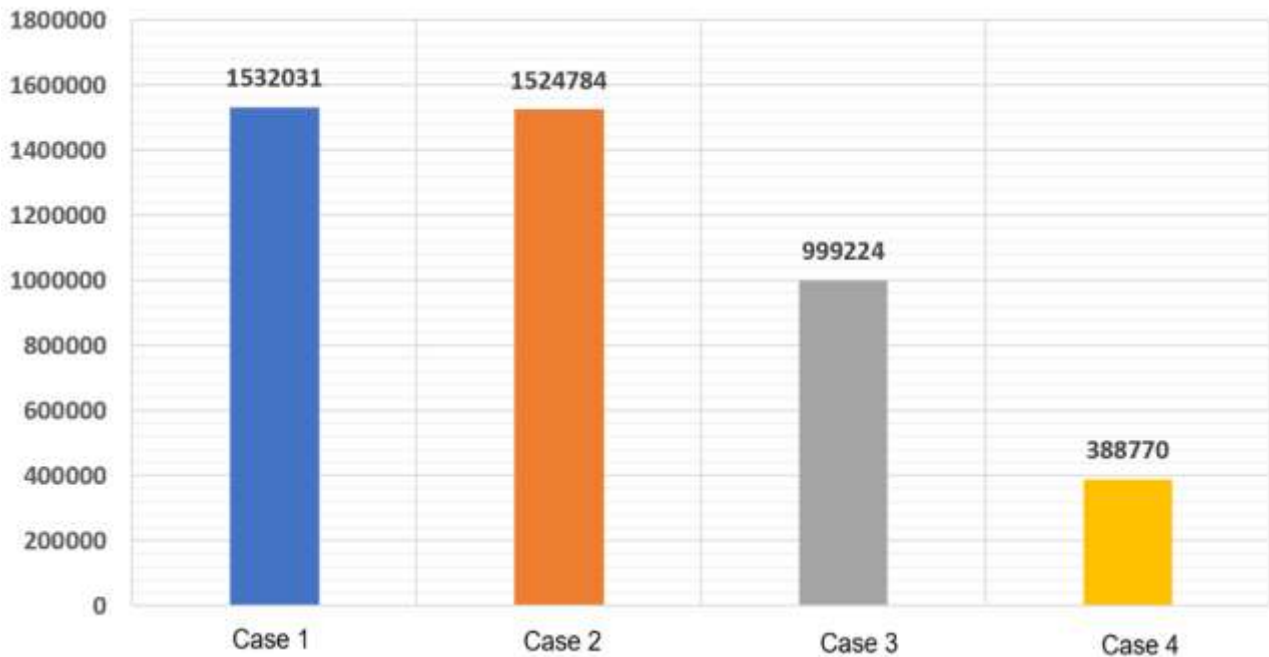


Figura 4.14 - Consumul de energie electrică [kWh/an]

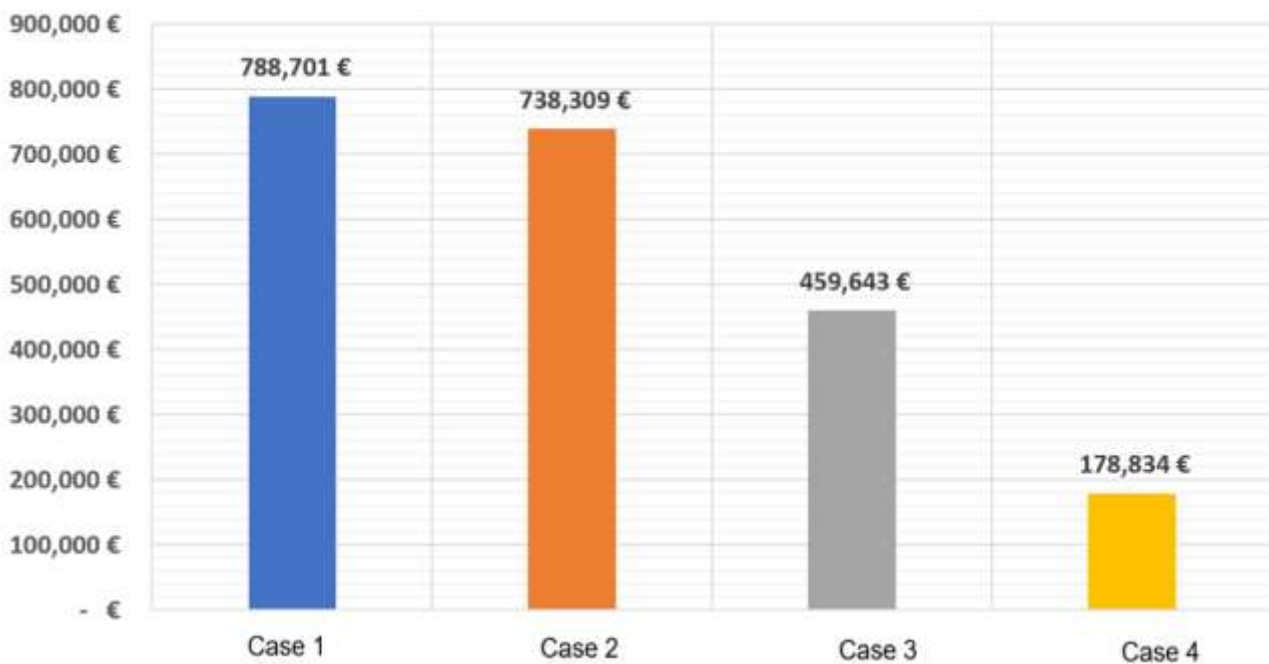


Figura 4.15 - Costuri anuale de exploatare [€]

### C. Complex de clădiri multifamiliale – două clădiri cu suprafața încălzită de 18793 m<sup>2</sup>, situate în București, România

Conform proiectului studiat, clădirile situate în partea de nord a Bucureștiului erau foarte bine izolate și etanșate cu ferestre performante, cu încălzire centralizată și producție DHW (cazan pe gaz) și pompe de căldură aer-aer pentru încălzire și răcire.

Pentru a ajunge la standardul NZEB conform legislației românești, peste 30% din energia consumată trebuie să fie acoperită din surse regenerabile de energie, astfel încât propunerea a fost adăugarea de panouri solare termice pentru încălzire și producția de DHW și sisteme fotovoltaice ON-GRID pentru a acoperi parțial consumul de energie electrică.

**Clădirea 1** are o suprafață încălzită de 12668 m<sup>2</sup>, în timp ce **clădirea 2** are o suprafață încălzită de 6125 m<sup>2</sup>. Conform analizei de conformitate a NZEB, energia primară totală consumată de **clădirea 1** este de 90,73 kWh/m<sup>2</sup> an, emisiile specifice de CO<sub>2</sub> sunt de 16,71 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> an, în timp ce 30,6% din energia consumată de clădire trebuie să provină din surse regenerabile de energie.

De asemenea, energia primară totală consumată în cazul **clădirii 2** este de 98,81 kWh/m<sup>2</sup> an, emisiile specifice de CO<sub>2</sub> sunt de 17,69 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> ani, în timp ce 30,5% din energia consumată de clădire trebuie să provină din surse regenerabile de energie. Valorile calculate sunt prezentate în Tabelul 4.1.

**Tabelul 4.1 Valori NZEB: energie primară totală, emisii specifice de CO<sub>2</sub> și acoperire SRE**

Valori specifice pentru conformarea nZEB			
nZEB valorile solicitate	Ep, tot [kWh/m <sup>2</sup> y]	CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> y]	Acoperirea SRE
Valori maxime conform reglementărilor naționale	100	27	30%
Clădire 1	90.73	16.71	30.6%
Clădire 2	98.81	17.69	30.5%

Pentru a ajunge la standardul NZEB, în cazul clădirii 1, sistemul de panouri termice solare trebuie să producă un minim de 16,35 kWh/m<sup>2</sup>ani anual (aproximativ 400m<sup>2</sup> de suprafață a panoului), în timp ce sistemul fotovoltaic este necesar pentru a produce anual un minim de 4,36 kWh/m<sup>2</sup> an (aproximativ 58,5 kWp putere instalată).

În cazul clădirii 2, sistemul de panouri solare termice trebuie să producă anual minimum 16,44 kWh/m<sup>2</sup> an (aproximativ 180m<sup>2</sup> suprafață panou), în timp ce sistemul fotovoltaic este obligat să producă anual un minim de 5,24 kWh/m<sup>2</sup> an (aproximativ 70,3 kWp putere instalată). Valorile calculate sunt prezentate în Tabelul 4.2.

**Tabelul 4.2 Productia specifica de energie din surse regenerabile de energie, in cazul sistemelor propuse pentru cele doua cladiri analizate**

Clădire	Producția de SRE		
	Panouri solare termice		Sistem fotovoltaic
	ACM	Încălzire	Iluminat/răcire
kWh/m <sup>2</sup> y			
Clădire 1	13.90	2.45	4.36
Clădire 2	16.44	0.00	5.24

Pentru dotarea celor două clădiri analizate cu sisteme solare termice și fotovoltaice este necesară o investiție de aproximativ 300.000 de euro. În cazul implementării sistemului termic solar în cazul clădirii 1, producția anuală totală simulată este de 26.000 kWh/an, în timp ce în cazul clădirii 2, producția anuală totală simulată este de 117000 kWh/an. De asemenea, în cazul implementării sistemului fotovoltaic pentru clădirea 1, producția anuală totală simulată este de 69282 kWh/an, în timp ce în cazul clădirii 2, producția anuală totală simulată este de 83250 kWh/an.

Implementarea soluției propuse, în cazul plafonării prețurilor la energie electrică și gaze și având în vedere un grad de autoconsum de 100%, economiile anuale simulate sunt de 47779 euro/an, determinând o amortizare a investiției în aproximativ 6,2 ani.

În ceea ce privește implementarea soluției propuse, în cazul prețurilor neplafonate la energie electrică și gaze și având în vedere un grad de autoconsum de 100%, economiile anuale simulate

sunt 112627 euro/an, determinând o revenire mai rapidă a investiției în aproximativ 2,7 ani. Valorile calculate sunt prezentate central în Tabelul 4.3.

**Tabelul 4.3 Producția de energie din surse regenerabile pentru cele două clădiri studiate, economiile și randamentul investițiilor**

Energia produsă de sistemele solare și fotovoltaice propuse	Randament simulat	Economii estimate (preț plafonat)	Economii estimate (preț plafonat)
	kWh/year	euro/year	euro/year
Clădirea 1 – energie din sistemul solar termic	260000	16120	37700
Clădirea 1 – energie din sistemul fotovoltaic	69282	11085	26327
Clădirea 2 – energie din sistemul solar termic	117000	7254	16965
Clădirea 2 – energie din sistemul fotovoltaic	83250	13320	31635
<b>TOTAL</b>		<b>47790</b>	<b>112627</b>
Randamentul estimat al investiției, ani (având în vedere gradul de autoconsum 100%)		6.3	2.7

## 5. Reziliența și sustenabilitatea mediului construit

### 5.1 Principii de sustenabilitate

Reziliența și sustenabilitatea sunt două concepte conexe, dar distincte atunci când vine vorba de mediul construit. În timp ce ambele sunt legate, ele nu reprezintă același lucru. O clădire sau o comunitate poate fi durabilă, dar nu rezilientă sau rezilientă, dar nu durabilă.

De exemplu, o clădire care este foarte eficientă din punct de vedere energetic și utilizează surse regenerabile de energie poate fi durabilă, dar dacă este situată într-o zonă predispusă la inundații sau cutremure și nu este proiectată să reziste la aceste pericole, este posibil să nu fie rezistentă. În mod similar, o clădire care este proiectată să reziste la dezastre naturale, dar care nu este eficientă din punct de vedere energetic sau utilizează materiale nesustenabile, poate fi rezistentă, dar nu durabilă.

Un mediu construit durabil este unul care este proiectat și construit într-un mod care minimizează impactul său asupra mediului și promovează sănătatea și bunăstarea ocupanților săi. Este un concept care a câștigat o importanță din ce în ce mai mare în ultimii ani, pe măsură ce lumea se confruntă cu provocările schimbărilor climatice și ale epuizării resurselor.

Construirea pentru un mediu durabil implică utilizarea metodelor de proiectare și construcție, care vizează o calitate integrantă (care include performanța economică, de mediu și socială) într-un mod foarte larg. Proiectele de clădiri durabile vor lua în considerare întregul ciclu de viață al clădirilor și vor lua în considerare, de asemenea, calitatea mediului și calitatea funcțională.

De asemenea, durabilitatea mediului necesită utilizarea rațională a resurselor naturale și gestionarea adecvată a parcului imobiliar. Acest lucru duce la economii de resurse și energie, precum și la îmbunătățirea calității mediului. Clădirile durabile urmăresc să reducă impactul acestora asupra mediului nostru prin utilizarea eficientă din punct de vedere energetic și al utilizării eficiente a resurselor (David, 2009).

Este deja cunoscut că modul tradițional de construcție duce la o cantitate imensă de materiale irosite. Din totalul materialelor de construcție care sunt utilizate în construcții, aproximativ 30% vor ajunge să se transforme în deșeuri și să fie duse în gropi de gunoi.

Această cantitate foarte mare de deșeuri cu impact negativ ridicat asupra mediului reprezintă obiectivul principal al tranziției către construcții și materiale durabile.



Prin urmare, metodele de construcție durabilă și utilizarea materialelor de aceeași natură implică:

### 1) Utilizarea resurselor naturale și conservarea materialelor

Reducerea deșeurilor și producerea de deșeuri în domeniul construcțiilor se poate realiza printr-o strategie inteligentă de utilizare a ceea ce natura oferă într-un mod liber și regenerabil, precum și evitarea consumului inutil de materiale. De exemplu, utilizarea sistemelor de ventilație pasivă sau utilizarea pe scară largă a modelelor de construcție care exploatează puternic iluminatul natural, utilizarea izolației termice de înaltă performanță, a sistemelor de ferestre cu pierderi minime de energie etc., sunt doar câteva soluții pentru a reduce consumul de materiale și resurse pe perioade lungi de timp.

### 2) Utilizarea materialelor de construcții cu un conținut cât mai ridicat de reciclare

Înlocuirea materialelor de construcție clasice cu materiale obținute prin introducerea materiilor prime reciclate poate duce la o scădere semnificativă a deșeurilor. De asemenea, materialele de construcții realizate pe baza materiilor prime regenerabile sunt o soluție bună pentru a reduce consumul de resurse.

### 3) Protejarea mediului

Un principiu important al construcțiilor sustenabile este grija pentru mediu, care se traduce în principal prin locații care au un impact cât mai mic asupra ecosistemului, dar și prin lucrări de restaurare și readucere a zonelor naturale din jurul obiectivului, la o stare inițială după finalizare. În plus, acest principiu implică utilizarea materialelor de construcții din surse cât mai apropiate de șantier, pentru a evita transportul poluant pe distanțe foarte lungi.

### 4) Utilizarea materialelor de construcție netoxice

Sustenabilitatea construcțiilor înseamnă, de asemenea, asigurarea unui mediu sănătos pentru persoanele care vor folosi aceste construcții. Astfel, se dorește utilizarea cât mai puțină a acelor materiale de construcție care conțin compuși volatili nocivi organismului pe termen lung.

### 5) Utilizarea materialelor cu o durată de viață foarte lungă

Introducerea materialelor de construcție care au o durată de viață foarte lungă este o modalitate bună de a reduce nevoia de înlocuire și de producere a deșeurilor (Dinca, 2022).

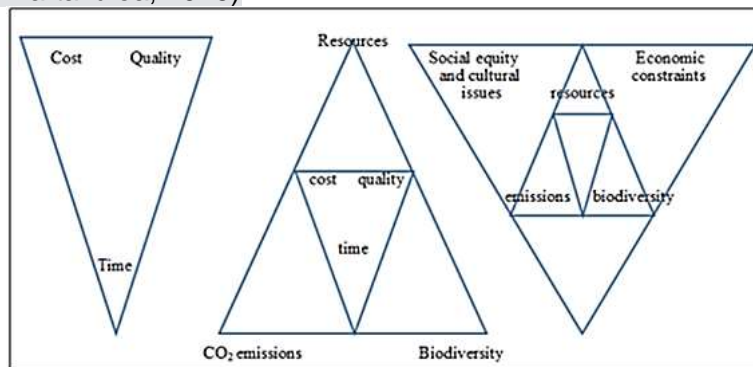
Mulți cercetători au studiat utilizarea materialelor reciclate în activitățile de construcție și au subliniat că acestea pot contribui nu numai la conservarea energiei prin reducerea utilizării ciclului de viață și a emisiilor de gaze cu efect de seră, ci și la atingerea neutralității carbonului prin minimizarea capacității de instalare a sistemelor de energie regenerabilă (Kong *et al.*, 2022).

O cercetare privind utilizarea agregatelor reciclate în locul agregatelor naturale în aplicațiile de inginerie civilă (Faleschini *et al.*, 2016) a arătat că cele reciclate pot juca un rol foarte important în atingerea obiectivelor de sustenabilitate solicitate de Comisia Europeană industriei construcțiilor.

Rezultatele din analiza privind evaluarea impactului asupra mediului în perspectiva ciclului de viață pentru selectarea materialelor durabile pentru clădiri (Yasantha Abeysundara, Babel și Piantanakulchai, 2009) arată că, clădirile cu acoperișuri din țiglă și fundații de moloz funcționează mai bine decât clădirile cu acoperiș din azbest și fundație din cărămidă. Un studiu privind pereții compoziți din perspectiva ciclului de viață (Ortiz *et al.*, no date) a concluzionat că, faza de construcție a unei clădiri reprezintă maxim 20% din impactul total asupra mediului, în timp ce faza de funcționare este aproximativ 80% din ciclul total de viață al clădirii.

Faza de construcție nu poate fi neglijată din cauza impactului negativ asupra mediului, din cauza consumului excesiv de materiale de construcție, consumul de apă și gestionarea necorespunzătoare a deșeurilor.

Astfel, conceptul de durabilitate în construcții a evoluat de la o abordare relativ simplă, care a luat în considerare doar costul, calitatea și durata de timp, la o nouă abordare, cu mai multe elemente de cuantificare a durabilității: resurse, emisii de CO<sub>2</sub> și biodiversitate, conducând în prezent la un model care este compus din elementele din primele două etape, dar și elemente noi, specifice mediului internațional, cum ar fi diferențele culturale, constrângerile economice și calitatea vieții (Figura 5.1) (Marinoiu, Belu and Tartavulea, 2016).



**Figura 5.1 - Evoluția mediului construit sustenabil**

## 5.2 Medii construite durabile în contextul european

Potrivit Agenției Europene de Mediu (European Environment Agency, 2020), este necesară o schimbare de direcție pentru a face față provocărilor schimbărilor climatice, pentru a inversa degradarea și pentru a asigura buna funcționare a relației dintre acțiunile umane și mediu. În caz contrar, Europa nu își va atinge obiectivele pentru 2030 decât dacă nu se iau măsuri în următorii câțiva ani pentru a aborda rata alarmantă de pierdere a biodiversității, impactul schimbărilor climatice și consumul excesiv de resurse naturale.

Europa trebuie să găsească modalități de a schimba sistemele-cheie de alimentare, energie, mobilitate și clădiri care stau la baza presiunilor climatice și de mediu. Iar asta înseamnă regândirea tehnologiilor, a proceselor de producție, a modelelor de consum și a modului nostru de viață. În sprijinul acestui caz, sustenabilitatea vine ca un concept care răspunde nevoilor lumii de astăzi și de mâine prin crearea de sisteme care ne permit să trăim bine și în limitele planetei noastre (European Environment Agency, 2023).

La nivel mondial, clădirile sunt responsabile pentru aproximativ 40% din emisiile de energie și de CO<sub>2</sub> legate de proces, 50% din toate materialele extrase, 33% din consumul de apă și 35% din deșeurile generate. Printre impacturile suplimentare asupra mediului se numără epuizarea resurselor, poluarea aerului, a apei și a terenurilor și pierderea biodiversității. Cu un astfel de impact, este esențial ca mediul construit să își joace rolul în punerea în aplicare a schimbării transformatoare necesare pentru decarbonizarea economiei noastre globale. Din acest motiv, o soluție care are un impact mare în aceste cazuri este reprezentată de mediile construite durabile care contribuie la crearea unor comunități reziliente și prospere și la stimularea creșterii economice. Un mediu construit durabil protejează și îmbunătățește oamenii, locurile și mediul natural și este esențial pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și combaterea crizei climatice (WGBC, 2023).

Practic, sustenabilitatea în construcții este un concept care se referă la capacitatea unei clădiri de a oferi un mediu sănătos și confortabil pe termen lung, fără a afecta negativ mediul.

Potrivit WCED (Comisia Mondială pentru Mediu și Dezvoltare), durabilitatea este "dezvoltarea care răspunde nevoilor prezentului fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi". Aceasta înseamnă că, conceptul principal de durabilitate constă în proiectarea de clădiri cu durată lungă de viață, costuri reduse de exploatare și întreținere și eficiență energetică ridicată (Bob, Decsak and Bob, no date). Pentru realizarea acestor obiective este necesară implementarea unor soluții tehnice și arhitecturale care să aibă ca scop evitarea consumului inutil de resurse prin diverse strategii pasive, cu consum redus de energie. Prin urmare, o construcție durabilă trebuie proiectată de la început pentru a aduce beneficii sistemului în care va fi integrată. O

astfel de clădire ia în considerare câteva caracteristici esențiale care ajută la trecerea de la o economie liniară la una circulară, cum ar fi: (Green Report, 2020)

- Reciclabilitatea materialelor: de exemplu, utilizarea unui parchet din lemn refolosit, trotuarul din terasa realizată cu gresie veche sau alegerea materialelor de construcții reciclate direct de la diferiți producători;
- Reutilizarea apei: prin reutilizarea apelor uzate cu diferite procese de tratare și prin colectarea și utilizarea apei de ploaie;
- Lumina naturală: reducerea consumului de energie electrică utilizată pentru iluminat printr-un mod de gândire grijuliu pentru elementele vitrate;
- Energie verde: utilizarea energiei din surse regenerabile, cum ar fi energia solară și energia eoliană, utilizarea panourilor fotovoltaice și a turbinelor eoliene;
- Materiale cu amprentă de carbon redusă: lemn, picturi naturale, plută etc.

Bazat pe ideile care sunt prezentate, acest concept pare să încorporeze toate dimensiunile importante (Cotgrave and Riley, 2013) și să le afecteze: cea socială (oamenii), cea economică (profitul) și cea de mediu (planeta). Unele dintre modalitățile de a face clădirea durabilă sunt:

- Reducerea aporturilor și pierderilor de căldură prin clădire;
- Reducerea aporturilor de căldură din instalațiile de servicii pentru clădiri;
- Asigurarea că sistemele sunt eficiente din punct de vedere energetic și pot fi controlate automat de la distanță;
- Furnizarea cetățenilor de informații necesare cu privire la modul de utilizare și eficientizare a clădirilor.

Astfel, potențialul de dezvoltare durabilă poate fi foarte bine dezvoltat prin renovarea clădirilor. Atât renovarea "energetică", cât și cea "neenergetică" necesită materiale și generează emisii de CO<sub>2</sub>, dar rezultatul final al clădirii compensează daunele cauzate de procesul de mutare în case verzi cu emisii scăzute de gaze, iar costul constructiv mai mare este amortizat pe o perioadă de timp. În practică, nu există un exemplu mai bun al avantajelor de mediu ale capacității eficiente de durabilitate decât reabilitarea clădirii. Pentru fiecare clădire reabilitată prin re tehnologizare se evita extracția de materii prime, procesele de producție și energia necesară transformării acestora într-o clădire alternativă finalizată, în beneficiul incontestabil al mediului înconjurător.

În România, echipa de proiect EfdeN (EFdeN, 2023) a oferit două exemple de bune practici în ceea ce privește clădirile sustenabile. Prima locuință a fost proiectată pentru Solar Decathlon Europe în 2014 în Franța, iar a doua a fost pentru aceeași competiție, opt ani mai târziu, în Germania. În timp ce primul proiect s-a axat mai mult pe abordările de proiectare a eficienței energetice, pentru a obține calitatea mediului interior cu un consum minim de energie în perioada de iarnă (Figura 5.2), folosind strategii pasive (adică întruchiparea PCM-urilor în anvelopa clădirii) și active (adică integrarea panourilor fotovoltaice și a BMS) (Bejan, Catalina and Munteanu, 2017), cel de-al doilea, numit VATRA, a avut o abordare mai durabilă și mai accesibilă (Figura 5.3), unde pentru construcția locuinței au fost folosite materiale naturale și reciclabile (ex. rame din lemn și izolație termică realizate din paie sau celuloza suflată și baterii reciclabile pentru stocarea energiei provenite de la panourile fotovoltaice).

