

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

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

## Metodologia studiilor de caz

### 1. Introducere

Unul dintre obiectivele WP2 ale proiectului BIM4Energy este de a elabora un studiu pentru a evalua performanța energetică a trei clădiri existente și reprezentative din municipalitățile partenerilor proiectului, utilizând metodologia BIM, și de a propune mai multe alternative pentru reabilitarea energetică a acestor clădiri în vederea îmbunătățirii eficienței energetice a acestora. Acest obiectiv specific va contribui la satisfacerea diferitelor nevoi identificate, întrucât primul pas este evaluarea performanței energetice a trei clădiri obișnuite din Spania, România și Lituania, astfel încât rezultatele să poată fi extrapolate la alte construcții.

Acest document explică modul de utilizare a metodologiei BIM pentru evaluarea eficienței energetice a celor trei clădiri care vor fi studiate.

Studiul de caz nr. 1 constă în analiza cererii și consumului de energie, precum și în propunerea de alternative care să îmbunătățească eficiența unei case unifamiliale, de tip casă terasată, situată în municipiul Ceutí, Spania.



**Figura 1:** Case cu terasă în Spania

Studiul de caz nr. 2 va analiza performanța energetică a unei clădiri rezidențiale cu cinci etaje situate în Vilnius, Lituania.



**Figura 2:** Clădire rezidențială cu cinci etaje în Lituania

Studiul de caz numărul 3 va studia performanța energetică a unei clădiri educaționale din România.



**Figura 3:** Clădire educațională în România.

## 2. Rezumatul metodologiei

Metodologia care va fi utilizată în studiile de caz constă, în esență, în urmarea procedurii de mai jos:

1. Compilarea informațiilor despre clădirile care urmează să fie studiate. Aceste informații constau în:
  - a) Amplasarea clădirii.
  - b) Orientarea clădirii.
  - c) Date climatice din zona clădirii.
  - d) Planurile geometrice ale clădirii.
  - e) Materialele și grosimea acestora în diferitele straturi ale elementelor de construcție ale anvelopei termice a clădirii (fațade, pereți despărțitori, acoperiș, deschideri).
  - f) Materialele pereților în contact cu solul și pardoselile în contact cu solul în subsolul clădirii.
  - g) Materialele și grosimea acestora în pereții despărțitori interni și plăcile intermediare.
  - h) Caracteristicile serviciilor: sisteme de încălzire, ventilație și climatizare.
2. Construiți un model geometric BIM 3D al clădirii care urmează să fie studiată, utilizând planurile clădirii ca referință (cu ajutorul modelatorului BIM Cype Architecture).
3. Încărcați modelul în format IFC pe un server sau într-un mediu comun de date (CDE).
4. Descărcați modelul BIM IFC și obțineți parametrii geometrici ai modelului BIM pentru modelul energetic al clădirii, utilizând OpenBIM Analytical Model. După aceea, modelul analitic al clădirii este încărcat în CDE.
5. Caracterizarea modelului energetic al clădirii folosind CypeTherm EPlus:
  - a) Folosind CypeTherm EPlus, am descărcat modelul BIM și modelul analitic din CDE pentru a le utiliza la crearea modelului energetic.
  - b) Introducerea locației clădirii în model.
  - c) Introducerea energiei generate pentru autoconsum, dacă este cazul.
  - d) Definirea zonelor locuite și nelocuite ale clădirii
  - e) Definirea diferitelor spații din clădire.
  - f) Introducerea modelului materialelor, grosimilor și conductivităților și a altor proprietăți ale anvelopei, pereților despărțitori, plăcilor, deschiderilor și altor elemente constructive ale clădirii.

- g) Introducerea în model a transmitanței punților termice ale clădirii. Aceste valori pot fi obținute din cataloage de punți termice analizate.
  - h) Caracteristicile sistemelor de încălzire, ventilație și climatizare
  - i) Introducerea în model a caracteristicilor sistemului de apă caldă menajeră.
6. Efectuarea analizei termice, utilizând EnergyPlus ca motor de calcul.
  7. Obținerea rapoartelor cu rezultatele:
    - a) Raport privind cererea de energie
    - b) Raport privind consumul de energie și emisiile echivalente de CO<sub>2</sub> produse.
    - c) Obținerea clasei energetice a clădirii.

Procedura descrisă va fi aplicată mai întâi pentru a studia clădirile în starea lor actuală. Apoi, vom reveni la pasul 5 pentru a modifica materialele anvelopei termice și sistemele HVAC, în vederea cuantificării îmbunătățirii performanței energetice a clădirilor studiate.