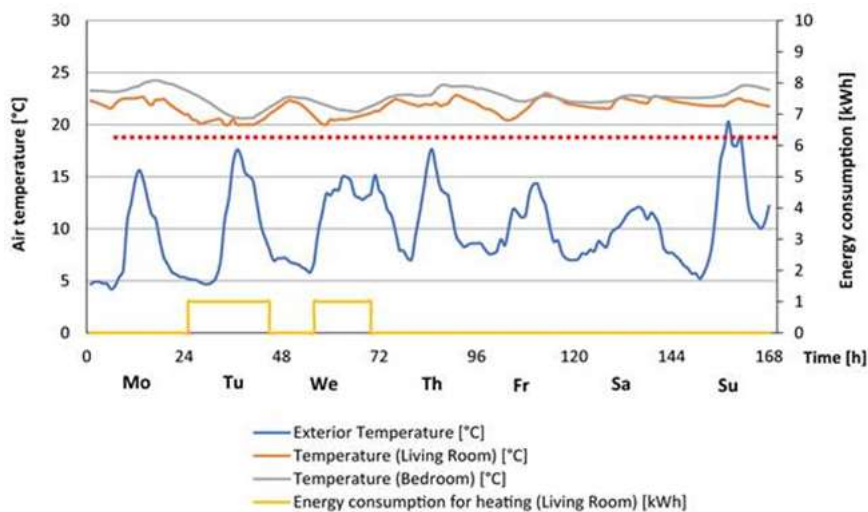


Figura 5.2 - Temperatura și consumul de energie pentru încălzire timp de o săptămână dintr-o lună de iarnă



Figura 5.3- Strategia de circularitate care implică componente cu mai multe cicluri de viață pentru o strategie de circularitate

Casa VATRA a inclus, de asemenea, panouri fotovoltaice dublu față pentru a ține pasul cu consumul de energie pentru funcționalitatea casei și PCM-uri uzate încorporate în anvelopă pentru a reduce energia cerută pentru sistemele de încălzire și răcire. În plus față de aceste tehnologii, au fost implementate multe alte soluții, cum ar fi utilizarea fibrei optice pentru a introduce lumina naturală sau BMS pentru automatizarea funcționalității aparatelor de uz casnic.

Metodele EFdeN de a construi într-un mod durabil, respectând în același timp standardele ce țin de IEQ și standardele de performanță energetică, pot fi utilizate ca model pentru clădirile viitoare pentru abordarea obiectivelor Directivei Europene 2030.

### 5.3 Reziliența mediului construit în România

La nivel mondial, conceptele de construire a unor construcții durabile și reziliente atrag atenția atât cercetătorilor, cât și profesioniștilor din domeniul ingineriei. În zilele noastre, există diverse metode de evaluare care ar putea fi utilizate pentru a analiza performanța unui nou sistem structural sau a unei noi metode de construcție, spre deosebire de investițiile în creșterea duratei de viață a construcțiilor existente. Studiile multidisciplinare abordează implicațiile sociale, economice, de mediu și legate de construcții pentru a informa procesul decizional (Dong and Frangopol, 2016). Un exemplu de sistem structural inovator care abordează atât reziliența împotriva evenimentelor seismice (asigurând capacitatea corespunzătoare), cât și durabilitatea a fost propus pentru structurile din oțel, folosind grinzi de oțel construite la rece cu deschideri web (Andrei and Ungureanu, 2020). Comparând această soluție cu structurile tradiționale din oțel, s-a subliniat faptul că producția extrem de automatizată a acestui proces de sistem cu greutate redusă asigură optimizări ale materialelor și costurilor, ajungând în același timp la capacități portante adecvate.

Având în vedere ponderea mare a clădirilor existente și vulnerabile din România, orientarea către un mediu construit mai rezilient și mai durabil implică studii care vizează pericolele care interacționează (cum ar fi cutremurele, inundațiile și, de asemenea, schimbările climatice). Abordarea rezilienței prin intermediul fiabilității ciclului de viață permite o proiectare mai mult decât în funcție de riscuri; performanța pe termen lung poate fi evaluată, poate fi analizat un proces de recuperare și capacitatea sistemului de a depăși pericolul (Akiyama, Frangopol and Ishibashi, 2019).

Reziliența mediului construit se referă la capacitatea sistemelor de a aborda evenimente extreme, fiind capabile să-și mențină sau să-și recupereze rapid funcția. În cazul României, planificarea și pregătirea strategiilor care vizează atingerea unor niveluri crescute de reziliență au vizat în principal dezastrele seismice. Având în vedere că parcul imobiliar existent este vulnerabil la cutremure, Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic (SNRRS, 2022) evidențiază calea către un mediu construit mai rezistent din punct de vedere seismic. Politicile și programele naționale sunt concepute pentru a avea o abordare integrată a standardelor de calitate în sectorul construcțiilor, cu scopul de a avea obiective de sustenabilitate care să îndeplinească atât cerințele de siguranță, cât și pe cele de bunăstare.

Pe baza raportului de diagnostic al stării actuale, România este foarte expusă riscului seismic, aproape 70% din populația sa trăind în zone predispuse la niveluri de risc seismic mediu și ridicat (valori PGA mai mari de 0,15g), concentrate în principal în regiunile sudice și estice. Mai mult decât atât, parcul imobiliar existent este compus în cea mai mare parte din clădiri construite înainte de 1977 (aproximativ 70% din întregul parc imobiliar rezidențial), având astfel șanse mai mari de a experimenta daune majore în caz de cutremur. Chiar dacă nu sunt utilizate permanent, clădirile publice, cum ar fi școlile, clădirile administrative sau unitățile medicale, joacă un rol semnificativ în rezistența seismică a mediului construit. Deși școlile sunt folosite în scopuri educaționale, în urma unui cutremur, ele pot fi folosite și ca adăposturi. Mai mult de jumătate din clădirile existente din sectorul educațional și 70% din spitalele din România sunt situate în regiuni expuse la niveluri de risc seismic mediu și ridicat.

Potrivit celei mai recente evaluări naționale a riscului seismic pentru sectorul rezidențial (RO-RISK Project, 2016), în cazul unui cutremur cu un interval mediu de recurență de 100 de ani, pierderile economice ar urma să ajungă la 7.620 mil. euro, iar numărul potențialelor victime s-ar putea ridica la 6.800 în urma pagubelor provocate în 211.000 de clădiri. Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic a explorat un scenariu de investiții care se întinde pe peste 50 de orizonturi de planificare, care a avut ca scop reducerea riscului pentru sectoarele prioritare: clădiri rezidențiale multifamiliale cu etaj, clădiri administrative și spitale. Analiza a identificat raporturi cost-beneficiu pozitive, beneficiile economice depășind costurile de investiții în perioade de rentabilitate mai mici de 15 ani. Investițiile avute în vedere s-au axat doar pe măsuri de re tehnologizare seismică, dar creșterea costurilor pentru a viza îmbunătățiri suplimentare ar conduce, de asemenea, la beneficii sporite în ceea ce privește bunăstarea utilizatorilor.

Creșterea capacității de reziliență seismică a țării implică utilizarea optimă a tuturor resurselor disponibile pentru a face față mai bine provocărilor potențiale. Prin urmare, pierderile potențiale trebuie reduse utilizând investiții direcționate către domenii în care beneficiile pot fi maximizate prin utilizarea optimă a fondurilor disponibile. Pe lângă investițiile care vizează re tehnologizarea seismică a clădirilor vulnerabile, demolarea și reconstruirea clădirilor vechi este, de asemenea, o opțiune. Cu excepția cazului în care are o valoare semnificativă a patrimoniului, reducerea riscului seismic și îmbunătățirea în același timp a condițiilor de viață, ar putea fi realizate mai ușor și mai eficient prin construirea de noi clădiri. Asigurarea unei abordări integrate pentru îmbunătățirea clădirilor este extrem de importantă, iar provocările actuale în materie de climă ar trebui să fie luate în considerare împreună cu obiectivele de reziliență seismică.

## **6. Utilizarea materialelor inovatoare sau noi în clădiri**

### **6.1 Materiale pentru structura clădirilor**

Materialele utilizate la execuția/realizarea clădirilor sunt o componentă esențială a oricărui proiect de construcție, deoarece formează elementele structurale, mecanice, electrice și estetice ale unei clădiri. Materialele utilizate trebuie să îndeplinească anumite criterii, inclusiv durabilitatea, rezistența, rezistența la foc, performanța termică și acustică și să aibă un impact cât mai redus asupra mediului.

Clădirile sistem, cunoscute și sub numele de tehnologii modulare sau prefabricate pentru clădiri, au câștigat popularitate în ultimii ani datorită capacității lor de a reduce timpul de construcție, costurile și impactul asupra mediului.

Materialele utilizate în clădirile prefabricate trebuie să îndeplinească cerințe specifice, cum ar fi ușurința transportului, asamblarea și durabilitatea. Această metodă de construcție are mai multe beneficii, inclusiv un control îmbunătățit al calității, reducerea timpului de construcție și a deșeurilor și o mai mare flexibilitate a designului. În ceea ce privește clădirile durabile, aceste tipuri de clădiri au un potențial ridicat. Deoarece sunt fabricate într-un mediu controlat, deșeurile sunt reduse la minimum, iar materialele pot fi reciclate sau reutilizate.

În plus, utilizarea componentelor prefabricate reduce timpul de construcție și consumul de energie, ceea ce duce la reducerea emisiilor de carbon.

Când vorbim despre materiale inovatoare, noutatea vine din eficiența producției de materiale, îmbunătățirea tehnologiei și prin realizarea unor strategii durabile menite să atingă un climat neutru. Industria construcțiilor și construcțiile reprezintă aproximativ 37% din emisiile globale de energie operațională și de CO<sub>2</sub> legate de proces, în timp ce materialele utilizate în construcția clădirilor reprezintă aproximativ 9% din totalul emisiilor de CO<sub>2</sub> legate de energie. Betonul, oțelul și aluminiul utilizate în construcția clădirilor sunt estimate la 6 la sută (aproximativ 2,3 GtCO<sub>2</sub>), în timp ce cărămizile și sticla sunt estimate să reprezinte aproximativ 3 la sută (aproximativ 1,2 GtCO<sub>2</sub>) (Programul Națiunilor Unite pentru Mediu, 2022).

Conform Raportului global privind starea clădirilor și construcțiilor din 2022, calea către un parc imobiliar cu emisii zero de carbon rămâne în afara țintei pentru a obține decarbonarea până în 2050. Observația actuală arată că, în 2021 de la acordul de la Paris, progresul decarbonării clădirilor care utilizează Global Buildings Climate Tracker indică 8,1 puncte, în timp ce ar trebui să fie de 17,1 puncte, dintr-un total de 100 de puncte asociate cu anul 2050.

## Betonul

Cel mai utilizat material pentru clădiri și construcții este betonul, fiind în mare parte responsabil pentru emisiile de dioxid de carbon la nivel mondial, în comparație cu celelalte materiale utilizate în acest sector. Problema este cimentul, unul dintre cele patru ingrediente din beton. Ingredientul esențial în ciment este oxidul de calciu, CaO, care este extras din calcar prin încălzire iar rezultatul nedorit al acestei operații este dioxidul de carbon. Studiile indică faptul că pentru fiecare tonă de producție de ciment, aproximativ 866 de kilograme de dioxid de carbon sunt eliberate în atmosferă (Winnefeld *et al.*, 2022).

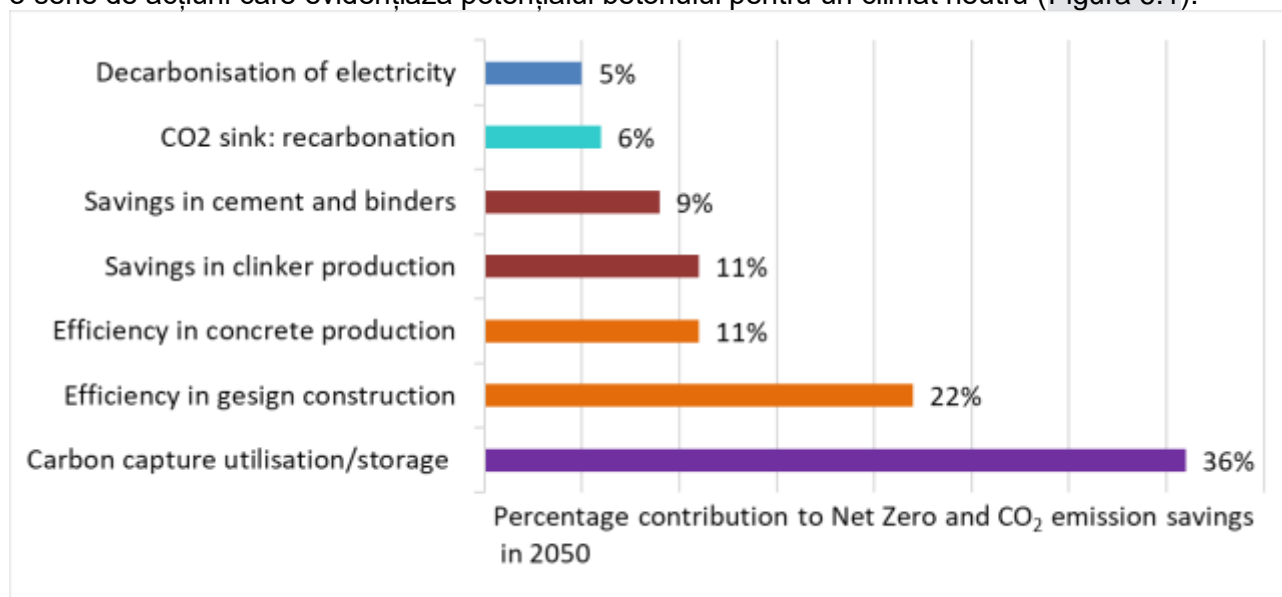
O primă soluție pentru această problemă ar putea fi dezvoltată prin eliminarea emisiilor de gaze cu efect de seră direct din proces. Încălzirea calcarului cu energie electrică obținută din surse regenerabile sau combustibili alternativi ar elimina în schimb aceste emisii de dioxid de carbon.

Există o altă modalitate de a reduce emisiile de dioxid de carbon prin captarea carbonului chiar acolo unde este produs înainte de a intra în atmosferă. Această alternativă este cunoscută prin multe industrii sub acronimul CSC sau captarea și stocarea carbonului.

De asemenea, există o altă formă a acestei soluții, cum ar fi CCU – Carbon Capture Utilisation, Bio-CCS – care combină utilizarea biomasei cu captarea și stocarea carbonului. Dispozitivele care fac acest lucru există deja, dar nu sunt utilizate pe scară largă, deoarece nu există niciun stimulente economic. Transportul și apoi stocarea carbonului captat pot fi costisitoare.

Unele companii au găsit o modalitate de a stoca permanent CO<sub>2</sub> captat în betonul propriu-zis, folosind dioxidul de carbon captat pentru a produce un aditiv folosit pentru fabricarea betonului, în timp ce altele folosesc inteligența artificială pentru a analiza deșeurile industriale locale și pentru a genera rețetele potrivite pentru a produce alternative de ciment compozit. O companie britanică a capturat cu succes CO<sub>2</sub> de la o fabrică de ciment din Franța și l-a transformat în materiale care pot fi utilizate în construcții. În Suedia, un studiu pilot a arătat că cimentul poate fi fabricat din punct de vedere tehnic din electricitate fără combustibili fosili, deși acest lucru ar însemna, de asemenea, o cerere și mai mare de energie curată.

Global Cement and Concrete Association este un consorțiu care conduce betonul pe o cale pozitivă și îl apreciază ca pe un material care susține un viitor durabil. În foaia lor de parcurs sunt prezentate o serie de acțiuni care evidențiază potențialul betonului pentru un climat neutru (Figura 6.1).



**Figura 6.1 - Soluții pentru beton pentru a-l conduce la un material durabil (Global Cement and Concrete Association, 2021).**

## Oțelul

Oțelul este un material indispensabil în societatea modernă. Producția sa este responsabilă pentru aproximativ 8% din cererea globală de energie și 7% din totalul emisiilor de dioxid de carbon la nivel global (Kim *et al.*, 2022). Oțelul este produs în principal cu ajutorul unui furnal, care utilizează cărbuni și, prin urmare, emite, de asemenea, o cantitate ridicată de CO<sub>2</sub>. În prezent, 70% din producția la nivel global se face folosind această metodă, iar restul de 30% din deșeurile de oțel sunt reciclate ca materie primă.

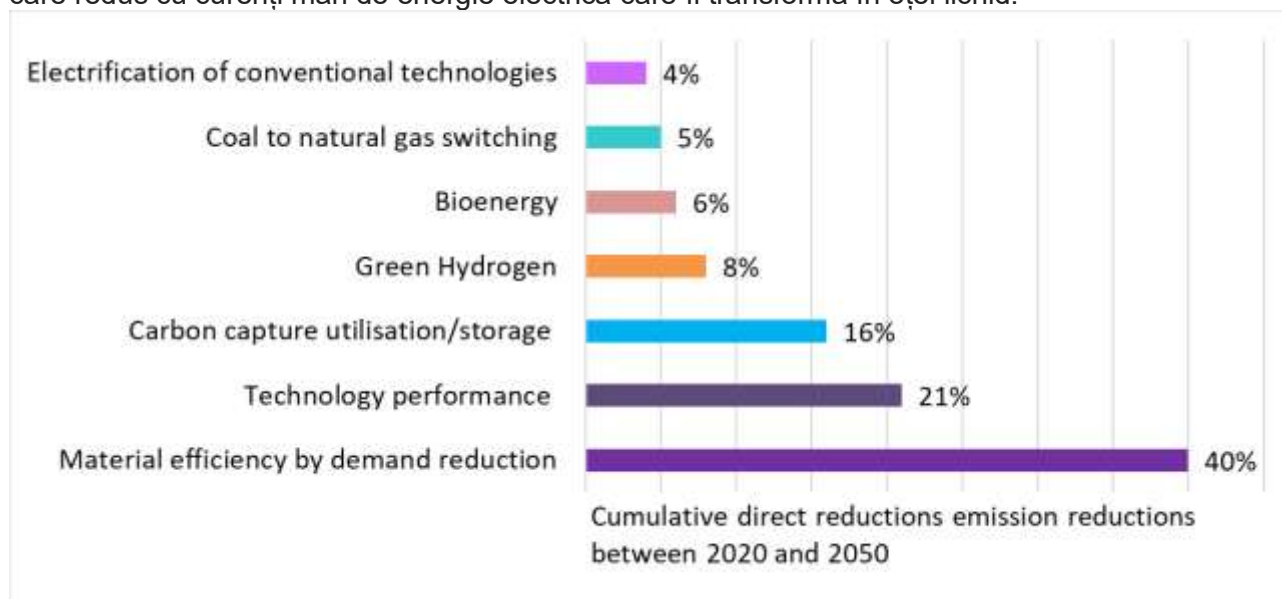
Există două motive pentru care procesul de fabricare a oțelului este atât de poluant. Primul este purificarea minereului de fier necesar oțelului. Fierul pur este extras din rocă prin încălzirea minereului de fier în flacăra creată de arderea cărbunelui sau amestecarea acestuia cu cărbune cocsificabil în furnale mari. În acest proces atomii de oxigen din minereul de fier se leagă cu atomii de carbon din cărbune. Ceea ce a rămas în urmă este, în esență, fierul pur și o cantitate de CO<sub>2</sub>. Al doilea motiv pentru care oțelul dăunează climei constă în nevoia utilizării unor cantități foarte mari de energie pentru a alimenta acest proces, energie care provine în cea mai mare parte din arderea cărbunelui.

În această tranziție către zero emisii până în 2050, sectorul fierului și oțelului are mai multe opțiuni de atenuare. Potrivit Agenției Internaționale pentru Energie, cea mai mare parte a reducerii emisiilor ar putea fi gestionată prin îmbunătățirea performanței tehnologice și reducerea cererii prin

proiectarea eficientă, împreună cu soluții care se preconizează că vor avea un impact semnificativ pe termen lung, cum ar fi renunțarea totală la cărbuni și înlocuirea acestora cu alți combustibili, cum ar fi gazele naturale (Figura 6.2).

O alternativă cu adevărat curată este dată de reductoarele "verzi", cum ar fi hidrogenul, pentru a reduce practic minereul de fier în fier pur și apoi pentru a-l transforma mai departe în oțel. Hidrogenul este un gaz care poate fi obținut în mod verde sau "curat" cu energie regenerabilă prin electroliză.

Al doilea pas constă în alimentarea fierului purificat într-un cuptor cu arc electric, o unitate care ar trebui să funcționeze complet cu energie verde. Aceste dispozitive topesc resturile de oțel sau fierul care redus cu curenți mari de energie electrică care îl transformă în oțel lichid.



**Figura 6.2 - Soluție de atenuare pentru sectorul fierului și oțelului în vederea reducerii emisiilor directe de CO<sub>2</sub> prezentate de Agenția Internațională a Energiei în foaia de parcurs pentru 2020 (International Energy Agency, no date).**

Producătorii europeni de oțel preconizează că hidrogenul va fi viitorul oțelului.

Un alt mod de a face oțel verde este oxid topit prin electroliză (Yin *et al.*, 2013). Folosind energia electrică verde din surse regenerabile, electroliza descompune minereul de fier din celula MOE pentru a elibera fier lichid pur cu zero dioxid de carbon.

Acest proces poate fi asimilat cu producția de hidrogen verde. Cel mai mare avantaj al acestei inovații este eficiența sa ridicată datorită conversiei directe de la minereul de fier la oțel, sărind peste producția intermediară de fier.

## Lemnul

Lemnul este un material folosit de mii de ani, dar din cauza avansului dat de oțel și beton, a revoluției industriale și a apariției zgârie-norilor utilizarea acestuia la clădiri de dimensiuni mari, a scăzut.

În concurență cu betonul și oțelul, în ultimele decenii, lemnul a înregistrat o utilizare ridicată în construcții sub forma multor produse din lemn prelucrate, cum ar fi lemnul laminat, lemnul stratificat sau CLT, panourile laminate.

Acest lucru este datorat unor cerințe scăzute de energie pentru fabricație, materialele fiind complet reutilizabile, reciclabile, și considerate ca resurse regenerabile.



Panourile din lemn stratificat sunt realizate prin fixarea mai multor plăci de cherestea, în straturi alternative folosind tehnici adezive și de compresiune conferind materialului o rezistență ridicată în două direcții și făcându-l robust și versatil.

Unele dintre cele mai înalte clădiri realizate din lemn care au încurajat sectorul clădirilor din lemn sunt Brock Commons din Canada în 2017, cu o înălțime de 57,9 metri, urmată de Mjøstårnet în Norvegia doi ani mai târziu, având o înălțime de 85,4 metri înălțime, Hoho Wien din Austria finalizată în 2020 – 84,0 metri înălțime și cea mai înaltă clădire din lemn din lume, Turnul Ascent, un o clădire înaltă de 86,6 metri în Milwaukee.

Adesea, aceste structuri sunt proiectate în formă hibridă, ca turn ascent, care este realizat din grinzi și coloane cu miezuri din beton armat (Fernandez, Komp and Peronto, 2020).

Multe întrebări care gravitează aceste structuri înalte din lemn sunt modul în care acestea răspund la foc și forțele laterale, cum ar fi vântul sau cutremurul.

În ceea ce privește proiectarea seismică, se cercetează utilizarea plăcilor de oțel perforate ca siguranțe seismice în lemnul masiv și conexiunile disipative. Câteva institute de cercetare investighează performanța în ceea ce privește armarea cu fibre a structurilor de lemn mai rezistente, utilizate în zonele supuse activităților seismice (Ramage *et al.*, 2017).

De asemenea, pentru încărcarea din vânt, structura din lemn poate fi dotată cu contravânturi din oțel. Amenințarea datorată umidității și mucegaiului reprezintă o altă problemă asociată cu utilizarea lemnului. Deși apa nu poate fi îndepărtată în întregime, CLT este uscat în cuptor pentru a aduce conținutul de umiditate până la aproximativ 12% - suficient pentru a preveni atacul fungic.

Industria materialelor de construcții a înregistrat deja progrese în direcția reducerii emisiilor de CO<sub>2</sub>. Toate aceste materiale caracterizate prin inovația lor în ceea ce privește procesul de exploatare, producție, utilizare vor juca un rol vital în această luptă pentru un viitor durabil și un climat neutru.

## 6.2 Materiale utilizate în anvelopa construcțiilor

Proiectarea unei anvelope adecvate pentru o clădire are un impact foarte mare în reducerea consumului de energie, menținând în același timp confortul termic al ocupanților. Îmbunătățirea performanței anvelopelor clădirii este esențială pentru a fi în concordanță cu majoritatea etapelor scenariului Net Zero pentru încălzire și răcire.

Există o multitudine de soluții de anvelopă a clădirilor care sunt bine cunoscute, cum ar fi izolații și vitraje eficiente din punct de vedere energetic. Cu toate acestea, aplicarea materialelor tradiționale de izolare termică necesită anvelope mai groase pentru a satisface noua cerere de economisire a energiei.

Deoarece anvelopa clădirilor foarte groase este de evitat din mai multe motive, cum ar fi probleme de spațiu, volume de transport, restricții arhitecturale și alte limitări, există o cerere mare pentru dezvoltarea de izolații termice inovatoare și de înaltă performanță pentru anvelopările clădirilor (Cheekatamarla, Sharma and Shrestha, 2022).

### Panouri izolatoare vidate

Pentru a îndeplini cerința prezentată mai sus, există noi materiale și modele de soluții pentru anvelopa clădirii care sunt în curs de dezvoltare. Unul dintre materialele de izolare termică de înaltă performanță sunt panourile de izolare în vid (VIP-uri).

Ca material termoizolant eficient, VIP-urile au performanțe ridicate de izolare termică și eficiență în economisirea energiei. Un panou izolat cu vid este un spațiu etanș la gaz care înconjoară un miez rigid, din care a fost extras tot aerul. În general, are următoarea structură: un perete cu membrană, care împiedică aerul să intre în panou; un panou dintr-un material rigid și foarte poros pentru a sprijini

pereții membranei împotriva presiunii atmosferice odată ce aerul este evacuat; și un colector pentru a colecta gazele care au pătruns prin membrană, prin urmare, pentru a menține starea de vid a VIP-ului (Kan *et al.*, 2022).

Într-un studiu despre materialele de izolare a acoperișului (Ding *et al.*, no date), autorii au sugerat că VIP-urile sunt o alegere excelentă pentru zonele calde de vară și reci de iarnă. Un studiu despre efectele meteorologice asupra materialelor de izolare a acoperișului (Zhou *et al.*, 2019) a menționat că VIP-urile au o rezistență excelentă la intemperii fără ca membrana de izolare a suprafeței să sufere degradări. De asemenea, pentru o performanță energetică mai bună, VIP-urile pot fi combinate cu panouri de izolație structurală (SIP), pentru a face pereți VIP-SIP, care sunt mai potriviți pentru dezvoltare în regiunile reci pentru a rezolva problemele legate de consumul local de energie (Geng *et al.*, 2021).

## Aerogel

Un alt material de înaltă izolare termică pentru soluțiile de închidere ale envelopei clădirii, este aerogelul. Descoperit în anii 1930 și utilizat în principal în aplicații spațiale, a câștigat un mare interes pentru aplicațiile de construcție în anii 1980, datorită conductivității termice scăzute (0,01-0,02 W/mK), care este cea mai mică dintre materialele transparente.

Transparența ridicată a materialului aerogelului de siliciu face ca aerogelul să fie foarte util atât pentru aplicațiile opace, cât și pentru cele transparente. Stratul de aerogel poate fi realizat fie sub formă de monoliți, fie într-o formă granulară. Aerogelul granular poate fi folosit pentru realizarea de ferestre sau acoperișuri opace, pentru situațiile în care utilizatorul nu are nevoie de o vedere în aer liber.

Forma monolită a aerogelului, dimpotrivă, este transparentă și poate fi utilizată pentru construirea de acoperișuri transparente și fațade transparente mari. Articolele de tip „review” au arătat că utilizarea aerogelurilor la realizarea anvelopei unei clădiri poate permite o economie de energie de până la 30 kWh/m<sup>2</sup> an în comparație cu soluțiile tradiționale (Buratti *et al.*, 2021).

## Izolații dinamice folosind aer

Izolația dinamică sau activă înseamnă capacitatea de a regla rezistența termică a anvelopei și de a controla rata de transfer de căldură în sau în afara clădirii. Prin urmare, izolația dinamică poate fi integrată în anvelopa clădirii ca schimbător de căldură, iar apoi aerul exterior ventilat poate fi preîncălzit sau pre-răcit în funcție de sezon.

O trecere în revistă a aplicațiilor actuale ale sistemelor dinamice de izolare (Fawaier and Bokor, 2022) a evidențiat principalele avantaje pe care le pot oferi aceste sisteme. Un coeficient de pierdere de căldură aproape egal cu zero poate fi obținut prin utilizarea izolației dinamice, iar economiile de energie asociate ar putea ajunge la peste 40% în comparație cu alternativele de izolare statică. De asemenea, prin utilizarea izolației dinamice, anvelopa clădirii acționează ca sursă de ventilație, reducând astfel cheltuielile de instalare și construcție a conductelor de ventilație. În ciuda faptului că izolațiile dinamice au fost propuse cu mai mult de 30 de ani în urmă, totuși acestea nu se găsesc pe piața din cauza costurilor ridicate.

## Materiale cu schimbare de fază

În ultimii ani, utilizarea materialelor cu schimbare de fază (PCM) în anvelopările clădirilor a atras atenția multor cercetători. PCM este unul dintre materialele a căror stare de agregare poate fi schimbată între gaz, lichid și solid atunci când sunt încălzite sau răcite. Utilizarea materialelor cu schimbare de fază în aplicații de răcire este o strategie inteligentă pentru reducerea necesarului de răcire al clădirilor. Strategiile asociate cu PCM-urile constau în utilizarea capacității lor ridicate de stocare a căldurii latente pe tot parcursul schimbării de fază, de la solid la fluid (J. Lizana *et al.*, 2018).

În timpul zilei, PCM-urile absorb căldura din mediul înconjurător și se topesc la o anumită temperatură. Acest proces împiedică creșterea temperaturii interioare și contribuie la menținerea nivelului de confort termic. În timpul nopții, PCM-urile pot elibera căldura stocată. Potrivit unui studiu, din cauza capacității crescute de stocare a căldurii, anvelopa integrată PCM poate reduce sarcina de răcire și încălzire de aproximativ 23%, respectiv 37,4% (Ascione *et al.*, 2019). Același studiu a remarcat, de asemenea, că utilizarea PCM în anvelopa clădirilor poate duce la o creștere a economisirii energiei de la 28% la 66% în clădirile rezidențiale.

Utilizarea PCM cu un punct de topire la temperatura de 32 °C într-o clădire rezidențială din Turcia (Asker *et al.*, 2019) a redus emisiile de gaze cu efect de seră legate de sarcina de răcire cu 23%, 22,8% și, respectiv, 29% în cazul aplicării externe, medii și interne în perete.

În ciuda beneficiilor descrise, există unele dezavantaje care pot limita aplicațiile lor, cum ar fi costul materialelor și transferul redus de căldură între PCM și aer, ceea ce limitează stocarea căldurii în material. Incorporarea PCM-urilor prin sisteme de ventilație ar putea depăși dezavantajele menționate anterior. Acest lucru va reduce cantitatea de PCM-uri utilizate și, prin urmare, costul asociat, crescând transferul de căldură între PCM și aer prin convecție forțată și izolând PCM în timpul perioadelor de funcționare activă a sistemului, pentru a profita de răcirea pe timp de noapte (Jesús Lizana *et al.*, 2018).

În ultimii ani, diferite aplicații pentru încorporarea PCM în clădiri au fost studiate de cercetători cu scopul de a depăși dezavantajele PCM-urilor și de a le utiliza cu succes în aplicațiile de construcție. Rezumând rezultatele lor, se poate observa că există o îmbunătățire a eficienței energetice și a temperaturii atunci când se utilizează PCM, dar se observă și unele probleme universale. Există multe tipuri de PCM-uri și o posibilitate extinsă de a le implementa în anvelopa clădirii.

Performanța PCM se bazează foarte mult pe starea ambientală a clădirilor, iar unele aplicații propuse ar putea să nu funcționeze pentru un anumit mediu. De aceea, se poate spune că nu există o modalitate optimă de a instala PCM în construcții și este necesară o evaluare mai sistematică a diferitelor materiale PCM integrate în structura clădirii.

Un nou sistem PCM a fost propus într-un studiu (de Gracia, 2019) în care poziția stratului PCM poate fi modificată în funcție de ora din zi, în ceea ce privește stratul izolator al unei anvelope a clădirii (Figura 6.3). Astfel, acest sistem va putea localiza stratul PCM în partea exterioară a izolației în timpul nopții, astfel încât PCM-ul să poată elibera căldura absorbită fiind cedată înapoi în interior în timpul zilei pentru a absorbi sarcina maximă de răcire și câștigurile interne. Această capacitate permite ca tehnologia să fie utilizată nu numai ca o barieră termică, ci și ca un sistem de răcire. Rezultatele obținute în urma experimentelor numerice au arătat că acest sistem, atunci când este utilizat cu temperatura de topire a PCM-urilor la 22 °C și un control optim, poate obține o reducere a sarcinii de răcire de 379% în comparație cu un sistem fără PCM.

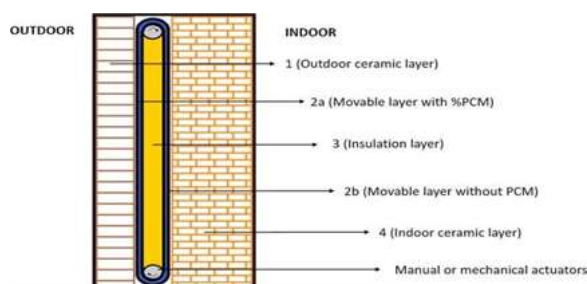


Figura 6.3 - Schița posibilei implementări a sistemului PCM dinamic în anvelopările clădirilor  
6.3 Finisaje

Finisajele scad transferul de căldură prin anvelopa clădirii, ceea ce duce la scăderea temperaturii interioare și la un confort termic mai bun. Eficacitatea lor depinde de masa termică și rezistența la căldură a clădirii, precum și de condițiile climatice și de mediu.

Studiile arată că materialele de acoperire puternic reflectorizante pot reduce transferul de căldură prin anvelopă cu 18% și pot îmbunătăți confortul termic cu 22%. Cu toate acestea, economisirea energiei clădirii depinde de emisivitatea și de reflexia solară și, potrivit unui studiu (Ibrahim *et al.*, 2018), un strat de emisivitate scăzută cuplat cu tencuială din aerogel poate duce la economii de energie de până la 30%.

Aplicarea unei vopsele cu albedo ridicat pe o casă poate economisi până la 2,2 kWh/zi și până la 3,1 kWh/zi atunci când este aplicată pe o școală (Akbari *et al.*, 1997).

Acoperirea cu materiale având emisivitate ridicată este economică în regiunile având un climat rece, în timp ce materialele cu emisivitate scăzută sunt rentabile într-o regiune predominant caldă.

Proiectarea unei anvelope eficiente energetic pentru clădiri este esențială pentru arhitectura și construcția durabilă. Prin încorporarea componentelor potrivite, a principiilor de proiectare și a strategiilor, arhitecții, designerii de interior și companiile de construcții pot crea clădiri eficiente din punct de vedere energetic, durabile și confortabile, care să reziste testului timpului.

Există, de asemenea, tehnologii emergente care promit să eficientizeze și mai mult clădirile durabile. De exemplu, progresele înregistrate în ceea ce privește imprimarea 3D și robotica ar putea permite producerea de componente complexe și personalizabile ale clădirilor cu deșeuri minime. În plus, tehnologiile clădirilor inteligente ar putea fi utilizate pentru a optimiza utilizarea energiei și pentru a îmbunătăți performanța clădirilor.

Printre cele mai noi materiale disponibile pe piață mai multe dintre ele sunt prezentate mai jos:

- **Placarea din bioplastice** - start-up-ul german Made of Air produce bioplastic din deșeuri forestiere și agricole care captează carbonul și poate fi folosit pentru a face obiecte, inclusiv placaje. Panouri hexagonale numite HexChar (Figura 6.4) au fost instalate pe o clădire a unui dealer Audi din Munchen anul trecut, marcând prima dată când produsul a fost folosit pe o clădire.



Figura 6.4 - Panouri hexagonale HexChar (HexAudi, 2021)



Figura 6.5 - The Cube project (Technical University of Dresden, no date)

- **Beton armat cu fibră de carbon** Această soluție nouă este întărită cu fire din fibră de carbon (Figura 6.5), astfel încât este nevoie de mai puțin beton pentru o structură cu aceeași

rezistență structurală. Cercetătorii de la Universitatea Tehnică din Dresda au lucrat cu firma germană de arhitectură Henn pentru a crea clădirea realizată din acest "beton de carbon", care va fi denumită „Cubul”. Demonstratorul compozit din beton carbon are ca scop reducerea utilizării materialelor din beton cu 50% și a emisiilor de CO<sub>2</sub> cu până la 70%;

- **Plastic super-puternic** - Inventat de inginerii chimici de la Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Institute of Technology, 2023), 2DPA-1 este ușor și turnabil ca toate materialele plastice, fiind în același timp de două ori mai puternic decât oțelul.

Cercetătorii au descoperit că modulul elastic al noului material este între patru și șase ori mai mare decât cel al sticlei antiglonț. Ei au descoperit, de asemenea, că rezistența sa este de două ori mai mare decât cea a oțelului, chiar dacă materialul are doar aproximativ o șesime din densitatea oțelului. O altă caracteristică cheie a 2DPA-1 este că este impermeabil la gaze. Sintetizat folosind un nou proces de polimerizare, acesta va fi folosit mai întâi ca un strat ultra-subțire pentru a spori durabilitatea obiectelor, dar ar putea fi dezvoltat într-o zi într-un material de armare structurală pentru clădiri.

- **Miceliul imprimat 3D** - Există multe modalități de utilizare a miceliului, care este partea ramificată, vegetativă a unei ciuperci, pentru construcție. Una este metoda de imprimare 3D a Blast Studio (Figura 6.6), pe care practica londoneză a folosit-o pentru a face o coloană înaltă de doi metri ce poate fi utilizată ca element arhitectural portant. Materialul are o capacitate structurală similară cu plăcile din fibre de densitate medie (MDF) și este un element arhitectural portant cu proprietăți naturale de izolare și ignifugare



**Figura 6.6 - Miceliu imprimat 3D (Blast Studio, 2023)**

- **Rebar de cânepă** - Fabricat dintr-una dintre cele mai puternice *carbon-capturare* plante din lume, rebarul de cânepă (Figura 6.7) este în prezent în curs de dezvoltare la Institutul Politehnic Rensselaer din SUA (Rensselaer Institute, 2023).

Fibra de cânepă este învelită în termoplastice pentru a obține o bară de armare. Acesta își propune să fie o alternativă low-cost, cu emisii reduse de carbon la bara de oțel standard, care evită, de asemenea, problema coroziunii, prelungind durata de viață a structurilor din beton.

Din cauza coroziunii, în mediile cu concentrație mare de sare, structurilor din beton li se acordă o durată de viață de 40 până la 50 de ani. Dacă armăturile nu ar coroda, ar fi de trei ori mai mare, iar acest lucru ar crea o contribuție globală semnificativă la reducerea emisiilor de carbon.



**Figura 6.7 - Rebar de cânepă pentru construcții din cement**



- **Carbocrete de carbon** - compania canadiană Carbicrete (CarbiCrete, 2023) a dezvoltat o metodă de sechestrare a carbonului în beton (Figura 6.8), susținând că produsul său captează mai mult carbon decât emite. În loc de ciment pe bază de calciu, care emite foarte mult CO<sub>2</sub>, Carbicrete se bazează pe zgura reziduală din industria siderurgică, plus carbonul captat din instalațiile industriale. Acesta a fost folosit pentru a face unități de zidărie din beton și panouri prefabricate.



Figura 6.8 – Carbicrete de carbon sechestrat

- **PAL din coji de cartofi** - designerii londonezi Rowan Minkley și Robert Nicoll au creat această alternativă ecologică la materialele de unică folosință, cum ar fi MDF și PAL (Figura 6.9). Numit Chip[s] Board, este creat din coji de cartofi și realizat fără formaldehidă sau alte rășini toxice și poate fi folosit ca material de construcție.



Figura 6.9 PAL-uri de coajă de cartofi

- **Placă de construcții din deșeurile de hârtie** - placa de construcții Honext (HONEXT) (Figura 6.10) este realizată din hârtie care a trecut deja prin mai multe cicluri de reutilizare, ceea ce înseamnă că fibrele de celuloză rămase sunt prea scurte pentru a fi legate împreună pentru a fi făcute din nou în hârtie.

Fibrele de celuloză reziduală sunt amestecate cu apă și enzime pentru a face plăcile – în funcție de calitatea deșeurilor, se utilizează un amestec de 50 până la 75% pastă de hârtie și 25 până la 50% deșeurile de carton, care pot fi utilizate pentru compartimentarea sau placarea interioară.

Prin adăugarea anumitor enzime în timpul procesului de producție, se creează legături mai puternice între fibrele celulozice scurte, fără a fi nevoie să se utilizeze rășini nerecyclabile. Acest tratament enzimatic este esențial pentru proces, deoarece fibrele de această lungime – mai puțin de cinci milimetri – nu pot fi ținute de obicei împreună fără rășini sau alți aditivi de lipire pentru a fi utilizate în industria construcțiilor. Metoda de producție face, de asemenea, plăci fără emisii și, spre deosebire de materiale similare, cum ar fi MDF sau gips-

carton, nu emite particule nocive. Placa de celuloză este, de asemenea, mai ușoară, mai flexibilă și are o absorbție a sunetului mai mare decât aceste materiale.

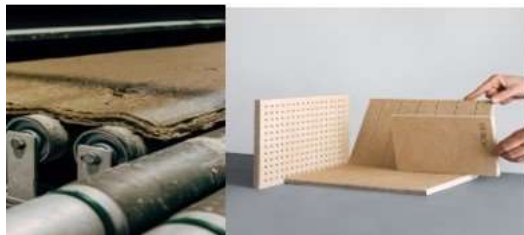


Figura 6.10 – Plăci de construcție din deșuri și hârtie

- **Cărămizi de loofah cu cărbune verde** - Proiectate de cercetătorii de la Școala Indiană de Proiectare și Inovare din Mumbai (ISDI, 2023), aceste bio-cărămizi sunt fabricate din pământ, ciment, cărbune și fibre organice de luffa - mai bine cunoscute sub numele de loofah, planta utilizată în mod obișnuit pentru bureții de baie. Un alt ingredient cheie este aerul. Cărămizile, numite "Cărbune verde", conțin mai multe buzunare de aer decât un bloc de beton standard, ceea ce le face de până la 20 de ori mai poroase. Cărămizile sunt ușoare, precum și biodegradabile. Ei au nevoie de mult mai puțin agregat decât betonul standard - un alt avantaj cheie având în vedere deficitul de nisip, cel mai minat material din lume. Acestea necesită în continuare ciment, una dintre cele mai mari surse de emisii de dioxid de carbon din lume, deși este o cantitate ușor redusă. Nu este nevoie de armare clasică, deoarece fibrele luffa oferă toată rezistența structurală și flexibilitatea necesare. Golurile naturale din rețeaua fibroasă a loofahului permit cărămizilor să devină o casă pentru viața animalelor și a plantelor, crescând biodiversitatea orașelor.
- **Grafen** - este un nanomaterial versatil pe bază de carbon, care este de 200 de ori mai puternic decât oțelul, și se poate întinde până la 25% din lungimea sa inițială. O declanșare scurtă de electricitate sparge toate legăturile chimice și reordonează carbonul în straturi extrem de subțiri de grafen turbostratic. Toate impuritățile pe bază de non-carbon sunt eliminate, iar produsul grafen rezultat este >99% carbon.

#### 6.4 Materiale inteligente și aplicații în domeniul construcțiilor civile

Clădirile inteligente conectează lumea fizică și digitală și, făcând acest lucru, oferă un potențial imens pentru oameni, economie și mediu.

Infrastructura inteligentă joacă deja un rol-cheie în furnizarea unor comunități mai eficiente, mai reziliente și mai durabile, dar, adesea trecută cu vederea, este o conștientizare a dorințelor și cerințelor unice ale persoanelor care formează aceste comunități.

Clădirile inteligente interacționează cu sistemele din jur, cu elementele din mediul exterior și cu oamenii – indivizii făcând propriile alegeri în funcție de preferințele lor.

În urmă cu un deceniu, sensul de "smart" era acela de conectivitate, de la HVAC la siguranța și securitatea la incendiu, monitorizând și controlând echipamentele de pe o singură platformă de management. În momentul de față există mult mai multe aspecte: progrese în IoT și managementul clădirilor bazate pe cloud, funcționalitate îmbunătățită de automatizare, utilizarea inteligenței artificiale (IA) pentru a se adapta la comportamentele utilizatorilor și o capacitate de a echilibra sarcinile cu rețeaua într-un mediu energetic în schimbare rapidă.

Cu toate acestea, adevărata valoare este definită de capacitatea acestei tehnologii de a crea un mediu construit mai durabil și mai eficient din punct de vedere energetic, de a reduce costurile operaționale pe parcursul ciclului de viață al unei clădiri și de a crea un mediu mai sigur, mai confortabil și mai sănătos pentru utilizatorii săi.

Potrivit (Siemens, 2022), progresele cu tehnologia bazată pe IoT permite un salt semnificativ peste unii dintre pașii tradiționali. Beneficiile sunt nevoile mai mici de investiții și reducerea problemelor de funcționare. Puteți începe să vă integrați cu dispozitivele existente, cum ar fi senzori sau actuatori,

să introduceți dispozitive compatibile cu IoT și să vă extindeți pas cu pas, în funcție de nevoi și de capitalul de investiții disponibil.

Dintr-o perspectivă individuală, bunăstarea subiectivă a unei persoane afectează capacitatea sa de a lucra eficient și de a crea rezultatele dorite, dar aceasta este doar o față a monedei.

Pentru întreprinderi, sănătatea și potențialele zile de boală, precum și productivitatea scăzută, au un impact direct asupra liniei de producție. Utilizarea spațiului de birouri într-un mod responsabil necesită măsuri clare de sănătate și siguranță și un accent pe aspecte precum calitatea aerului, purificarea aerului, iluminatul centrat pe om și alți factori care afectează performanța și bunăstarea individuală. O clădire cu adevărat inteligentă își va optimiza sistemele și arhitectura datelor atât în ceea ce privește rezultatele la nivel înalt, cum ar fi eficiența energetică, cât și nevoile individuale, în special confortul personal.

Materialele și sistemele inteligente ar putea fi împărțite în două clase (Samy and Mohamed, 2017) (Figura 6.11):

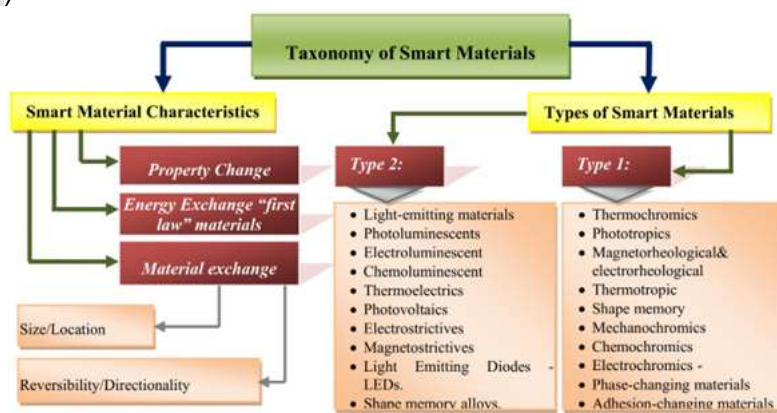


Figura 6.11 - Taxonomia materialelor inteligente

**Tipul 1** - Materialele suferă modificări a uneia sau mai multor dintre proprietățile lor (chimice, electrice, magnetice, mecanice sau termice) ca răspuns direct la o schimbare a stimulilor externi din mediul înconjurător. Aportul de energie pentru un material afectează energia internă a materialului prin modificarea microstructurii materialului, iar intrarea duce la o schimbare de proprietate a materialului, includ următoarele:

- **Termocromice** - un aport de energie termică schimbă culoarea materialului
- **Fototropice** - materiale care își schimbă culoarea atunci când sunt expuse la lumină
- **Magnetorheologic și electroreologic** - aplicarea unui câmp magnetic (sau pentru electro-reologic - un câmp electric) determină o schimbare a orientării microstructurale, ducând la o schimbare a vâscozității fluidului
- **Thermotropice** - un aport de energie termică duce la modificarea microstructurii materialului printr-o schimbare de fază. Într-o fază diferită, majoritatea materialelor au proprietăți diferite, inclusiv conductivitatea, dilatarea volumetrică și solubilitatea
- **Memoria forme** - un aport de energie modifică microstructura printr-o schimbare de fază cristalină.
- **Mecanocromice** - materiale care își schimbă culoarea datorită solicitărilor și/ sau deformărilor impuse
- **Chemocromice** - materiale care își schimbă culoarea atunci când sunt expuse la medii chimice specifice
- **Electrocromice** - materiale care își schimbă culoarea atunci când se aplică o tensiune. Tehnologiile conexe includ cristale lichide și dispozitive cu particule în suspensie care își schimbă culoarea sau transparența atunci când sunt activate electric
- **Materiale cu schimbare de fază** - utilizate pentru a stoca și elibera căldură
- **Materiale care își schimbă aderența** - se modifică modul în care se comportă la adsorbție sau absorbție atunci când sunt expuse la lumină sau câmp electric.



**Tipul 2** - Materialele inteligente care transformă energia dintr-o formă în alta. Aportul de energie la un material modifică starea energetică a compoziției materialului, dar nu modifică materialul, și includ următoarele:

- **Materialele emițătoare de lumină**, care transformă energia de intrare într-o ieșire de energie de radiație în spectrul vizibil, includ:
  - Fotoluminiscente (intrarea este radiația din spectrul ultraviolet)
  - Electroluminiscente (aportul este de energie electrică)
  - Chemoluminescente (intrarea este dată de o reacție chimică)
- **Piezoelectrice** (cu un aport de energie elastică se produce curent electric)
- **Termoelectrice** (o intrare de curent electric creează o diferență de temperatură pe laturile opuse ale materialului).
- **Fotovoltaice** (o intrare de energie radiantă din spectrul vizibil produce curent electric)
- **Electrostrictive** (aplicarea unui curent produce energie elastică -care deformează forma materialului)
- **Magnetostrictive** (aplicarea unui câmp magnetic produce energie elastică -care deformează forma materialului)
- **Diode emițătoare de lumină** - LED-uri
- **Aliaje care păstrează memoria formei**

Materialele sunt o componentă critică a oricărui proiect de construcție, iar materialele durabile câștigă popularitate datorită impactului redus asupra mediului, și atractivității estetice.

Selectarea materialelor de construcție trebuie să ia în considerare factori precum rezistența mecanică, durabilitatea, performanța termică și impactul asupra mediului. În ceea ce privește tehnologiile prefabricate de construcție, acestea câștigă popularitate datorită capacității lor de a reduce timpul de construcție, costurile și impactul asupra mediului. Materialele trebuie să îndeplinească cerințe specifice, cum ar fi ușurința transportului, asamblarea și durabilitatea.

Materialele de construcții durabile, cum ar fi lemnul, celuloza, placaje din lemn și iluminatul cu LED-uri pot contribui la reducerea impactului asupra mediului al clădirilor prefabricate, oferind în același timp performanțe ridicate și eficiență energetică.

Utilizarea sistemelor de evaluare a ciclului de viață poate contribui la evaluarea impactului materialelor de construcție asupra mediului pe tot parcursul ciclului lor de viață și la luarea unor decizii informate privind selecția și proiectarea materialelor.

În general, perspectivele pentru construirea durabilă sunt promițătoare. Pe măsură ce societatea continuă să acorde prioritate durabilității și responsabilității față de mediu, este probabil ca cererea de clădiri eficiente din punct de vedere energetic și ecologic să crească. Prin urmare, inovarea continuă și progresele în domeniul clădirilor durabile vor reprezenta o constantă în prezent și viitor..

## **7. Sisteme de instalații pentru clădiri: sisteme inteligente și de control, sisteme HVAC, sisteme de iluminat și electrice, sisteme sanitare**

Sistemele inteligente și de control au devenit parte integrantă a mediului modern construit, schimbând fundamental modul în care trăim și lucrăm. Aceste sisteme, care fac parte din ecosistemul mai larg, Internet of Things (IoT), ne sporesc capacitatea de a gestiona și controla eficient diverse elemente din interiorul clădirilor, de la iluminat și HVAC (încălzire, ventilație și aer condiționat) la securitate și divertisment.

Sistemele inteligente și de control utilizează o combinație de senzori, software, conectivitate și interfețe cu utilizatorul pentru a colecta și analiza date, automatizând astfel diverse funcții pentru

eficiență și confort. Acestea oferă mai multe beneficii, inclusiv eficiența energetică, economii de costuri, siguranță și securitate îmbunătățite, precum și confort sporit.

Unul dintre cele mai importante avantaje ale sistemelor inteligente și de control este capacitatea lor de a **optimiza consumul de energie**. De exemplu, termostatele inteligente pot învăța din rutina zilnică a unei gospodării și pot ajusta temperatura în consecință, minimizând consumul de energie atunci când clădirea este neocupată. În mod similar, sistemele de iluminat inteligente pot diminua sau stinge luminile atunci când încăperile sunt neocupate. Prin reducerea consumului inutil de energie, aceste sisteme pot reduce semnificativ facturile la utilități și pot reduce amprenta de carbon a unei clădiri.

Sistemele inteligente și de control îmbunătățesc, de asemenea, **securitatea unei clădiri**. Sistemele inteligente de securitate pot include diverse elemente, cum ar fi camere foto, senzori de mișcare, senzori de ușă și fereastră și încuietori inteligente, toate interconectate și controlate printr-un hub central. Sistemul poate alerta proprietarii de case cu privire la potențialele amenințări la adresa securității și chiar poate oferi acces de la distanță la evenimentele legate de securitate. În plus, aceste sisteme se pot integra cu detectoare de fum și monoxid de carbon, sporind siguranța.

Sistemele inteligente și de control permit proprietarilor de case să controleze diverse elemente ale casei lor de pe smartphone-urile lor sau prin intermediul sistemelor activate vocal, sporind astfel **confortul** acestora. Aceștia pot regla temperatura, pot controla iluminarea, pot reda muzică și chiar pot bloca ușile de la distanță. Aceste sisteme pot învăța, de asemenea, din comportamentul utilizatorului pentru a automatiza sarcinile de rutină, cum ar fi coborârea jaluzelelor la un anumit moment al zilei sau ajustarea termostatului înainte ca ocupanții să se întoarcă acasă.

Puterea reală a sistemelor inteligente și de control constă în **capacitatea lor de a se integra și de a comunica** cu alte dispozitive. Folosind protocoale precum Zigbee, Z-Wave sau Wi-Fi, dispozitivele pot "vorbi" între ele, creând un sistem interconectat și automatizat. De exemplu, o cameră de securitate ar putea declanșa stingerea luminilor dacă detectează mișcarea sau o blocare inteligentă ar putea semnaliza termostatul pentru a regla temperatura atunci când este deblocat.

Sistemele inteligente și de control sunt extrem de **flexibile și scalabile**. Acestea pot fi implementate într-un apartament mic sau într-o clădire mare de birouri cu aceeași eficiență. În plus, pe măsură ce nevoile și tehnologiile se schimbă, pot fi adăugate noi dispozitive, iar sistemele pot fi modernizate sau reconfigurate.

Prin **colectarea de date** despre modul în care este utilizată o clădire, sistemele inteligente și de control pot oferi informații valoroase. Aceste informații pot contribui în continuare la strategiile de conservare a energiei, la măsurile de securitate și la planurile de întreținere.

## 1. Sisteme inteligente și de control

Conform studiilor efectuate la nivel european (Eurostat, 2022) consumul de energie la nivel de gospodării a fost distribuit în cea mai mare parte pentru încălzirea locuinței (62.8%), prepararea apei calde menajere (15.1%), urmat de energia consumată pentru iluminat și electrocasnice (14.5%), prepararea hranei (6.1%), alte dispozitive (1.0%) și în mod surprinzător cheltuielile cu energia pentru răcirea locuinței ocupă o parte infimă din repartitia consumului energetic (0.4%). La nivel național, România se încadrează în media UE având următoarele procente: încălzirea locuinței - 62.2%, răcirea locuinței - 0.3%, prepararea apei calde menajere - 13.8%, prepararea hranei - 9.8% și iluminat și alte electrocasnice 13.9%. Prin analiza acestor date se poate evidenția faptul că sistemul de încălzire a clădirii este unul dintre cele mai energofage sub-sisteme din cadrul sectorului rezidențial.

În cadrul clădirilor există diverse sub-sisteme care în lipsa unui management adecvat se pot dovedi ineficiente sau chiar energofage. Este necesară existența unor sisteme software-hardware care pot duce la economii substanțiale de energie. Din punct de vedere al terminologiei de specialitate folosite, astfel de sisteme poartă denumirea „Building automation (BAS)”, „Building management systems (BMS)” sau „Home automation systems (HAS)”. Deși la prima vedere aceste denumiri sunt asemănătoare, conceptul BMS se referă la automatizarea clădirilor per ansamblu, aici putând fi încadrate clădirile non-rezidențiale, pe când HAS se referă la automatizarea clădirilor rezidențiale, în special case unifamiliale..

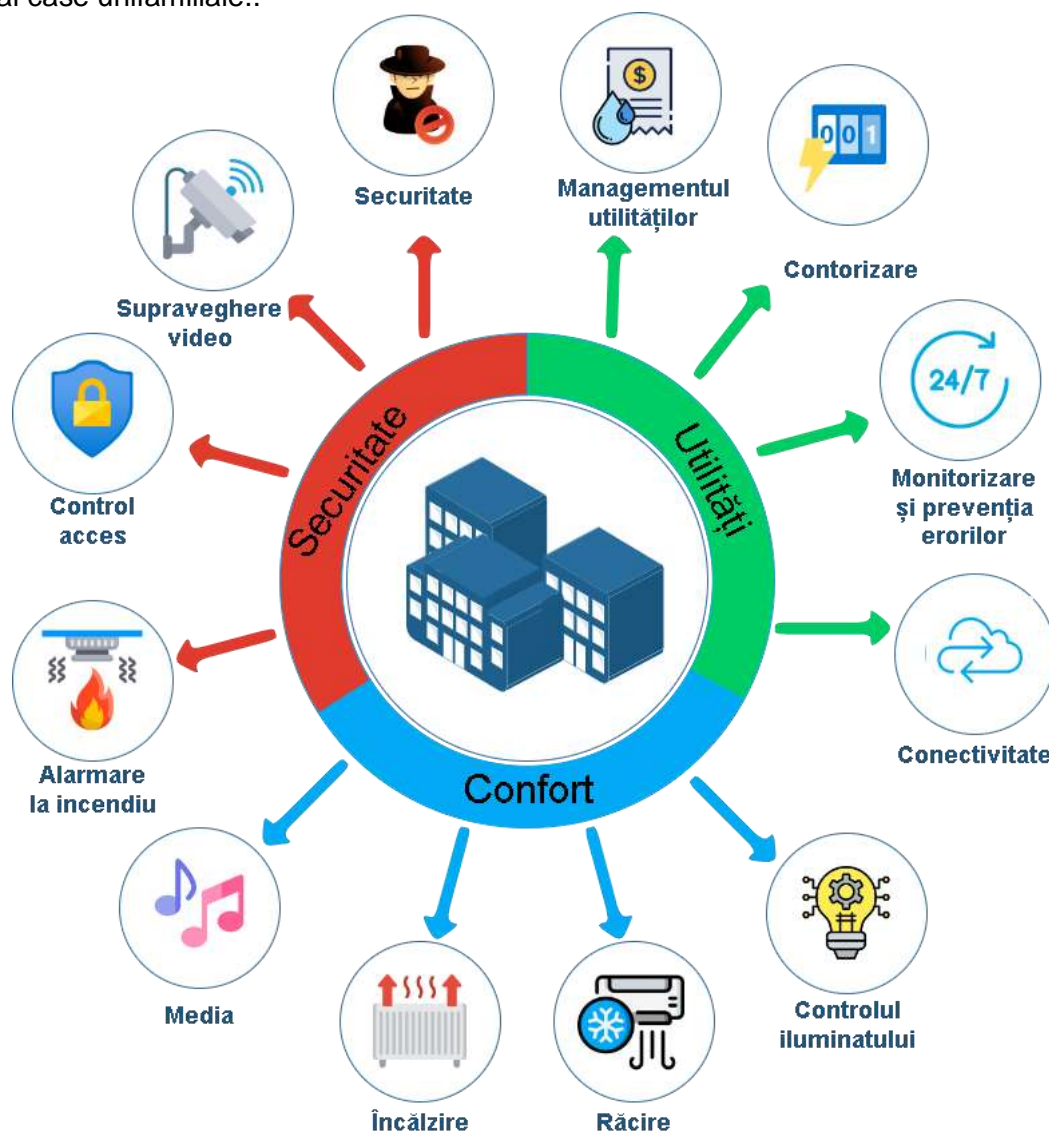


Figura 7.1 - Ecosistemul BMS

Sistemele de automatizare din cadrul unei clădiri sunt dezvoltate pentru a prelua date de la senzori și alte dispozitive din teren, iar cu ajutorul acestor date să poată fi luate acțiuni pentru economia de energie.

Sistemele de tip BMS includ o serie de subsisteme ce pot fi încadrate în 3 mari categorii **confort**, **securitate** și **managementul utilităților**. În Figura 7.1 sunt exemplificate o parte dintre subsistemele ce fac parte din fiecare categorie. În cadrul categoriei **confort** putem avea sisteme de control a iluminatului, sistemele de încălzire/răcire a spațiilor sau gestiunea dispozitivelor media. În categoria **securitate** pot fi integrate dispozitivele ce fac parte din cadrul sistemelor de avertizare la incendiu, sistemul de control acces, supravegherea video sau securitatea spațiului. Categoria **utilităților** include sistemul de management al utilităților (apa, canal, salubritate), contorizarea

energiei, sistemele de monitorizare și prevenție a eventualelor defecte ce pot apărea sau diversele servicii de conectivitate Cloud.

Sisteme de automatizare a locuințelor pot fi grupate în funcție de mediul de comunicație folosit, aceasta poate fi încadrat în următoarele categorii: **tehnologii de comunicație ce utilizează rețeaua de energie** – Powerline(X10) , **tehnologii de comunicație cu magistrala de date** (KNX, ModBus, Profibus) și **tehnologii radio** – wireless (Wi-Fi, BLE).

S-au dezvoltat chiar protocoale specifice pentru domeniul automatizării locuințelor. Aceste protocoale țin cont de specificul datelor achiziționate de senzori (ex: temperatură, umiditate, intensitatea luminoasă) și includ aceste date în diverse scenarii de automatizare precum închiderea/pornirea încălzirii pentru scenariile simple, dar și luarea în considerare unor scenarii ce țin cont și de datele meteorologice ce pot fi achiziționate prin intermediul unui API extern.

Conform unui studiu realizat de către HiddenWires (Hiddenwires State of the smart home, 2021), printre 8000 de profesioniști din domeniul automatizărilor din regiunea EMEA (Europa, Orientul Mijlociu și Africa), standardul KNX este inclus în proiectele de automatizare într-un procent de 62% de către specialiștii din automatizări, fiind urmat de alte standarde de comunicație precum Wi-Fi (53%) sau Bluetooth (31%) (Tabelul 7.1).

Un alt aspect interesant al studiului este faptul că proiectele au fost împărțite în 3 categorii: **proiecte mici** (pana in 250.000 €), **medii** (250.000-450.000 €) și **mari** (peste 450.000 €). S-a observat că ponderea cea mai mare este cea a proiectelor mici 72%, cea a proiectelor medii este de 20%, iar proiectele mari ocupă aproximativ 8%.

**Tabelul 7.1 Studiu referitor la protocoalele folosite in automatizare locuințelor**

	KNX	Wi-Fi	Bluetooth	Zigbee	Apple	Amazon	Z-wave	Loxone	EnOcean	BAC Net	Samsung	Control4	Proprietary	Huawei
Cunosc tehnologia	75%	71%	64%	54%	51%	44%	49%	46%	45%	40%	33%	32%	26%	25%
Folosec tehnologia	62%	53%	31%	21%	22%	14%	13%	10%	13%	15%	8%	8%	9%	2%

Un alt aspect important este cel al domeniilor ce sunt automatizate în cadrul proiectelor de automatizare a locuințelor (Tabelul 7.2).

**Tabelul 7.2 Dispozitivele automatizate**

	Controlul iluminatului	Reglajul temperaturii	Controlul jaluzelelor	Managementul energiei	Securitatea	Multimedia și sonorizare	Detectori de fum și CO2	Electrocasnice inteligente	Altele
Procent de automatizare	71%	65%	50%	46%	38%	32%	26%	24%	4%

O mare parte dintre respondenți, 82%, au afirmat că lucrează la soluții de automatizare ce țin de clădirile nou construite, pe când doar 17% au afirmat că instalează soluții “smart” la clădirile existente.

Conform studiului Eurostat referitor la consumurile de energie (Eurostat, 2022), dar și informațiilor oferite de către studiul de piață Hiddenwires (Hiddenwires State of the smart home, 2021), se poate observa că prin suprapunerea datelor din cadrul celor 2 studii putem avea o privire

de ansamblu a celor mai energofage domenii din cadrul unei locuințe/clădiri, dar și care sunt domeniile de automatizare spre care sunt canalizate eforturile profesioniștilor din domeniu automatizărilor de locuințe.

În cele ce urmează vom face un sumar al celor mai utilizate platforme/soluții de management ale clădirilor din mediul rezidențial sau domestic.

- **ETS (ETS6, 2023)** – este folosit în general pentru gestiunea dispozitivelor ce utilizează protocolul KNX. Permite o organizare a dispozitivelor ce reflectă dispunerea geografică a acestora, fiind organizate într-o structură arborescentă de tip clădire/etaj/cameră. Suportă un număr de peste 500 de producători de dispozitive hardware cu un număr de 8000 de dispozitive certificate KNX. Permite utilizarea echipamentelor de diverse tipuri precum iluminat, HVAC, control acces sau contorizare într-un mod unificat
- **Ecostructure Building Operation (Schneider Electric) (Schneider Electric EcoStructure, 2023)**: Cu ajutorul Ecostructure Building Operation se obține un management eficient al dispozitivelor din cadrul unei clădiri, prin îmbinarea gamei de produse proprii pe fiecare categorie automatizată (iluminat, încălzire, HVAC) cu dispozitive de la alți producători utilizând protocolele consacrate precum FTP, Modbus, CANbus, ZigBee, EnOcean, BACnet sau oBIX
- **Desigo Optic/Desigo CC(Siemens) (Desigo CC, 2023)**: oferă o conectivitate prin intermediul următoarelor protocole BACnet, BACnet/SC, OPC DA și UA, Modbus, HTTP(S), SNMP, KNX, IEC61850, HTML5, HayStack, Power, Power Quality, S7 și S7 plus. Sunt posibile integrări cu următoarele servere: BACnet server, OPC DA Server, SNMP, Servicii web de tip REST. Suportă 150.000 de obiecte într-un singur sistem și până la 1.500.000 în arhitectură distribuită. Suportă autentificarea de tip OIDC(Google, Microsoft, Amazon)
- **Loxone (Building automation, 2023)** – Loxone oferă atât dispozitive hardware dar și o platformă de management a dispozitivelor. Dispozitivele sunt împărțite pe 3 niveluri ierarhice de tip piramidal. La baza piramidei se află nivelul senzorial și de comandă. Senzorii pot fi de diverse categorii precum cei ce detectează prezența, temperatura, CO2, de inundație, fum sau cei de prezență. Datele achiziționate sunt transmise la un nod central(Miniserver), care va lua anumite decizii în funcție de scenariile de automatizare și va trimite comenzi către actuatori. Protocolele de automatizare suportate sunt BACnet IP, Modbus RTU/TCP, EEBUS, RS232, SIA DC-09.
- **Legrand (Legrand, 2023)** – Legrand dispune de o multitudine echipamente și dispozitive hardware pentru diverse categorii precum iluminat, întrerupătoare, senzori și controlere. La nivel de configurare și monitorizare a echipamentelor are soft-uri dedicate pentru fiecare categorie în parte, precum iluminatul, control acces sau supraveghere video. Protocolele de comunicație suportate sunt KNX, SCS sau ZigBee.
- **Creston (Creston, 2023)** – Ecosistemul Creston dispune de soluții integrate de tip hardware și software ce pot fi folosite la automatizarea iluminatului, sistemului de sonorizare, sistemului de umbrire, încălzirea/răcirea locuințelor sau



a sistemelor de securitate. *Creston Home* este soluția software disponibilă pentru gestionarea dispozitivelor din cadrul proiectelor rezidențiale și care este disponibilă atât pentru dispozitive mobile cu sistem de operare iOS sau Android. *Xpanel* este o aplicație care transformă orice tip de calculator ce suportă sistemul de operare Windows sau macOS într-o interfață de gestiune a dispozitivelor Creston. Soluția *XiO Cloud* permite gestiunea conținutului digital fie că vorbim de biblioteci, spații de birouri sau săli de conferințe. Dispozitivele Creston comunică între ele prin intermediul protocol proprietar denumit *Cresnet*, iar magistrala de comunicație și alimentare este alcătuită din 4 fire (2 bus, 2 alimentare la 24VDC). Mai este suportată magistrala de date de tip *BACnet*. Conectarea la alte tipuri de protocoale, precum *KNX*, este asigurată prin intermediul unor interfețe bidirecționale. *Creston Studio* permite configurarea facilă a dispozitivelor prin intermediul unui software dedicat și care va genera automat codul necesar interfețelor grafice, dar și cel legat de logica schimbului de mesaje dintre diverse dispozitive.

- **Control4** – Construit în jurul propriului sistem de operare Control4 OS, sistemele Control4 permit interacțiunea dintre dispozitivele ce utilizează IP, ZigBee, comunicație serială sau un port intern pentru Z-Wave Plus. Gama de produse include controlere de gestiune a iluminatului, interfețe de tip touch-screen, încuieri inteligente sau senzori.

- **ABB**- Soluția de gestiunea a clădirilor de la ABB (ABB-free@home) poate fi folosită pe dispozitivele de tip iOS sau Android. Implementarea pe baza de HTML5 o face ușor utilizabilă de pe orice tableta sau calculator conectat la Internet. Soluția de conectare a dispozitivelor prin intermediul magistralei de date cu fir necesită utilizarea unui cablu certificat de tip KNX(J-Y(ST)Y 2x2x0.8). De asemenea este posibilă utilizarea unei soluții wireless. Este posibilă utilizarea a până la 150 de dispozitive în cadrul aceleiași rețele. Protocolul de comunicație dintre dispozitive se numește ABB i-bus KNX și are la bază protocolul KNX.

Pe lângă aceste soluții integrate ce includ atât software cât și hardware, o serie de inițiative open-source duc la dezvoltarea sistemelor de automatizare a locuințelor și implicit la obținerea unor economii de energie. O parte din protocoalele sau dispozitivele suportate de către aceste platforme au fost implementate prin metoda “reverse engineering” din acest motiv utilizarea acestor soluții nu este recomandată în proiectele comerciale. În continuare sunt prezentate câteva dintre soluțiile software de automatizare a locuințelor.

- **OpenHAB** (openHAB, 2023) – openHAB este dezvoltat în Java și folosește OSGi pentru modularitate. Apache Karaf servește ca un container cu Eclipse Equinox ca mediu de rulare OSGi. Jetty este inclus ca server HTTP. openHAB este un software modular care poate fi extins prin „Add-on”-uri. “Add-on”-urile oferă soluției openHAB o gamă largă de capabilități, de la interfețe cu utilizatorul, până la capacitatea de a interacționa cu un număr mare de dispozitive fizice (Figura 7.2). Soluția openHAB poate rula pe dispozitive hardware de la Raspberry 2, la calculatoare personale sau servere dedicate. Pentru sistemele ce utilizează un sistem de operare ce are la baza o distribuție Linux, se poate utiliza **openHABian**, un sistem de operare pre-configurat cu software-ul openHAB. Organizarea obiectelor din lumea reală în mediul cibernetic este organizată sub forma unor concepte precum **Things**, **Channels**, **Bindings**, **Items** și **Links**.



Dezvoltarea și extinderea funcționalităților se poate implementa prin intermediul “Add-on”-urilor (423 add-on-uri și 3113 obiecte, mai 2023). Regăsim add-on-uri pentru majoritatea protocoalelor de comunicație din domeniul automatizărilor (KNX, Modbus, ZigBee, Z-Wave), cât și pentru conectarea diverselor servicii (stocarea în baza de date, servicii audio sau notificări).

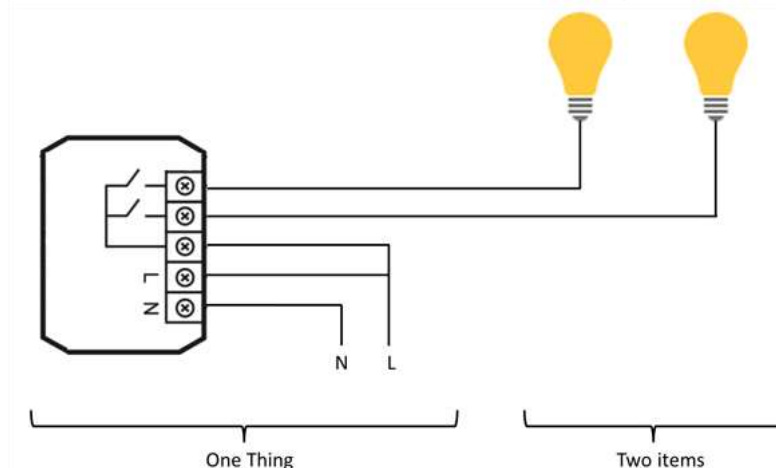


Figura 7.2 - Organizarea obiectelor in openHAB

- **HomeAssistant** (Home-Assistant, 2023) – Cele mai importante componente ale sistemului Home Assistant (HASS) sunt: **Panourile de control (Dashboard)**, **Integrările (Integrations)**, **Dispozitivele și Entitățile (Device & Entities)**, **Automatizările (Automations)**, **Scripturile (Scripts)**, **Scenarii (Scenes)** și **Add-on-urile**. Cu ajutorul **panourilor de control** se pot vizualiza informațiile disponibile din cadrul sistemului HASS. **Integrările** se vor utiliza pentru conectarea către alte platforme și servicii software. De exemplu, un produs de la Philips numit Hue ar folosi integrarea Philips Hue și ar permite Home Assistant să comunice cu controlerul hardware Hue Bridge. **Dispozitivele** sunt o grupare logică pentru una sau mai multe entități. Un dispozitiv poate reprezenta un dispozitiv fizic, iar dispozitivul poate avea unul sau mai mulți senzori care apar ca **entități** asociate dispozitivului. De exemplu, un senzor de mișcare este reprezentat ca un dispozitiv și mișcarea poate oferi detectarea mișcării, temperatura și nivelurile de lumină ca entități. Entitățile au stări cum ar fi pornit când este detectată mișcare și oprit când nu există mișcare. **Automatizările** grupează un set de acțiuni ce pot fi automatizate, acestea sunt compuse din **mecanismul de declanșare (triggers)**, **condiții (conditions)** și **acțiuni (actions)**. **Scripturile (scripts)** sunt acțiuni ce pot fi rulate în diverse scenarii de automatizare. Diferența dintre **automatizări** și **scripturi** este că scripturile nu au un mecanism de declanșare și sunt apelate de către alte scenarii de automatizare. **Scenariile** sunt utilizate pentru definirea anumitor setări predefinite ale obiectelor. **Add-on-urile** sunt utilizate pentru a asigura funcționalități adiționale în cadrul sistemelor HASS. În mai 2023 sistemul HASS cuprindea un număr de 2455 integrări.

În cadrul prezentului capitol s-a enumerat un studiu efectuat la nivelul Uniunii Europene referitor la consumurile energetice la nivel de gospodărie, dar și distribuția acestor cheltuieli pe diversele sectoare. A fost identificat faptul că cea mai mare parte a energiei consumate este direcționată către încălzirea locuinței (62.8%), prepararea apei calde menajere (15.1%), urmate de energia consumată pentru iluminat și electrocasnice (14.5%).

Din acest studiu se disting principalele sectoare care necesită eforturi suplimentare pentru a fi automatizate și care pot aduce cea mai mare economie de energie. Aceste informații suprapuse peste studiul HiddenWires referitor la automatizările locuințelor și la principalele protocoale folosite

de către profesioniștii din domeniu, ne releva faptul că în proporție covârșitoare protocolul KNX domină piața automatizărilor, urmat de protocoale Wi-Fi și Bluetooth, iar cea mai mare parte a proiectelor de automatizare (72%) pe regiunea EMEA este ocupată de proiecte de automatizare mici, până în 250.000 €.

În urma analizei sistemelor de automatizare s-au identificat diverse soluții atât pentru mediul non-rezidențial/industrial, cât și pentru cel rezidențial. S-au enumerat soluțiile software cu protocoalele de comunicație suportate. S-au analizat și unele soluții open-source de gestionare a automatizărilor casnice.

## 2. Sistemele HVAC

Sistemele de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVAC) joacă un rol esențial în eficiența energetică, clădirile cu consum de energie aproape egal cu zero (nZEB) și clădirile inteligente. Acest lucru este legat de faptul că sistemele HVAC pot consuma până la 40% din consumul de energie al unei clădiri (HVAC Energy Breakdown Factsheet, 2013), astfel reprezentând un domeniu esențial de vizat în proiectarea și gestionarea clădirilor eficiente din punct de vedere energetic.

Sistemele HVAC pot fi mari consumatoare de energie, dar cu o planificare și o proiectare atentă, acestea pot reduce semnificativ consumul de energie. Există mai multe modalități de a îmbunătăți eficiența energetică a sistemelor HVAC, cum ar fi utilizarea echipamentelor eficiente din punct de vedere energetic, reducerea pierderilor de energie și optimizarea operațiunilor sistemului. Echipamentele HVAC eficiente, cum ar fi cazanele de condensare, pompele de căldură, unitățile de recuperare a căldurii etc., pot contribui în mod semnificativ la reducerea consumului de energie într-o clădire. În plus, reducerea pierderilor de energie prin izolarea conductelor și conductelor, etanșarea scurgerilor de aer și optimizarea fluxului de aer pot crește și mai mult eficiența sistemelor HVAC.

Clădirile cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB) reprezintă o componentă esențială a tranziției către o economie cu emisii scăzute de dioxid de carbon. Sistemele HVAC joacă un rol semnificativ în atingerea acestui obiectiv. Proiectarea clădirilor și selectarea sistemului trebuie să asigure reducerea la minimum a cererii de energie a clădirii, iar o parte din cererea de energie rămasă este satisfăcută de surse regenerabile de energie, cum ar fi energia solară sau eoliană. Sistemele HVAC de înaltă eficiență energetică și comenziile inteligente care optimizează modul de utilizare al încălzirii, răcirii și ventilării mecanice sunt esențiale pentru a reduce consumul de energie și pentru a obține o stare energetică net zero. Clădirile inteligente utilizează cele mai noi tehnologii pentru a optimiza eficiența energetică, confortul și performanța termică a clădirii. Sistemele HVAC inteligente utilizează senzori, automatizări și analize de date pentru a monitoriza și regla încălzirea, răcirea și ventilația în timp real, în funcție de gradul de ocupare, de vreme și de alți factori. Aceste sisteme pot contribui la reducerea consumului de energie și a costurilor de întreținere, îmbunătățind în același timp confortul și productivitatea ocupanților.

Luând în considerare toate acestea în cazul NZEB, punerea în aplicare a sistemului HVAC este esențială pentru obținerea eficienței energetice și a funcționării durabile. Iată câteva caracteristici cheie pentru sistemele HVAC care trebuie implementate în mod corespunzător în clădirile NZEB:

- **Echipamente HVAC de înaltă eficiență energetică:** NZEB-urile prioritizează utilizarea echipamentelor HVAC de înaltă eficiență, inclusiv a pompelor de căldură, cazanelor, chillerelor și ventilatoarelor eficiente din punct de vedere energetic. Astfel de echipamente sunt concepute pentru a minimiza consumul de energie, menținând în același timp niveluri optime de confort
- **Ventilație cu recuperare de căldură:** clădirile NZEB încorporează de obicei aceste sisteme, cunoscute și sub numele de ventilație cu recuperare de energie, care recuperează și transferă căldura de la aerul evacuat la aerul proaspăt aspirat, reducând cu un anumit procent nevoia de încălzire sau răcire suplimentară
- **Zonare:** Punerea în aplicare corespunzătoare a zonării este esențială în NZEB-uri. Zonarea adecvată permite controlul independent al temperaturii și debitului de aer în diferite zone sau zone ale clădirii, optimizând consumul de energie pe baza ratei de ocupare și a nevoilor specifice.
- **Ventilație controlată de cerere:** Punerea în aplicare a acestei strategii permite ajustarea ratelor de ventilație în funcție de gradul real de ocupare sau de condițiile de calitate a aerului din



interior, în funcție de rezultatul dorit. Acest lucru va optimiza consumul de energie prin reducerea ventilației atunci când spațiile sunt neocupate sau menținerea calității aerului din interior cu rata minimă necesară a fluxului de aer.

- **Anvelopa clădirii și izolația termică:** O anvelopă de clădire izolată și etanșă în mod eficient este esențială la clădiri NZEB. Izolarea termică corectă reduce transferul de căldură, minimizând sarcina sistemului HVAC și îmbunătățind eficiența energetică
- **Strategii de proiectare pasivă:** Clădirile NZEB încorporează strategii pasive de proiectare pentru a reduce nevoia de încălzire sau răcire activă prin maximizarea luminii naturale, optimizarea orientării clădirii, a elementelor de umbră naturale sau artificiale și a ventilației naturale pentru a reduce cât mai mult dependența de sistemele mecanice.
- **Integrarea energiei din surse regenerabile:** Clădirile NZEB integrează surse regenerabile de energie pentru a compensa cererea de energie a sistemului HVAC. Acestea pot include panouri solare, sisteme geotermale sau turbine eoliene pentru a genera energie din surse regenerabile pentru încălzire, răcire și ventilație
- **Sisteme inteligente de automatizare a clădirilor:** Clădirile NZEB utilizează sisteme avansate de automatizare a clădirilor pentru a monitoriza și controla operațiunile HVAC. Aceste sisteme utilizează senzori, algoritmi și date în timp real pentru a optimiza consumul de energie, pentru a detecta defecțiunile și pentru a regla fin performanța HVAC pentru eficiență maximă
- **Conducte eficiente și distribuție optimizată a aerului:** conducte proiectate și etanșeizate în mod corespunzător, împreună cu sisteme optimizate de distribuție a aerului, ajută la minimizarea scurgerilor de aer și a căderilor de presiune, asigurând funcționarea eficientă a HVAC și distribuția uniformă a temperaturii
- **Întreținerea continuă:** În cadrul clădirilor NZEB se pune accentul pe practicile de întreținere continuă pentru a se asigura că sistemul HVAC funcționează conform destinației. Inspecțiile periodice, întreținerea și testarea performanței ajută la identificarea și corectarea oricăror ineficiențe, asigurând performanțe optime ale sistemului și economii de energie



Figura 7.3 - Prezentare generală a exemplului de sistem BMS HVAC (Bejan, Catalina and Munteanu, 2017)

Toate caracteristicile și strategiile specifice implementate în sistemele HVAC pot varia în funcție de climă și de tipul clădirii. Expertiza și analiza profesională sunt esențiale pentru proiectarea și implementarea unui sistem HVAC care se aliază cerințelor specifice ale unei clădiri NZEB.

Câteva dintre caracteristicile cheie ale sistemelor de automatizare HVAC (componente ale sistemelor inteligente de management al clădirilor – BMS) care sunt implementate în mod corespunzător în clădirile inteligente sunt enumerate în cele ce urmează:

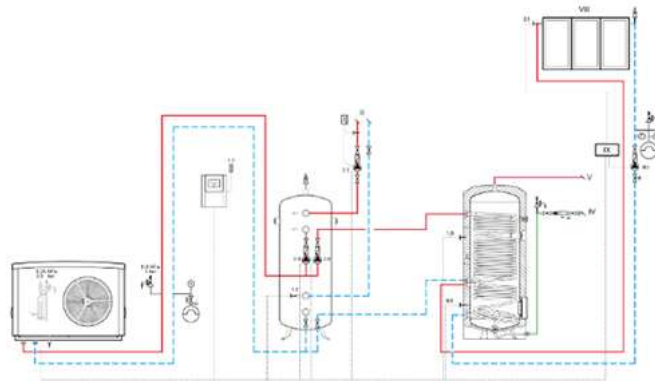
- **Senzori și automatizări:** Sistemele HVAC inteligente utilizează senzori și automatizări pentru a monitoriza condițiile de mediu din interior, cum ar fi temperatura, umiditatea, nivelul de CO<sub>2</sub>,

nivelul de COV, gradul de ocupare etc. Sistemul ajustează nivelurile de încălzire, răcire și ventilație în funcție de aceste condiții pentru a optimiza eficiența energetică și confortul ocupanților

- **Monitorizare în timp real:** Sistemele inteligente de automatizare HVAC colectează continuu date în timp real cu privire la diverși parametri, cum ar fi temperatura, umiditatea, gradul de ocupare și consumul de energie. Aceste date sunt utilizate pentru a analiza performanța sistemului, pentru a detecta anomaliile și pentru a lua decizii informate pentru optimizarea energetică și confortul ocupanților
- **Integrarea cu alte sisteme ale clădirilor:** sistemele HVAC inteligente trebuie să fie integrate cu alte sisteme ale clădirii, cum ar fi senzorii de iluminat, umbrire și ocupare, pentru a optimiza consumul de energie
- **Analiza datelor și analiza predictivă:** sistemele HVAC inteligente utilizează analiza datelor pentru a analiza performanța clădirii și modelele de consum de energie. Aceste informații sunt utilizate pentru a optimiza performanța sistemului și pentru a identifica oportunitățile de economisire a energiei. Utilizând algoritmi de învățare automată și date istorice, sistemele inteligente de automatizare HVAC pot utiliza analize predictive pentru a anticipa cerințele de încălzire și răcire a clădirilor. Prin prognozarea modelelor de ocupare, a condițiilor meteorologice și a caracteristicilor termice ale clădirii, sistemul poate optimiza setările HVAC și spațiile pre-răcoroase sau pre-termice, reducând astfel consumul de energie.
- **Programare inteligentă:** Sistemul de automatizare din clădirile inteligente permite programarea inteligentă a operațiunilor HVAC pe baza modelelor de ocupare și a utilizării clădirilor. Acesta poate ajusta automat punctele de setare, programele de ocupare și funcționarea echipamentelor pentru a minimiza risipa de energie în timpul perioadelor neocupate sau pentru a se adapta la schimbarea modelelor de ocupare.

Când vorbim despre o clădire rezidențială eficientă din punct de vedere energetic, există trei soluții HVAC principale combinate cu sisteme care produc energie din surse regenerabile care sunt de obicei implementate pentru a atinge standardul NZEB:

1. Încălzire centralizată cu cazane pe gaz cu rezervoare tampon și module termohidraulice pentru încălzire, pompe de căldură aer-aer (ATA HP) pentru răcire și încălzire (în perioadele de tranziție), unități de recuperare a căldurii (HRU) pentru ventilație (centralizată sau descentralizată), panouri solare termice (pentru ACM sau/și încălzire), sistem fotovoltaic. Unitățile interioare pentru încălzire sunt de obicei reprezentate de radiatoare sau încălzire prin pardoseală, în timp ce unitățile interioare pentru răcire sunt de obicei de tip divizat sau tip de conductă.
2. Încălzire centralizată sau/ și răcire cu pompă de căldură (de obicei chiller răcit cu aer în modul pompă de căldură sau chiller răcit cu apă în modul pompă de căldură cu coolere uscate sau sonde geotermale), unități de recuperare a căldurii pentru ventilație, sistem fotovoltaic. Sistemele de încălzire interioară sunt reprezentate, de obicei, de încălzire prin pardoseală (sau radiatoare), în timp ce unitățile interioare pentru răcire sunt, de obicei, ventiloconvectoare (tip split sau tip conductă). Există, de asemenea, aplicații în care este implementată răcirea radiantă.
3. Pompă de căldură individuală pentru fiecare unitate de locuit (de obicei pompă de căldură aer-apă sau pompă de căldură sol-apă), unitate de recuperare a căldurii pentru ventilație, sisteme fotovoltaice. Sistemele de încălzire interioară sunt reprezentate, de obicei, de încălzire prin pardoseală (sau radiatoare), în timp ce unitățile interioare pentru răcire sunt, de obicei, ventiloconvectoare (tip split sau tip conductă). Există, de asemenea, aplicații în care este implementată răcirea radiantă.



**Figura 7.4 - Exemplu de sistem de pompe de căldură aer-apă cu rezervor tampon, rezervor DHW și sistem termic solar. Sistemul este pregătit pentru o rețea inteligentă, astfel încât să poată fi conectat cu un sistem fotovoltaic pentru gestionarea inteligentă a energiei (Stiebel Eltron, 2023)**

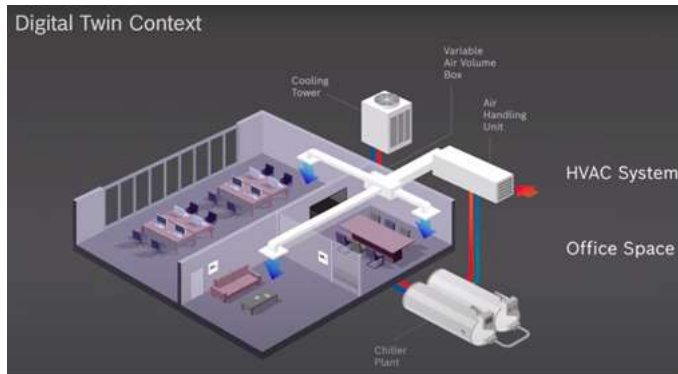
Când vorbim despre o clădire nerezidențială eficientă din punct de vedere energetic, există mai multe sisteme HVAC care sunt de obicei utilizate și combinate cu soluții care produc energie din surse regenerabile care sunt de obicei implementate pentru a atinge standardul nZEB:

1. **Încălzire:** cazane pe gaz, pompe de căldură aer-aer în expansiune directă - DX (mono-splits, multi-splits sau sisteme cu debit variabil de agent frigorific - VRF), pompe de căldură aer-apă în expansiune indirectă (pompe de căldură mici de până la 30kW sau chillere răcite cu aer, de obicei de la 30kW în sus), apă-apă (de obicei cu apă de bine) sau pompe de căldură sol-apă în expansiune indirectă (IDX) cu colectoare orizontale sau sonde verticale (pompe de căldură mici de până la 30kW sau răcitoare cu apă). În ceea ce privește sistemele de încălzire interioară, în cazul sistemelor DX sunt implementate de obicei unități de conducte, casete sau podele, în timp ce în cazul sistemelor IDX sunt de obicei preferate ventiloconvectoarele (conducte, casete sau unități de podea). Există, de asemenea, cazuri în care încălzirea prin pardoseală este implementată în soluția IDX, în special pentru aplicații industriale
2. **Răcire:** pompe de căldură aer-aer în expansiune directă (mono-splits, multi-splits sau sisteme variabile de debit de agent frigorific - VRF), pompe de căldură aer-apă în expansiune indirectă (pompe de căldură mici de până la 30kW sau răcitoare cu aer, de obicei de la 30kW în sus), apă-apă în apă sau pompe de căldură sol-apă în expansiune indirectă cu colectoare orizontale sau sonde verticale (pompe de căldură mici de până la 30kW sau răcitoare cu apă). În ceea ce privește sistemele de răcire de interior, în cazul sistemelor DX sunt implementate de obicei unități de conducte, casete sau podele, în timp ce în cazul sistemelor IDX sunt de obicei preferate ventiloconvectoarele (conducte, casete sau unități de podea). Există, de asemenea, cazuri în care răcirea prin pardoseală sau tavan este implementată în soluția IDX, în special pentru aplicații industriale sau showroom-uri
3. **Ventilație:** unități mici de recuperare a căldurii centralizate sau descentralizate, unități de tratare a aerului (AHU) pentru clădirile mari care pot fi echipate cu module de recuperare a căldurii, bobine DX sau IDX pentru preîncălzirea sau pre-răcirea aerului proaspăt și module de umidificare/dezumidificare, acoperișuri care pot avea cazane integrate pe gaz și/sau pompe de căldură. AHU și acoperișurile pot contribui, de asemenea, la sistemele de răcire și încălzire a clădirilor.
4. **Soluții de energie regenerabilă:** de obicei sisteme on-grid fotovoltaice, dar și panouri solare termice și turbine eoliene mici și medii mici și mijlocii.
5. **Sistem digital twin de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVACDT)** pentru a reduce consumul de energie, crescând în același timp confortul termic. Cadru este dezvoltat pentru a ajuta managerii de instalații să înțeleagă mai bine funcționarea clădirii pentru a îmbunătăți funcția sistemului HVAC. Cadru Digital Twin (DT) se bazează pe Building Information Modelling (BIM) combinat cu un plug-in nou creat pentru a primi date în timp real



ale senzorilor, precum și confort termic și proces de optimizare. Un nou progres în tehnologia IoT (Internet of things)– digital twin – permite managerilor de facilități să valorifice și să democratizeze puterea datelor și a simulării pentru a reduce costurile operaționale, a crește economiile de energie și a îmbunătăți sănătatea ocupanților. Un digital twin este o replică digitală conectată a unui produs fizic, a unui activ sau a unui sistem. Ca un beneficiu suplimentar al BIM, datele de la IoT, cum ar fi rețelele de senzori, și feedback-ul ocupanților pot fi conectate cu BIM pentru a monitoriza starea echipamentelor clădirii și a mediului înconjurător, ceea ce este util pentru procesul de optimizare. Această conexiune este necesară pentru a crea ceea ce se numește **digital twin** al sistemului HVAC (HVACDT – Figura 7.5).

În lumea reală, această tehnologie este tradusă într-o serie de senzori instalați în sistem care alimentează bazele de date și algoritmi dedicați analizei diferitelor fluctuații în orice moment. În plus, acest lucru este, de asemenea, împreună cu capacitatea de a prezice posibilele variații ale condițiilor viitoare, astfel încât să poată adapta prompt tehnologiile de operare în consecință (Philipp and Singaravel, 2018).



**Figura 7.5 - Exemplu de DT pentru HVAC – secțiune transversală a clădirii**

Având în vedere că sistemele HVAC cuprind de obicei jumătate din cheltuielile de întreținere, reparații și operațiuni (MRO) – dorința de a reduce costurile operaționale coroborată cu o scădere a taxelor lunare de încălzire și răcire este o provocare continuă.

DT în ciclul de viață al unei clădiri compune prin:

- Design
- Construcție
- Configurație
- Operare
- Menținanță
- Reparare și reciclare

Un exemplu de digital twin care poate fi structurat pentru o clădire este prezentat în Tabelul 7.3 și Figura 7.6.

**Tabelul 7.3 Modele semantice pentru Digital Twin de HVAC**

Ontologia spațiului din clădiri	Ontologia HVAC	
Clădire (spital, mall, birouri etc.)	Echipament	Senzori
Etaje	Chiller	Temperatura
Încăperi	CTA	Umiditate
Altele	VAV	Presiune

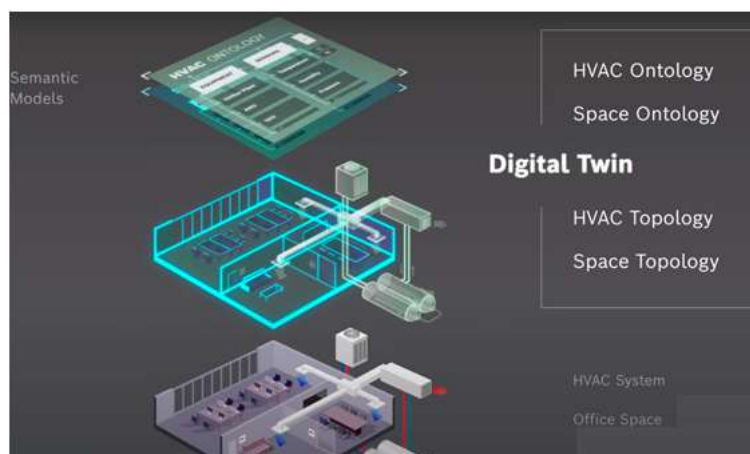


Figura 7.6 - Model pentru sistemul HVAC

Sistemul HVAC al camerei este compus din distribuitori de aer, unități de răcire, unități de încălzire, regulatoare de presiune, supape, guri de aer și ventilatoare. În acest context, mai multe caracteristici, cum ar fi temperaturile, presiunea, fluxul de aer, controlul funcționării de răcire și încălzire și alți factori sunt considerate variabile de decizie.

Tabelul 7.4 prezintă o listă de măsurători posibile testate (aceasta nu este o listă exhaustivă).

**Tabelul 7.4 Măsurători disponibile ale senzorilor pentru sistemul HVAC.**

Categorii	Parametrii
Bucula de apă din încăpere	Debitul de apă Bypass Supapa de deschidere Temperatura de alimentare cu apă răcită Temperatura de retur a apei răcite
Bucula de apă din CTA	Presiunea apei Debitul de apă Bypass Supapa de deschidere Temperatura de alimentare cu apă răcită Temperatura de retur a apei răcite
Sistemul de distribuție a aerului	Temperatură Umiditate relativă Concentrația de CO2 Debitul de aer Presiunea statică a aerului
OAE	Temperatură Umiditate relativă Debitul de aer Presiunea statică a aerului

Rețeaua neuronală artificială (ANN) depășește alte abordări pentru calcularea consumului de energie în clădiri. Metoda de control a temperaturii apei pentru încălzirea spațiului este furnizată în funcție de temperatura exterioară. Temperatura aerului de alimentare este controlată în raport cu temperatura aerului de întoarcere la AHUs (unități de tratare a aerului).

Acest model de rețea neuronală artificială schematică (ANN) și interacțiunile cu restul sistemului sunt prezentate în Figura 7.7.

Sistemul HVAC este compus din elementele principale: ventilatoare de retur și alimentare, o unitate de tratare a aerului (AHU) cu elemente de filtrare și răcire și încălzire, elemente terminale VAV independente de presiune și controlere.

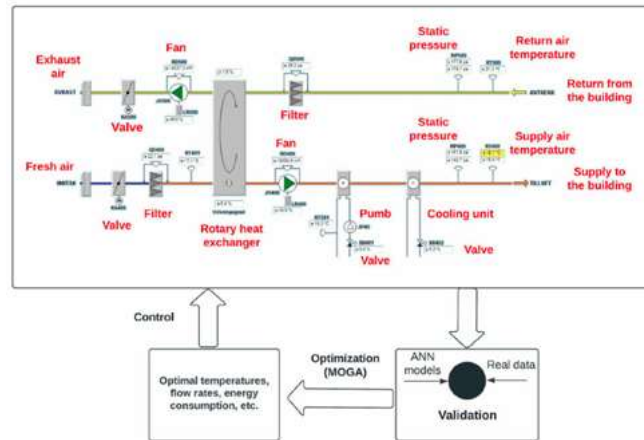


Figura 7.7 - Un exemplu de diagramă schematică de ANN pentru un sistem HVAC (AI, 2023)

Figura 7.8 prezintă controlerile de buclă locală ale sistemului HVAC (M1, M2 și M3), precum și procesul integrat de optimizare al BMS. Controlerul reglează temperatura aerului furnizat (M1). Controlerul reglează presiunea statică a conductei (M2). Controlerul (M3 (n)) controlează temperatura aerului din zonă în fiecare zonă dată n. BMS colectează date măsurate (date reale) de la componente sau subsisteme. Modelele ANN sunt instruite în mod constant folosind date reale pentru a se potrivi mai bine comportamentului real al subsistemelor și al sistemului general. Modelele ANN oferă performanțe optime totale ale sistemului prin găsirea punctelor optime de setare și a secvențelor de funcționare la fiecare interval de timp, așa cum se susține în acest studiu pentru o strategie optimă de control.

Ventilatoarele, temperatura de alimentare cu apă răcită, temperatura bulbului uscat (punctul de reglare a temperaturii aerului) și rata fluxului de aer sunt toate intrări la modelul unei unități de răcire, în timp ce sarcina de răcire este rezultatul.

Debitul de aer al sistemului și presiunea statică (punctul de reglare a presiunii statice a conductei) sunt intrări pentru modelul ventilatorului, care returnează puterea ventilatorului. Intrările la modelul unității de încălzire sunt aceleași cu cele pentru unitatea de răcire: rata fluxului de aer al ventilatorului, temperatura de alimentare cu apă încălzită, intrarea de temperatură a bulbului uscat (punctul de reglare a temperaturii aerului), iar ieșirea este sarcina de încălzire.

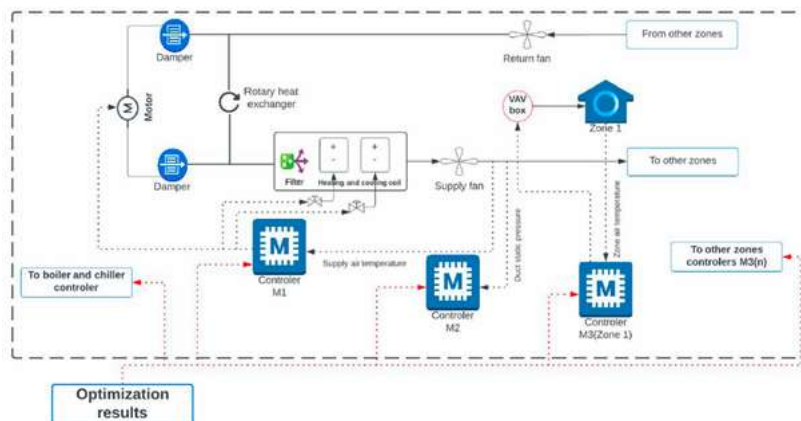


Figura 7.8 - Controlere de sistem HVAC cu proces de optimizare pentru toate timpurile (Jia et al., 2019).

Ca răspuns la punctele setate de controler și la modurile de funcționare, modelele ANN calculează energia consumată de fiecare componentă înainte de a calcula consumul total de energie. Sarcinile

și calitatea aerului exterior în timpul acestei scurte faze de optimizare sunt approximate de la ultima se presupune că sunt constante.

Unele grupuri de cercetare au propus un controler HVAC bazat pe „machine learning” pentru a adapta comportamentul omului în optimizarea și evaluarea energiei utilizate în clădire (Jia *et al.*, 2019). Unii cercetători propun diagnosticarea defecțiunilor pentru a preveni degradarea sistemului, care ajută la reducerea cu până la 30% a consumului de energie într-o clădire.

### **Alegerea infrastructurii potrivite**

*Senzori:* Sistemul general folosește senzori pentru a colecta date din mediul fizic. Natura exactă a fiecărui dispozitiv va varia în funcție de scopul final – o întreprindere de vânzare cu amănuntul ar putea utiliza senzori de mișcare, în timp ce o rafinărie de gaz va instala monitoare seismice.

*Platformă centralizată:* Fiecare digital twin necesită o platformă care stochează toate informațiile relevante despre clădire. Unele întreprinderi vor gestiona aceste platforme de pe servere la fața locului, în timp ce altele utilizează sisteme off-site care redau vizualizări în cloud. Ultima abordare este utilă în special pentru sisteme digital twin, cum ar fi clădirile inteligente, deoarece tehnicienii de servicii pentru clienți pot aborda problemele fără a rezerva o întâlnire.

*Mediu de transmitere a datelor:* Cel mai important, este nevoie de o modalitate de a transmite date între senzorii clădirii, platforma centralizată și orice dispozitive pe care utilizatorii le vor opera de la distanță. Semnalele wireless, cum ar fi WiFi sau Bluetooth, sunt ușor de implementat, deoarece nu necesită cablare fizică. Dacă proiectele clădirilor interferează cu transmisiile, atunci cablurile Ethernet pot fi o soluție potrivită.

Machine learning aduce noi oportunități pentru întreținerea bazată pe stare datorită capacităților de diagnosticare. Aceasta oferă notificări automate cu privire la orice defecțiune a unui echipament, notificarea cerințelor de service și notificarea abaterii performanței cu mult înainte de începerea unei abateri de performanță. Acest lucru creează o oportunitate de îmbunătățire a protocoalelor de servicii; Operatorii pot trece de la abordări de întreținere programată la întreținere bazată pe stare. Detectarea și diagnosticarea defecțiunilor (FDD), la fel ca multe alte funcții inteligente, permite luarea unor decizii mai bine informate pe baza informațiilor multiple obținute din datele multiple din sistemele de automatizare a clădirilor (BAS).

Performanța nesatisfăcătoare rezultă, de obicei, din faptul că performanța FDD depinde în mare măsură de calitatea datelor introduse. Selectarea celor mai relevante date din setul complet, este vitală pentru a reduce riscurile de supra-adaptare și pentru a reduce complexitatea computațională. Dimensiunile senzoriale identificate, formând subsisteme separate pentru detectarea defectelor corespunzătoare, sunt păstrate prin marcarea și adnotarea erorilor.

### **Mergând dincolo de stadiul actual al tehnicii**

Chiar dacă joncțiunea dintre modelarea confortului termic și controlul clădirii poate părea evidentă, există încă dificultăți semnificative în acest sens. Tehnicile de control "centrate pe ocupanți" nu sunt corelate cu feedback-ul ocupanților, deoarece acestea se bazează pe datele clădirii.

În timp ce datele ocupanților sunt utilizate pentru a genera modele de confort termic, aceste modele sunt rareori încorporate în comenzile clădirii. Reducerea consumului de energie al clădirilor este forța motrice din spatele avansării algoritmilor de control pentru sistemele HVAC (încălzire, ventilație și aer condiționat). Cercetarea privind tehnicile bazate pe date, cum ar fi învățarea profundă, a fost stimulată ca rezultat.

Dezvoltarea modelelor bazate pe date a încurajat cercetătorii din domeniul confortului termic să examineze avantajele utilizării variabilelor fiziologice, de mediu și personale pentru a prezice confortul termic. Datele colectate sunt folosite pentru a instrui și testa modelele, deși acestea sunt rareori utilizate pentru controlul clădirii. Tehnicile de control centrat pe ocupanți au fost implementate în setările din privind sistemele reale ca încercări de a reduce decalajul existent.

Cercetările propun concepte inovatoare precum ventilația personalizată, teoria confortului termic adaptiv și dezvoltarea unei ecuații de confort pentru România, teoria confortului termic local folosind

o abordare bazată pe fiziologie, corelații biometrice între parametrii metabolici și fluxurile respiratorii umane. Toate cunoștințele noastre dezvoltate și literatura existentă ne permit să propunem mai multe subiecte care să fie avansate la scara clădirilor inteligente ale viitorului:

1. **Încălzire și răcire acolo unde este nevoie** – Dezvoltarea sistemelor avansate de ventilație personalizată (PV) și confort personalizat (PCS) în corelarea nevoilor specifice ale utilizatorilor într-o viziune centrată pe om (Figura 7.9). În ciuda faptului că utilizatorii utilizează doar o mică parte din spațiul interior, întregul volum interior este încălzit sau răcit la aceeași temperatură de sus în jos, pierzând energie și producând o bunăstare termică nesatisfăcătoare. Eficiența energetică și confortul termic pot fi îmbunătățite prin ventilație personalizată și sisteme personalizate de confort. Toate PCS au un impact ridicat asupra senzației termice a unei persoane, consumând puțină energie.

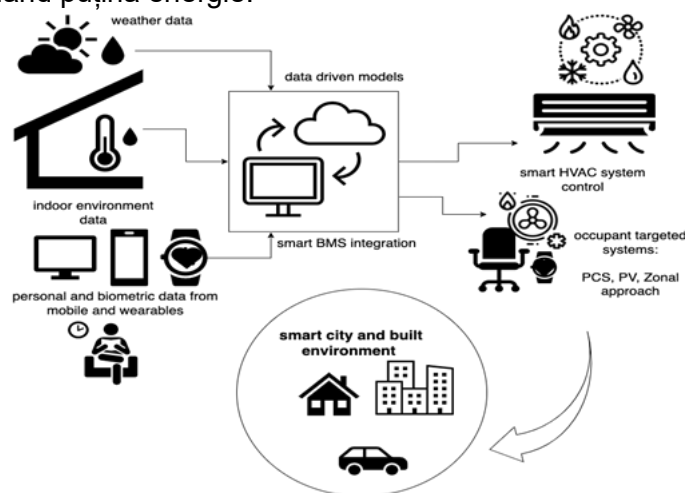


Figura 7.9 - Conceptul de mediu inteligent construit, centrat pe utilizator

2. **Sisteme avansate de confort personal (PCS) și optimizarea acestora**  
- Diferența individuală de percepție a mediului termic poate ajunge până la 2-3°C între persoane. Paradigma actuală a unui parametru unic (o temperatură de referință care ar trebui să satisfacă toți ocupanții), utilizat pentru a controla clădirile moderne cu sisteme mecanice centralizate, este defectuoasă. Diversitatea preferințelor termice subliniază necesitatea unei abordări centrate pe fiecare persoană, pe de o parte. Pe de altă parte, identificarea părților corpului care afectează senzația termică a întregului corp (Figura 7.10) ne permit, pe baza cunoștințelor anterioare, să proiectăm și să prototipăm noi PCS.



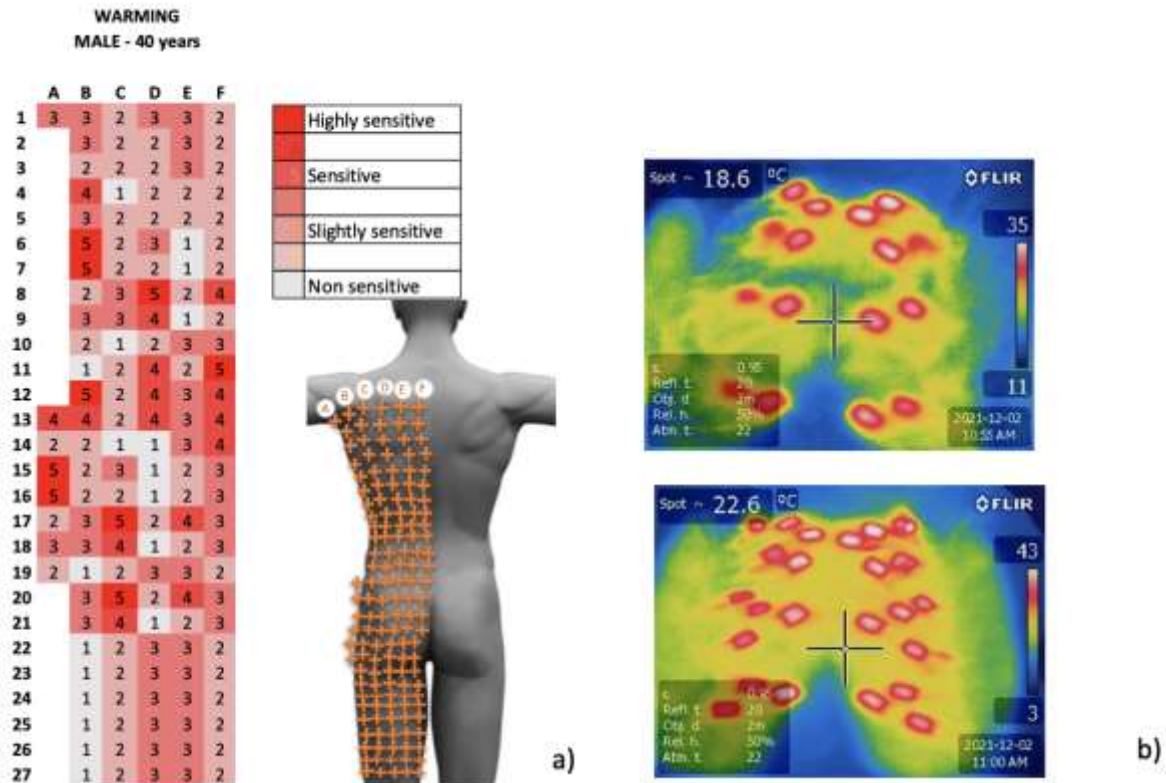


Figura 7.10 - Exemplu de distribuție a sensibilității termice determinată de echipa de cercetare CAMBI pentru un subiect de sex masculin în condiții de încălzire și corelarea elementelor de încălzire cu zonele de sensibilitate termică (Nastase *et al.*, 2022)

3. **Modele de corelație între senzația termică în timp real și modelele comportamentale ale ocupanților** - Strategii bazate pe senzații termice care iau în considerare un mediu interior în care temperatura generală a camerei poate fluctua între temperaturi minime și maxime mult mai largi, iar utilizatorii obțin controlul asupra propriului mediu personal. În plus, temperaturile minime (iarna) și maxime (vara) nu mai sunt fixe, ci sunt controlate în funcție de senzațiile în timp real ale ocupantului și de modelele comportamentale observate. Senzația termică și strategiile sale de control reprezintă veriga lipsă dintre senzația termică a ocupanților clădirii și tehnologia responsabilă pentru aceasta, sistemul HVAC.

4. **Modele de deep learning bazate pe seturi de date/tipologii pentru prezicerea unui model de comportament al utilizatorului pentru ca BMS să răspundă nevoilor utilizatorilor** – de exemplu, bazate pe modele noi, hibride adaptive de confort termic, care permit corelarea dintre nevoile utilizatorului și mediul exterior (Figura 7.11). Modelele de confort personal sunt concepute pentru a anticipa confortul termic al unei singure persoane; Prin urmare, este posibil ca acestea să nu fie direct relevante pentru alți ocupanți. Modelele repetabile care pot fi aplicate unei populații mai mari pot apărea pe măsură ce dimensiunea și diversitatea datelor cresc. De exemplu, grupuri de modele se pot reuni pentru a oferi descrieri generice ale confortului termic care sunt aplicabile anumitor caracteristici ale populației (cum ar fi sexul și vârsta) sau spațiilor interioare tipice. Dezvoltarea profilelor universale de confort termic se poate baza pe aceste modele recurente. Profilele pot fi utilizate



pentru proiectarea și funcționarea clădirilor / sistemelor pentru a caracteriza mai bine cerințele specifice de confort termic în diferite segmente ale pieței clădirilor și pot servi ca modele de bază rezonabile care pot fi aplicate cu ușurință unei persoane noi care nu are încă un model de confort personal sau al cărei model de confort personal este încă în curs de dezvoltare.

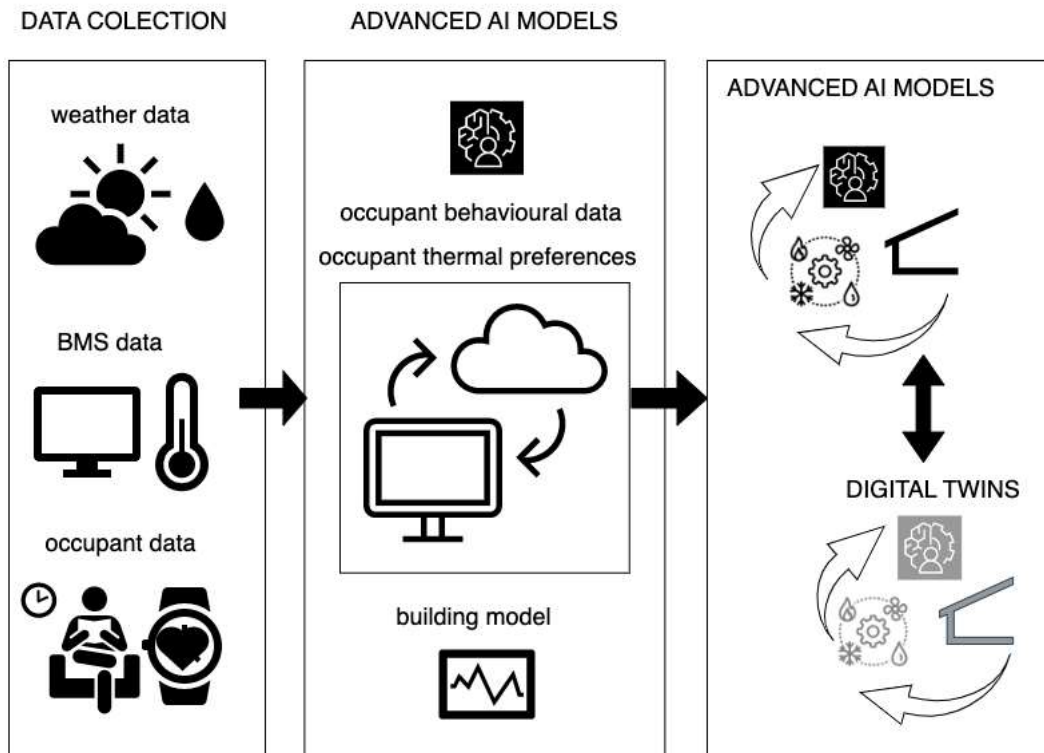


Figura 7.11 - Sisteme inteligente bazate pe modele de inteligență artificială

5. **Sisteme inteligente pentru clădiri istorice** - sistemele de management al clădirilor istorice se ocupă de medii speciale pe care modelele tradiționale nu pot fi aplicate sau ar putea fi extrem de inefficiente. Seturile de date longitudinale de la clădirile istorice reale pot permite dezvoltarea de noi strategii de control centrate pe ocupanți, bazate pe o nouă teorie hibridă adaptivă a confortului termic (Figura 7.12).



### Category of acceptability for indoor temperature

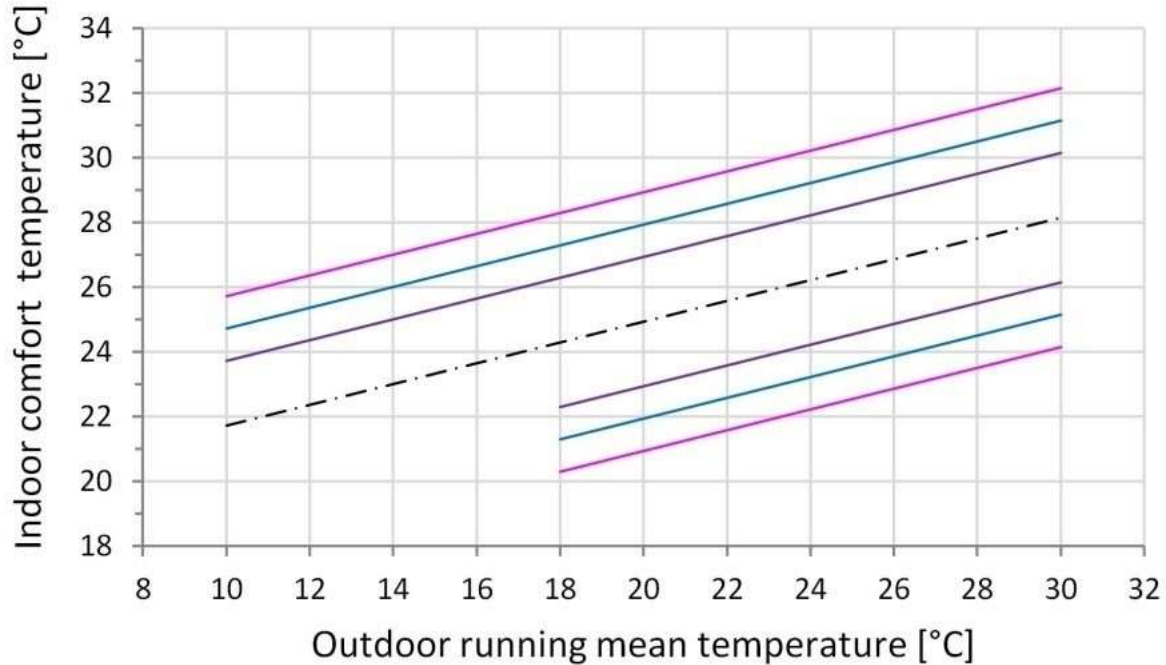


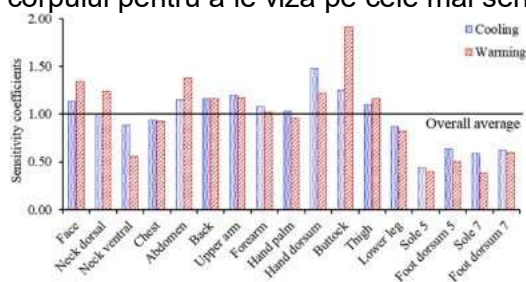
Figura 7.12 - Ecuația adaptivă a confortului termic pentru România (Udrea *et al.*, 2017) - Categoria de acceptabilitate pentru temperatura operativă, situată la  $\pm 2$  (linia verde),  $\pm 3$  (linia galbenă) și  $\pm 4$  (linia violetă) distanță de ecuația ATC (linia roșie punctată)

În interiorul clădirilor, singurul lucru care nu s-a schimbat în mai mult de 100 de ani este controlul mediului interior în clădirile condiționate mecanic, unde sunt implementate valori de referință stricte ale temperaturii. Aceste valori de referință stricte ale temperaturii sunt responsabile pentru o parte din cele 30% din emisiile globale de CO<sub>2</sub> atribuite sectorului construcțiilor și pentru un nivel ridicat de nemulțumire termică în rândul utilizatorilor de birouri. De fapt, dacă valoarea de referință a benzii moarte – intervalul de temperaturi dintre valoarea de referință pentru încălzire și răcire în care nu este necesar să se intervină cu HVAC, cu excepția ratei de schimbare igienică a aerului – este lărgită chiar și cu doar un grad Celsius, consumul anual de energie HVAC pentru încălzire și răcire este redus cu aproximativ 10%, iar această creștere a variabilității pentru condițiile interioare este dorită în mod verificabil de ființele umane. Paradigma actuală a unei dimensiuni unice (o temperatură de referință care ar trebui să satisfacă toți ocupanții), utilizată pentru a controla clădirile moderne cu sisteme mecanice centralizate, este defectuoasă. Diversitatea preferințelor termice subliniază necesitatea unei abordări personale.

În prezent este cunoscut faptul că *sistemele de confort personal* (PCS) și îmbrăcămintea activă termic sunt capabile să încălzească și să răcească ocupanții individuali ai clădirilor prin transferul căldurii direct pe și de pe suprafețele corpului. Astfel de sisteme ar viza în mod ideal suprafețele locale ale corpului cu sensibilități ridicate la temperatură. Burch și colab. (Burch, S. și Pearson, 1991) au efectuat experimente subiective folosind vehicule reale la o temperatură a aerului de -20 °C. Ei au descoperit că plăcuțele electrice de încălzire cu putere redusă instalate pe spătarul scaunului și pernă au redus foarte mult timpul necesar pentru a obține confortul termic în condiții severe de iarnă. Cu toate acestea, caracteristicile zonale nu au fost descrise în aceste trei studii. Zhang și colab (Zhang și colab., 2010c, 2010a, 2010b) a efectuat experimente subiective în care temperaturile locale ale pielii au fost modificate individual și au fost investigate relațiile dintre

distribuția temperaturii locale a pielii și senzația termică și nivelurile de confort. *Ei au confirmat că temperatura pielii spatelui și pelvisului a influențat puternic senzația termică generală.* Studii recente de la UC Berkley (Pasut, Zhang și Arens, 2014; Luo și colab. , 2020) au propus o cartografiere detaliată a sensibilităților care nu au fost cuantificate în detaliu înainte. Studiul lui Luo și colab. (Luo și colab. , 2020) raportează hărți de sensibilitate termică de înaltă rezoluție ale corpului uman pentru 318 puncte locale ale pielii distribuite pe o parte a corpului, măsurate pe un număr mare de subiecți. Modificările temperaturii pielii au fost induse cu o sondă termică mică, iar sensibilitățile au fost înregistrate cu un micro-termocuplu și prin răspunsul subiectiv al persoanelor. Sensibilitățile reci și calde au fost observate ca variind foarte mult în funcție de partea corpului.

Piciorul și pieptul superior sunt mult mai puțin sensibile decât media, în comparație, obrazul, spatele gâtului și zona șezutului s-au dovedit a fi de 2-3 ori mai sensibile atât la stimulii de răcire, cât și la cei de încălzire. Fiecare parte a corpului prezintă o sensibilitate mai puternică la răcire (de 1,3-1,6 ori mai puternică) decât la încălzire. Diferențele interpersonale și variațiile regionale în cadrul părților corpului au fost observate a fi de 2-3 ori mai mari decât diferențele potențiale de sex. În Figura 7.13 un coeficient mai mare de 1 înseamnă că partea corpului este mai sensibilă decât media întregului corp, altfel este mai puțin sensibilă decât media întregului corp. Regiunea fesieră inferioară (fesele) s-a dovedit a fi "extrem" de sensibilă atât la încălzire, cât și la răcire (media de răcire = 2,11, media încălzirii = 2,04), mai sensibilă decât media întregului corp (media de răcire = 1,53, media încălzirii = 1,12). Aceste hărți de sensibilitate termică de înaltă rezoluție cu set de date anexat oferă cele mai cuprinzătoare distribuții ale sensibilității la rece și cald în corpul uman până în prezent. Senzațiile termice produse de temperaturile suprafeței pielii sunt o intrare primară în perceperea mediului înconjurător și judecarea faptului dacă ne simțim confortabil (Arens și Zhang, 2006). Sensibilitățile calde și reci ale pielii determină senzațiile termice experimentate la diferite temperaturi. Acestea sunt importante pentru proiectarea sistemelor de încălzire și răcire, în special a celor care condiționează părțile locale ale corpului prin fascicule radiante, jeturi de aer sau prin contactul cu suprafețe conductoare încălzite sau răcite. Acestea servesc atât pentru a atenua disconfortul termic, cât și pentru a induce senzații pozitive de plăcere termică prin încălzire sau răcire (Parkinson, de Dear și Candido, 2015). Proiectanții unor astfel de sisteme vor beneficia de cunoașterea sensibilității diferitelor părți ale suprafeței corpului pentru a le viza pe cele mai sensibile.



**Figura 7.13 - Coeficienți de sensibilitate pentru 15 părți diferite ale corpului**

Un mecanism selectiv din interiorul creierului uman permite alegerea semnalului termic "convenabil" pentru a satisface o stare de *aliestezie* (Parkinson, de Dear și Candido, 2015). Aceasta înseamnă că, dacă o parte a receptorilor termici sunt stimulați corespunzător cu o sursă de căldură sau rece, răspunsul creierului va fi o senzație satisfăcătoare de căldură sau rece. Consecința directă: am putea încălzi sau raci doar regiunile ținta – alese cu grijă – de pe scaunul auto și am produce aceeași senzație termică ca a scaunului încălzit în întregime și inutil. Acest lucru este confirmat de studiile aceleiași echipe de la UC Berkeley (Pasut, Zhang și Arens, 2014; Kim și colab. , 2018) care a aplicat această idee la încălzirea sau răcirea locală a scaunelor de birou folosind elemente de încălzire integrate în scaun și spătar.

Elementele TE de încălzire au folosit maximum 14 W pentru ambele regiuni (scaun și spate) și un mic ventilator de birou în plus. S-a constatat că scaunul plus ventilatorul mic de birou oferă condiții confortabile pentru mai mult de 90% dintre subiecți într-un interval de temperaturi de la 18 ° C la 29

°C și aproximativ 75% la 16 ° C. Consecințele energetice potențiale în clădirile reale s-au dovedit a fi importante: o bandă moartă de referință de 11 °C, sub care 90% dintre utilizatorii de scaune încălzite au raportat că se simt confortabil, a generat o economie de energie de peste 50%. Puterea maximă a sistemului de scaune era de 4,8 W pentru răcire (3,6 W pentru scaun plus 1,2 W pentru ventilatorul de birou) și 16 W pentru încălzire, fiind alimentat doar atunci când era ocupat. Aceeași cantitate de încălzire și răcire de la HVAC central a necesitat 500-1000 W per ocupant, iar pentru HVAC central puterea a fost pornită tot timpul. Scaunul s-a dovedit a fi capabil să ofere condiții confortabile rapid după așezare: în două minute în modul de încălzire și instantaneu în modul de răcire. De asemenea, a oferit fiecărui ocupant posibilitatea de a se adapta în funcție de caracteristicile termice personale.

Conceptul de PCS așa cum știm astăzi - dispozitive capabile să utilizeze o cantitate mică de energie pentru a genera un efect deosebit asupra utilizatorilor datorită concentrării lor asupra celor mai influente părți ale corpului.

### 7.3 Sisteme de iluminat și electrice

*Iluminatul natural* reprezintă sursa primară de lumină în timpul zilei pentru iluminarea unui spațiu interior cu deschideri precum ferestre și luminatoare, care permit pătrunderea luminii naturale în clădire. Lumina naturală reglează ritmul uman circadian natural, ne influențează starea de spirit, are un impact semnificativ asupra modului în care ne simțim și joacă un rol esențial în crearea unui mediu de lucru sănătos.

Iluminatul natural se caracterizează printr-o variație constantă în funcție de poziția soarelui și de gradul de acoperire al norilor pe cer. Prin urmare, pentru a obține cel mai eficient iluminat natural, nu contează o valoare specifică a iluminării, ci mai degrabă raportul dintre iluminarea interioară și cea exterioară.

*Iluminatul artificial* reprezintă modul în care activitățile umane pot continua atunci când iluminatul natural este insuficient. Trebuie să furnizeze atât parametri cantitativi (nivelul luminii, distribuția uniformă a fluxului luminos), cât și aspecte calitative (distincția obiectului, redarea culorilor, evitarea umbrelor) pentru a crea un mediu iluminat confortabil și plăcut vizual.

Iluminatul artificial trebuie să răspundă nevoilor din ce în ce mai exigente ale oamenilor, să fie mereu disponibil și în orice loc și să ofere calitatea necesară la prețuri accesibile prin implementarea unor soluții eficiente din punct de vedere energetic.

Utilizarea tehnologiilor de iluminat noi și eficiente pentru a crea sisteme de iluminat eficiente din punct de vedere al costurilor necesită furnizarea unor elemente adecvate de control al iluminatului, cu utilizarea maximă a luminii naturale. Calitatea iluminatului este un parametru cheie în punerea în aplicare a măsurilor de îmbunătățire a eficienței acestuia și, prin urmare, atât eficacitatea, cât și cantitatea, precum și calitatea iluminatului trebuie abordate cu atenție.

#### *Iluminatul cu LED*

Având în vedere diminuarea resurselor energetice, care duce la creșterea continuă a prețurilor, raportul dintre eficacitatea unei surse de lumină și energia consumată devine cel mai important factor în realizarea unui sistem de iluminat adecvat.

În industria iluminatului, LED-urile reprezintă categoria care progresează în cel mai rapid ritm. Până la 90% din inovațiile de astăzi apar în categoria iluminatului cu LED-uri. Primele LED-uri din 1996 au avut o eficacitate luminoasă de 0,1 lm / W. Cu toate acestea, astăzi există LED-uri cu o eficacitate de 160 lm / W pentru temperatura de culoare albă rece, iar în laboratoare au fost obținute LED-uri cu eficacitate luminoasă de până la 254 lm / W (Oms14).

Deși costurile inițiale de achiziție a corpurilor de iluminat cu LED pot fi mai mari, rentabilitatea investiției în ceea ce privește economiile de energie pe toată durata de viață a iluminatului, împreună cu costurile minime de întreținere, face ca corpurile de iluminat cu LED să fie extrem de atractive din punct de vedere comercial. În ciuda investiției inițiale mai mari, economiile de energie pe termen lung și costurile reduse de întreținere fac corpurile de iluminat cu LED convingătoare din punct de vedere economic.

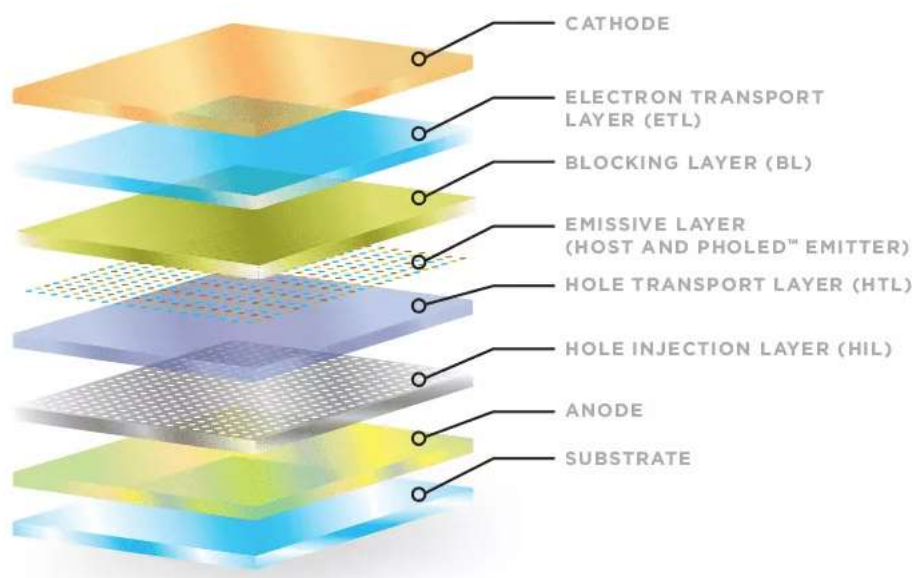
### Iluminare OLED

O posibilă alternativă la corpurile de iluminat echipate cu LED-uri sunt cele care utilizează tehnologia OLED (Organic Light-Emitting Diode).

O diodă emițătoare de lumină organică (OLED) este un LED realizat din materiale organice.

Tehnologia OLED utilizează materiale organice (pe bază de carbon), în loc de materiale semiconductoare (de exemplu, siliciu, indiu) utilizate de LED-urile standard. Fiecare pixel al unui ecran OLED cuprinde o diodă roșie, verde și albastră care emite lumină atunci când li se aplică o tensiune (Figura 7.14). Fiecare diodă poate fi pornită și oprită în diferite combinații și cu intensități diferite pentru a ilumina pixelii, care apoi se combină pentru a crea imagini pe un ecran (Analog, 2023).

De asemenea, folosesc materiale biodegradabile pe bază de carbon pentru a face panouri luminoase. OLED-urile produc o gamă largă de lumini colorate care pot fi reglate și personalizate. Se pot utiliza dimmere care vor permit reglarea iluminării la diferite intensități.



**Figura 7.14 - Structura OLED**

Diodele din ecranele realizate cu OLED-uri emit lumină atunci când li se aplică o tensiune. Diodele pixel sunt activate sau dezactivate selectiv pentru a forma imagini pe ecran. Acest tip de afișaj poate fi mai luminos și mai eficient decât afișajele LCD actuale.



**Figura 7.15 - Afișaj OLED**

Aceste surse de lumină sunt o versiune mai avansată a luminilor LED care au fost inventate în ultimii ani. Iluminarea produsă de OLED-uri este foarte asemănătoare cu lumina naturală. La fel ca LED-urile, becurile consumă mai puțină energie pentru a ilumina camerele iar luminile pot fi reglate prin alegerea culorii dorite pentru iluminat (Ledyi Lightning, 2023).

În comparație cu LED-urile tradiționale, OLED-urile au potențialul unei flexibilități mai mari a designului, deoarece pot fi realizate în diferite forme și dimensiuni (Figura 7.15). Acestea oferă, de asemenea, o calitate a luminii mai naturală și mai plăcută, cu capacități mai bune de redare a culorilor. Cu toate acestea, este important de reținut că tehnologia OLED este încă în curs de dezvoltare, iar disponibilitatea comercială și rentabilitatea acesteia pot varia.

Când au fost introduse LED-urile, acestea au fost văzute ca soluții extrem de scumpe. Abia recent acestea tind să fie cunoscute mai mult pentru eficiența energetică ridicată decât pentru costul lor.

În prezent, aceeași situație se găsește în cazul OLED-urilor. Oamenii le văd ca opțiuni de iluminat scumpe atunci când au multe variante ieftine. În modul în care LED-urile au devenit accesibile pentru mulți oameni, în viitor OLED-urile pot deveni, de asemenea, mai puțin costisitoare

În cele din urmă, alegerea între iluminarea LED și OLED depinde de cerințe specifice, considerente bugetare și caracteristicile de iluminare dorite. Ambele tehnologii au punctele lor forte și aplicațiile lor unice în diferite scenarii de iluminat.

Tehnologia de iluminat evoluează constant, făcând noi progrese. Deoarece oamenii promovează dezvoltarea durabilă, doar luminile ecologice vor reprezenta o opțiune pentru viitor. În acest caz, atât OLED-urile, cât și LED-urile sunt mai ecologice decât majoritatea becurilor disponibile astăzi. Acestea sunt sigure pentru mediu și nu conțin elemente toxice. Deși ambele sunt ecologice, OLED-urile sunt biodegradabile și ușor reciclabile (Ledyi Lightning, 2023).

### **Iluminare QLED**

Corpurile de iluminat QLED (Quantum Dot Light Emitting Diode) sunt un tip de tehnologie de iluminat care combină beneficiile punctelor cuantice și ale LED-urilor. Punctele cuantice sunt nanocristale care emit lumină atunci când sunt excitate de o sursă externă de lumină sau de curent electric.

QLED-urile sunt cunoscute pentru performanța excelentă a culorilor, inclusiv o gamă largă de culori și o puritate ridicată a culorilor. Acestea pot produce culori vibrante și precise, făcându-le potrivite

pentru aplicații care necesită o redare precisă a culorilor. Corpurile de iluminat QLED au potențialul unei eficiențe energetice ridicate, cum ar fi iluminatul cu LED-uri. Acestea pot transforma energia electrică în lumină cu un consum relativ redus de energie.

QLED-urile au o temperatură de culoare reglabilă, permițând utilizatorilor să regleze iluminarea pentru a se potrivi preferințelor lor sau cerințelor specifice de iluminare. Această caracteristică adaugă flexibilitate și adaptabilitate sistemului de iluminare.

În timp ce tehnologia QLED este promițătoare, este încă în stadiul de dezvoltare, iar disponibilitatea sa comercială și adoptarea pe scară largă pot varia. Cercetarea și progresele în tehnologia QLED continuă să-i îmbunătățească performanța și să-i extindă aplicațiile.

În plus față de inovațiile în iluminat, există diverse domenii în care se pot face progrese. Combinarea sistemelor de iluminat cu surse regenerabile de energie, cum ar fi panourile solare, poate reduce și mai mult consumul de energie și dependența de rețelele electrice convenționale.

Panourile solare și jaluzelele solare sunt două tehnologii diferite care valorifică energia solară în scopuri distincte. Chiar dacă sunt două tehnologii diferite, atunci când sunt proiectate și integrate împreună, ele pot duce la un sistem electric de înaltă performanță.

Jaluzelele solare se concentrează pe controlul luminii solare și al aporturilor solare în interiorul clădirilor, în timp ce panourile solare sunt utilizate pentru generarea de energie electrică regenerabilă. Ambele tehnologii oferă beneficii semnificative în funcție de nevoile și obiectivele specifice ale utilizatorului.

### ***Panouri solare***

Panourile solare sunt dispozitive care transformă lumina soarelui în energie electrică utilizabilă. Acestea sunt utilizate pentru a genera energie electrică pentru clădiri și echipamente și sisteme energetice.

Panourile solare contribuie la generarea de energie regenerabilă, reducând dependența de sursele tradiționale de energie. Acestea pot fi utilizate pentru alimentarea diferitelor echipamente și sisteme, cum ar fi sistemele de iluminat sau echipamente electrice.

Instalarea panourilor solare necesită o investiție inițială semnificativă, dar pe termen lung, acestea pot genera economii semnificative la facturile de energie electrică, în special în zonele cu consum ridicat de energie și condiții favorabile de expunere la soare.

Panourile solare au o durată lungă de viață și, în general, necesită o întreținere minimă.

### ***Jaluzele solare***

Jaluzelele solare sunt proiectate pentru a controla lumina soarelui și pentru a reduce aporturile solare la interior, permițând în același timp vizibilitatea parțială și pătrunderea luminii naturale în interiorul unei încăperi.

Jaluzelele solare ajută la reducerea nevoii de răcire, ceea ce duce la economii de energie și la un mediu interior mai confortabil. Acestea pot contribui la eficiența energetică a unei clădiri prin reducerea dependenței de răcire artificială.

Jaluzelele solare oferă protecție împotriva radiațiilor ultraviolete (UV) dăunătoare, care pot provoca decolorarea și deteriorarea mobilierului și a altor obiecte interioare.

Jaluzelele solare sunt disponibile în diferite stiluri, culori și materiale, permițându-le să fie personalizate pentru a se potrivi cu designul interior al unei camere.

Jaluzelele solare pot fi acționate manual sau controlate prin sisteme motorizate și pot fi ajustate în funcție de necesități pentru a atinge nivelul dorit de lumină și căldură.

### ***Tehnologia jaluzelelor solare***

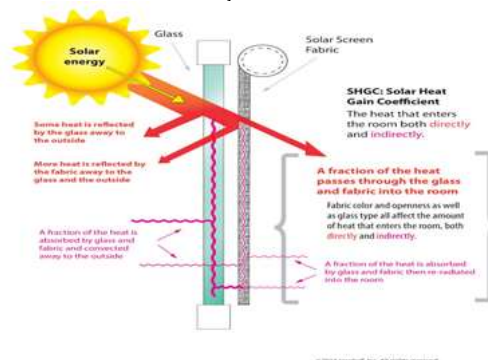
Jaluzelele solare folosesc o combinație de materiale și tehnologii pentru a controla lumina soarelui și căldura.





1. **Materialul jaluzelelor:** Jaluzelele solare sunt fabricate din materiale speciale, cum ar fi țesături cu ecran solar sau filme solare. Aceste materiale au proprietăți pentru filtrarea luminii și reflectarea căldurii.
2. **Filtrarea luminii:** Materialul jaluzelelor solare are un factor specific de deschidere (cum ar fi 1%, 3%, 5% etc.), indicând cât de multă lumină poate trece prin jaluzele. Cu cât valoarea este mai mică, cu atât mai puțină lumină va pătrunde. De exemplu, jaluzelele cu un factor de deschidere de 3% vor permite trecerea a aproximativ 3% din lumina soarelui, blocând restul de 97%.
3. **Reflexia căldurii:** Materialul jaluzelelor solare ar putea reflecta o parte din radiația termică. Acest lucru ajută la reducerea transferului de căldură prin ferestre și în interiorul camerei. Prin reflectarea căldurii, jaluzelele solare reduc sarcina termică și mențin o temperatură mai confortabilă în interior.
4. **Protecție UV:** Jaluzelele solare sunt concepute pentru a bloca o parte semnificativă a radiațiilor ultraviolete (UV) dăunătoare. Acest lucru protejează ocupanții, mobilierul, pardoseala și alte obiecte de interior împotriva decolorării și deteriorării cauzate de expunerea la UV.
5. **Control manual sau motorizat:** Jaluzelele solare pot fi acționate manual folosind un mecanism de tragere sau ridicare sau pot fi echipate cu un sistem de control motorizat. Acest lucru permite utilizatorului să regleze nivelul de lumină și căldură în funcție de preferințe sau nevoi.

În general, tehnologia jaluzelelor solare se bazează pe principiile filtrării luminii, reflexiei căldurii și protecției UV pentru a asigura confortul termic și vizual în interiorul unei încăperi (Figura 7.16).



**Figura 7.16 - Principiul de funcționare al jaluzelelor solare**

Jaluzelele solare pot fi alimentate de energia generată de panourile solare. Dacă există un sistem de panouri solare instalat pe acoperiș sau într-o altă locație expusă la soare, se poate utiliza energia electrică produsă de aceste panouri solare pentru a alimenta jaluzelele solare.

Panourile solare captează energia solară și o transformă în curent continuu (DC). Această energie electrică DC poate fi utilizată direct pentru alimentarea jaluzelelor solare, permițându-le să funcționeze fără a fi nevoie de o sursă externă de alimentare.

Conexiunea dintre jaluzelele solare și sistemul de panouri solare este stabilită printr-un controler sau un invertor DC-to-AC (curent alternativ), în funcție de tipul jaluzelelor solare și de cerințele sistemului.

Prin utilizarea energiei solare pentru alimentarea jaluzelelor solare, se utilizează o soluție fără emisii de dioxid carbon și un sistem independent din punct de vedere energetic, care utilizează energie regenerabilă.

Avantajele utilizării jaluzelelor solare alimentate de panouri solare includ:

1. **Energie din surse regenerabile:** Utilizarea jaluzelelor solare alimentate de panouri solare permite utilizarea unei surse de energie regenerabilă și curată. Panourile solare transformă energia solară în energie electrică, care este apoi utilizată pentru a alimenta jaluzelele solare.



2. **Eficiența energetică:** Jaluzele solare contribuie la eficiența energetică a clădirii prin controlul eficient al luminii pătrunse în interior. Acestea pot ajuta la reducerea dependenței de răcirea artificială și la minimizarea consumului de energie electrică, ceea ce duce la economii de energie pe termen lung și costuri reduse.
3. **Integrarea în proiectarea clădirilor:** Jaluzele solare alimentate de panouri solare pot fi integrate perfect în designul clădirii, oferind atât beneficii funcționale, cât și estetice. Acestea pot fi personalizate pentru a se potrivi stilului și aspectului arhitectural al clădirii, sporind aspectul general.
4. **Autonomie și independență energetică:** Prin conectarea jaluzelelor solare la panourile solare, se poate obține o mai mare autonomie și independență energetică. Energia solară captată și stocată de panouri poate fi utilizată pentru alimentarea jaluzelelor solare fără a se baza pe rețeaua electrică externă. Acest lucru poate fi deosebit de util în situații de întrerupere a alimentării cu energie electrică sau în locații îndepărtate.
5. **Control și personalizare:** Sistemul de jaluzele solare alimentat de panouri solare oferă posibilitatea de a controla și personaliza nivelul de lumină și căldură din interiorul clădirii. Utilizatorii pot regla jaluzelele în funcție de preferințe, obținând un confort termic și vizual optim.
6. **Reducerea emisiilor de dioxid de carbon:** Utilizarea energiei solare pentru alimentarea jaluzelelor solare ajută la reducerea emisiilor de dioxid de carbon și la protejarea mediului. Aceasta contribuie la eforturile de combatere a schimbărilor climatice și de tranziție către o societate mai durabilă și mai ecologică.

Top of Form

Bottom of Form

#### *Tehnologia jaluzelelor solare inteligente*

Jaluzelele solare inteligente (Greenmatch, 2023), cum ar fi panourile solare de pe acoperiș și țiglele solare de acoperiș, funcționează ca sisteme fotovoltaice care transformă energia solară în energie electrică. Acestea captează lumina soarelui și o transformă în curent continuu (DC).

Cu toate acestea, energia electrică DC singură nu este direct utilizabilă într-o gospodărie tipică. Prin urmare, un invertor DC este utilizat pentru a converti energia electrică în curent alternativ (AC), care este tipul de energie electrică utilizat de aparatele electrice.

Un avantaj semnificativ al acestor jaluzele este că sunt sisteme fotovoltaice conectate la rețea. Acest lucru permite stocarea surplusului de energie într-o baterie solară pentru utilizare ulterioară sau chiar vinderea către furnizorul de energie electrică printr-un contor bidirecțional (Figura 7.17).

Top of Form

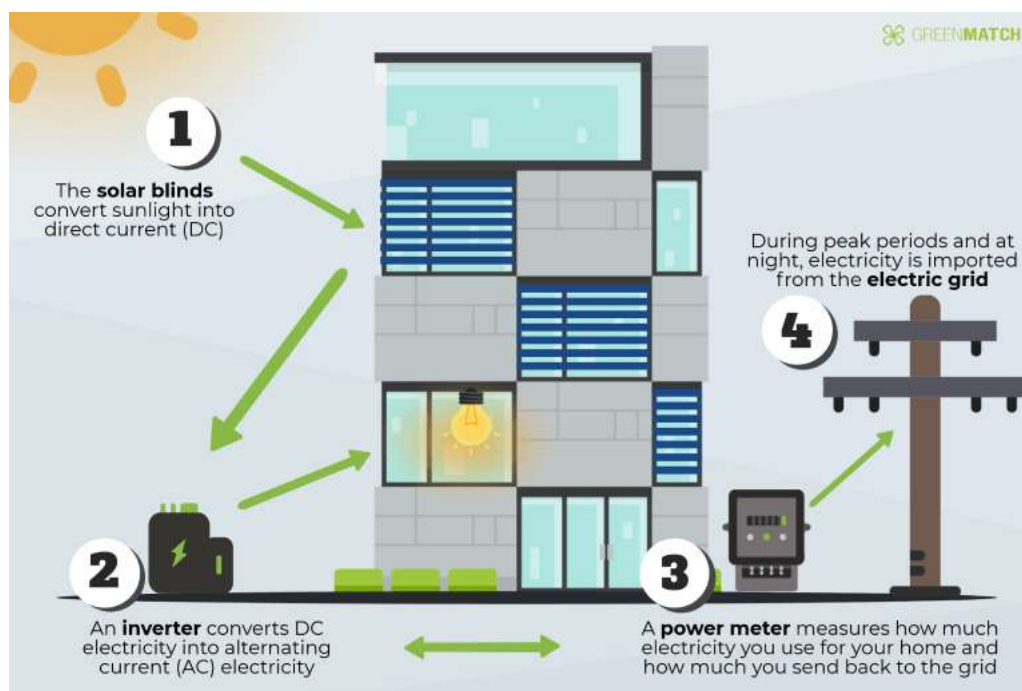


Figura 7.17 - Interconectarea sistemelor de producere a energiei electrice (ex: jaluzelele solare) cu rețeaua electrică

Cantitatea de energie generată de jaluzelele solare depinde de factori precum locația geografică, sezonul și arhitectura clădirii. De exemplu, o jaluzea de 1 m<sup>2</sup> poate genera până la 100 Wh, ceea ce este suficient pentru a alimenta aproximativ 30 de becuri LED, un telefon inteligent (smartphone) sau un laptop. În comparație, o fereastră de dimensiuni standard (2m<sup>2</sup>) poate produce peste 1kWh pe zi de energie electrică.

Este important să rețineți că jaluzelele solare inteligente sunt proiectate cu capacități de urmărire a soarelui inspirate de floarea-soarelui. Aceasta înseamnă că jaluzelele își ajustează automat poziția pentru a capta cantitatea optimă de energie solară pe baza unghiului razelor solare.

#### 7.4 Sisteme de alimentare cu apă

Orașele viitorului trebuie să treacă printr-o schimbare de paradigmă în ceea ce privește sistemele de alimentare cu apă dacă doresc să-și atingă obiectivele de sustenabilitate. Toată lumea este învață ciclul apei în natură ca un model circular auto-reînnoitor și, deși acest lucru este cu siguranță adevărat la scară globală, dezechilibrul local pot apărea atunci când se ia în considerare cererea de apă din zonele urbane dens populate. Pur și simplu, consumul de apă urbană este un proces rapid care se accelerează doar odată cu creșterea populației urbane, în timp ce ciclul natural de reînnoire (evaporare – condensare – precipitații) este lent și în afara controlului nostru. Fără un echilibru între cele două, mai devreme sau mai târziu, marile centre urbane se vor confrunta cu probleme legate de alimentarea cu apă.

Există două modalități intuitive de a aborda problema unui ciclu echilibrat al apei în jurul mediilor puternic urbanizate:

1. Reducerea cererii de apă a mediilor urbane, reducând astfel rata la care apa este extrasă din mediul înconjurător
2. Creșterea ratei la care apele uzate sunt reintroduse în ciclul apei

Ambele idei de mai sus sunt noțiuni integrate în conceptul dezvoltare urbană durabilă și, deși progresele tehnologice în sistemele de apă au vizat îmbunătățirea eficienței rețelelor de distribuție a apei și a stațiilor de epurare a apelor uzate, tendințele actuale conform *Asociației Internaționale a Apei (IWA)* par să includă cele două principii de mai sus.

Obiectivul unui ciclu mai durabil al apei pare să se învârtă în jurul reutilizării directe a apelor uzate provenite din punctele de tratare descentralizate. Acest lucru ar reduce cererea de apă subterană proaspătă prin apele uzate purificate reintroduse în ciclul apelor urbane, reducând imediat costurile energetice și de mediu atât ale consumului de apă, cât și ale tratării apelor uzate. În plus, distribuția și producția de apă trebuie să țină pasul cu dezvoltarea urbană (în special în zonele urbane în expansiune rapidă), soluțiile descentralizate pentru tratarea apelor uzate sunt preferabile instalațiilor centralizate mari, care necesită timp și investiții considerabile pentru implementare.

Sustenabilitatea în sistemele de apă pare să se bazeze pe gestionarea adecvată a resurselor de apă, precum și pe implementarea soluțiilor descentralizate de tratare și reutilizare a apelor uzate la nivel de consumator. Pe lângă conservarea resurselor de apă, gestionarea apei urbane este strâns legată de schimbările climatice, atât în sensul că este afectată de schimbările climatice, cât și că este un generator semnificativ de emisii de gaze cu efect de seră (GES). Deoarece apa este o resursă esențială, gestionarea corespunzătoare a acesteia este de cea mai mare importanță.

În continuare sunt prezentate ideile cheie legate de gestionarea inteligentă a apei și posibila implementare a acesteia în sistemele de apă pe baza unei serii de articole postate pe blogul oficial al IWA (IWA, 2023).

## Reutilizarea apei

### *Considerații generale*

Când se gândesc la apa potabilă, majoritatea oamenilor se gândesc imediat la apa subterană sau la apa îmbuteliată. Foarte puțini oameni sunt dispuși să ia în considerare faptul că apele uzate purificate local pot fi reutilizate direct în alte scopuri (chiar și pentru băut). Acest lucru devine și mai evident atunci când, în unele țări în curs de dezvoltare, oamenii refuză să atingă apa de la robinet și recurg la apa îmbuteliată, chiar dacă apa de la robinet este o soluție mai durabilă și mai economică în majoritatea cazurilor. În ciuda faptului că nu se dorește acest lucru, tehnologia de purificare a apei este matură, fiind folosită de astronauți în spațiu (care purifică atât urina, cât și transpirația) de ceva timp. Nu există niciun motiv pentru care această tehnologie să nu fie implementată și pe Pământ, tot ceea ce este necesar fiind o schimbare de mentalitate.

În plus, reintroducerea apelor uzate purificate direct în ciclul apelor urbane (spre deosebire de reintroducerea acestora în râuri/mări după tratare) ajută la stoparea procesului de uscăre a puțurilor de apă subterană. Acest lucru se întâmplă deoarece, pe măsură ce populația crește, rata consumului de apă subterană depășește rata de reînnoire.

Tratarea apei este un actor important în generarea emisiilor de gaze cu efect de seră. Cu toate acestea, este un lucru indispensabil. Deoarece nu ne putem lipsi de tratarea apei, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră trebuie să provină din soluții inovatoare la nivel tehnologic. De exemplu, în China, Shanghai Chemical Industry Park (SCIP) a reușit să-și reducă emisiile de CO<sub>2</sub> cu 40% (700 tone/an) la sfârșitul anului 2021 prin schimbarea tehnicilor de aerare a suprafeței cu aerarea fundului bazinelor. Eforturile de decarbonare au fost îmbunătățite și mai mult prin utilizarea panourilor fotovoltaice, a sistemelor de contorizare inteligentă și a altor soluții bazate pe natură.

În Praga, modernizarea stațiilor de tratare a fost adoptată ca o strategie cheie în planul orașului de a deveni o metropolă neutră din punct de vedere al emisiilor de carbon. Sistemele inteligente de detectare a scurgerilor, precum și filtrarea granulară cu cărbune activ au fost implementate în prima stație de tratare, care a fost modernizată în efortul orașului de a minimiza impactul asupra mediului al agențiilor sale de utilități.

Gestionarea adecvată a apei dulci și a apelor uzate sunt componente cheie ale unui viitor durabil. În ciuda necesității de optimizare și a schimbărilor de mentalitate la scară globală, progresele tehnologice locale pot fi implementate la scară locală la nivel de utilizator pentru a îmbunătăți eficiența gestionării apei.

### *Progrese tehnologice*

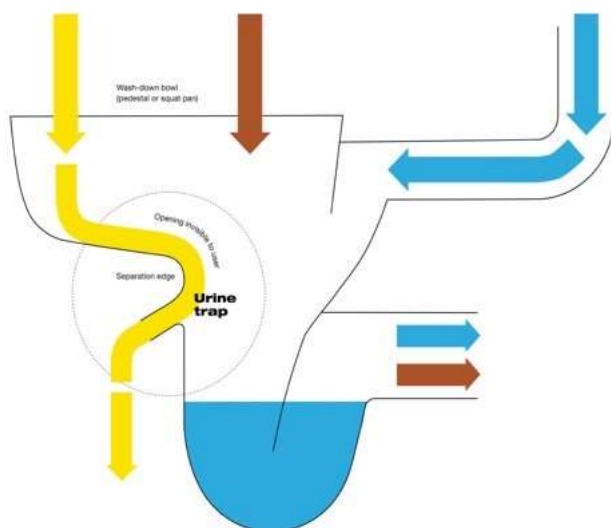
Mai jos sunt evidențiate două tehnologii inovatoare care pot fi implementate în locuințele urbane ca parte a sistemelor locale de epurare a apelor uzate.

### Toalete de separare a urinei (Dezeen, 2019)

Designerul austriac EOOS, în colaborare cu un institut de cercetare a apei, a dezvoltat recent un design pentru o toaletă de separare a urinei care va fi utilizată de firma elvețiană Laufen în proiectarea toaletelor lor.

Conținutul de azot, fosfor și potasiu din urină este util ca accelerator de îngrășămintă și compost. Separarea acestor componente ar permite utilizatorilor să reutilizeze conținutul de apă al urinei în alte scopuri și conținutul de azot, fosfor și potasiu pentru utilizare în agricultură. În plus, separarea poate avea loc într-un sistem local de filtrare instalat la nivel de utilizator, reducând presiunea asupra stațiilor mari de epurare a apelor uzate.

Designul toaletei (prezentat în Figura 7.18) constă dintr-o capcană de urină bazată pe "efectul ceainicului", care asigură că urina, sub acțiunea tensiunii sale superficiale, este întotdeauna înclinată spre capcana de urină, care este o ieșire separată cu propriul set de conducte de canalizare. Capcanele de urină funcționează pasiv, fără a fi nevoie de dispozitive mecanice sau electronice. În același timp, geometria capcanei de urină este de așa natură încât asigură că hârtia igienică și alte solide nu se combină niciodată cu urina, păstrând cele două fluxuri de apă uzată separate.



**Figura 7.18 - Principiul de funcționare al toaletei de separare a urinei, așa cum a fost proiectat de EOOS și Laufen (Dezeen, 2019)**

### Membrane de separare selectivă (Technion, 2021)

Un studiu publicat în *Advanced Materials* de către cercetătorii de la Technion – Israel Institute of Technology și Helmholtz-Zentrum Hereon Center din Germania evidențiază un concept pentru fabricarea membranelor pentru separarea nanoparticulelor la cerere cu selectivitate ridicată, cu aplicații promițătoare în purificarea apei și tratarea apei uzate.

Separarea moleculară este principiul prin care canalele membranare separă și reglează părțile care pot trece prin membrana care separă două fluide. Acest lucru permite filtrarea precisă a particulelor nedorite în aplicații industriale complexe, cum ar fi tratarea apelor uzate. Deși această tehnologie a fost bine documentată de ceva timp, procesul de fabricare a unor astfel de membrane cu canale perfect ordonate și dimensionate este complex și costisitor.

Cercetătorii de la Technion și Helmholtz-Zentrum Hereon au reușit să fabrice astfel de membrane folosind o combinație de molecule de polimer și creșterea oxidului metalic în porii polimerului. Acest lucru permite dezvoltarea membranelor extrem de selective, adaptate pentru aplicații foarte specifice, datorită reglajului fin al canalelor membranare, așa cum permite tehnica de fabricație.

## Management inteligent al apei

### *Considerații generale*

Smart Water Management, constă în furnizarea datelor și instrumentelor necesare pentru gestionarea eficientă a sistemelor sanitare de apă, irigații, scurgeri și intervenții de întreținere. Recent, dispozitivele IoT din clădirile inteligente au fost în centrul eforturilor de economisire a energiei, însă capacitatea lor de a economisi apă devine din ce în ce mai evidentă pentru industrie. Cu informații în timp real afișate în interfețe de utilizator ușor de operat, oferind date complexe pentru factorii de decizie, scurgerile de apă pot fi detectate și raportate 24/7. Alertele sunt trimise automat, iar inspecțiile pot fi efectuate de la distanță, reducând semnificativ timpii de intervenție.

Se preconizează că clădirile inteligente vor reprezenta 7% din piața orașelor inteligente până în 2025 la nivel global (Water Level Controls, 2022). Orașele inteligente ar avea abilități intrinseci de a monitoriza performanța și starea infrastructurii de apă în întregul oraș inteligent, contribuind la funcționarea și dezvoltarea durabilă a orașului inteligent.

### *Progrese tehnologice*

În timp ce optimizarea distribuției apei se face de la caz la caz, principalul obiectiv al tehnologiilor inteligente de gestionare a apei este gestionarea scurgerilor. Scurgerile sunt una dintre principalele cauze ale pierderilor de apă și sunt un fenomen care apare pe măsură ce sistemele de conducte îmbătrânesc. Mai jos sunt câteva exemple de tehnici inovatoare pentru detectarea și gestionarea scurgerilor.

### Predicția scurgerilor de apă prin fotogrammetrie de înaltă rezoluție (Sensat, 2021)

Recent a fost dezvoltat un algoritm bazat pe probabilități, care utilizează hărți termice cu fotogrammetrie de înaltă rezoluție, pentru a prezice scurgerile acolo unde ar putea apărea în zonele rurale, pe baza stresului vegetației, reliefului terenului și scanărilor termice. Hărțile termice regionale pot fi obținute prin utilizarea tehnologiei vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) pentru scanarea de la distanță a regiunilor vizate. Scurgerile sunt identificate printr-o platformă proprie de vizualizare care permite cercetătorilor și specialiștilor în apă să analizeze datele, oferind date pentru o buclă de feedback care servește la optimizarea iterativă a algoritmului de predicție.

### Robot autonom de inspecție a conductelor (Submerge, 2021)

Roboții autonomi introduși în conducte pot fi utilizați pentru inspecție pentru a identifica scurgerile de apă și pentru a măsura local parametrii apei potabile. Robotul (prezentat în Figura 7.19) se târăște prin conductele de apă și are capacitatea de a face fotografii, de a măsura grosimea peretelui conductei, de a identifica scurgerile, precum și de a indica poziția acestora de-a lungul rețelei de distribuție a apei.



**Figura 7.19 - Robot autonom de inspecție (poreclit SubMerged) proiectat de un consorțiu de companii de apă potabilă Vitens, Evides & Brabant Water și Demcon Mechatronics din Olanda**

Robotul a fost proiectat ca răspuns la faptul că, anual, 1,2% din rețelele europene de apă potabilă trebuie înlocuite. Ca ordin de mărime, 45 milioane m<sup>3</sup>/zi de apă potabilă se pierd prin scurgeri.

Roboții autonomi de inspecție pot oferi date din lumea reală care pot fi utilizate în locul modelelor istorice ale rețelei de conducte, optimizând în mod esențial operațiunile de înlocuire a conductelor. În plus, capacitățile de scanare ale robotului îl fac un instrument ideal pentru construirea unui digital twin al sistemelor urbane de distribuție a apei, ajutând la gestionarea și optimizarea pe termen lung a sistemelor de distribuție a apei.

### Monitorizare pentru conductele de apă (United Utilities, 2021)

În loc să folosească roboți pentru inspecția internă a rețelelor de conducte, au apărut inovații tehnologice care se concentrează pe monitorizarea stării conductelor prin intermediul fittingurilor exterioare. Această abordare implică utilizarea de benzi inteligente montate la intervale diferite pe o rețea de conducte, care permit monitorizarea dilatării/contractăiei conductei în timp real.

Aceste benzi inteligente sunt echipate cu un set de senzori care detectează îndoirea conductei în timp real. Datele colectate pot fi utilizate pentru a evalua dacă conducta devine fragilă în timp, furnizând astfel o predicție mai precisă a locului unde este cel mai probabil să apară scurgeri. Aceasta îmbunătățește eficiența eforturilor de întreținere predictivă. Deși implementarea acestei tehnologii poate fi dificilă pentru sistemele existente, aceasta poate deveni extrem de valoroasă în cazul conductelor recent reabilite sau în rețelele critice de infrastructură de apă.

## **8. Concluzii**

După cum am menționat în capitolele anterioare, clădirile reprezintă aproximativ 40% din consumul total de energie al Uniunii Europene. Încălzirea, răcirea și apa caldă menajeră reprezintă 80% din energia consumată de cetățeni. Prin urmare, îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor joacă un rol esențial în atingerea obiectivului ambițios de neutralitate a emisiilor de dioxid de carbon până în 2050, conform Pactului Verde European.

În primul capitol, am evidențiat faptul că 5% din clădirile UE au peste 50 de ani și aproape 75% din parcul imobiliar este ineficient energetic. Această situație duce la pierderi semnificative de energie.

Cu toate acestea, prin îmbunătățirea clădirilor existente și prin utilizarea soluțiilor inteligente și materiale eficiente energetic în construcția clădirilor noi, putem minimiza această pierdere. De asemenea, este important de menționat că estimăm că între 85% și 95% din clădirile UE vor reprezenta fondul de clădiri în 2050, doar aproximativ 1% din parcul imobiliar este renovat anual.

În continuare, documentul analizează stadiul legislației și reglementărilor tehnice din Europa și România referitoare la sectorul construcțiilor. Accentul este pus pe aspecte cheie precum materialele durabile, eficiența energetică, sursele regenerabile de energie și clădirile inteligente. Situația pieței de reabilitare termică a clădirilor în România, precum și politicile și strategiile naționale de implementare a măsurilor de eficiență energetică în clădiri sunt analizate în detaliu. În România, există o strategie de renovare pe termen lung care abordează aceste aspecte și oferă mai multe scenarii de renovare pentru clădirile vechi în vederea atingerii neutralității climatice. Capitolele ulterioare discută în mod detaliat analiza cost-beneficiu a mediului construit, siguranței, eficienței energetice și impactului asupra mediului.

Capitolul cinci se concentrează asupra rezilienței și durabilității mediului construit, cu accent deosebit pe riscul seismic în România. Deoarece parcul imobiliar existent este vulnerabil la cutremure, Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic (SNRRS, 2022) subliniază importanța creării unui mediu construit mai rezistent seismic. Politicile și programele naționale au ca obiectiv abordarea integrată a standardelor de calitate în construcții, în vederea atingerii unor obiective de sustenabilitate care să îndeplinească cerințele de siguranță și bunăstare. Studiile efectuate au arătat că investițiile în măsuri de reabilitare seismică au raporturi cost-beneficiu pozitive, cu beneficii economice care depășesc costurile investiției în perioade de rentabilitate mai scurte de 15 ani. În plus față de măsurile de reabilitare seismică, extinderea investițiilor pentru îmbunătățiri suplimentare ar genera beneficii sporite în ceea ce privește bunăstarea utilizatorilor.

Capitolul șase explorează diverse aspecte legate de materialele utilizate în construcții, inclusiv materialele structurale, materialele utilizate la anvelopa și finisajele clădirilor și materialele inteligente folosite în sistemele clădirilor. Aceste materiale inovatoare aduc îmbunătățiri semnificative în ceea ce privește rezistența mecanică, durabilitatea și eficiența energetică a clădirilor. De la betonul armat cu fibre naturale la materialele compozite și învelișurile solare, acestea oferă multiple beneficii, cum ar fi îmbunătățirea calității mediului, producerea de energie electrică și/sau creșterea eficienței energetice. Prin adoptarea acestor materiale inovatoare, se deschid oportunități pentru construcții mai sustenabile, eficiente și sigure, contribuind astfel la dezvoltarea durabilă a clădirilor în viitor.

Ultimul capitol oferă o sinteză a sistemelor de instalații utilizate în clădiri, care au un impact semnificativ asupra calității mediului, confortului ocupanților și eficienței energetice. Aceste sisteme contribuie la dezvoltarea de clădiri durabile și neutre din punct de vedere climatic, abordând cerințele și nevoile actuale de protecție a mediului și de eficiență energetică.

Clădirile reprezintă o parte semnificativă din consumul de energie și emisiile de carbon, iar îmbunătățirea eficienței energetice și adoptarea materialelor inovatoare pot contribui la atingerea obiectivelor de neutralitate climatică. Este esențială renovarea și modernizarea clădirilor existente, precum și utilizarea soluțiilor inteligente și eficiente din punct de vedere energetic în construcțiile noi. De asemenea, sistemele de instalații și tehnologiile inovatoare joacă un rol crucial în crearea unor clădiri cu calitate ambientală ridicată, confort sporit pentru ocupanți și o eficiență energetică superioară. Prin adoptarea unui astfel de model de dezvoltare, putem construi clădiri care sunt nu doar ecologice, ci și adaptate la cerințele tehnologice și necesitățile actuale și viitoare ale societății.





**Finanțat de  
Uniunea Europeană**  
NextGenerationEU



**Planul Național  
de Redresare și Reziliență**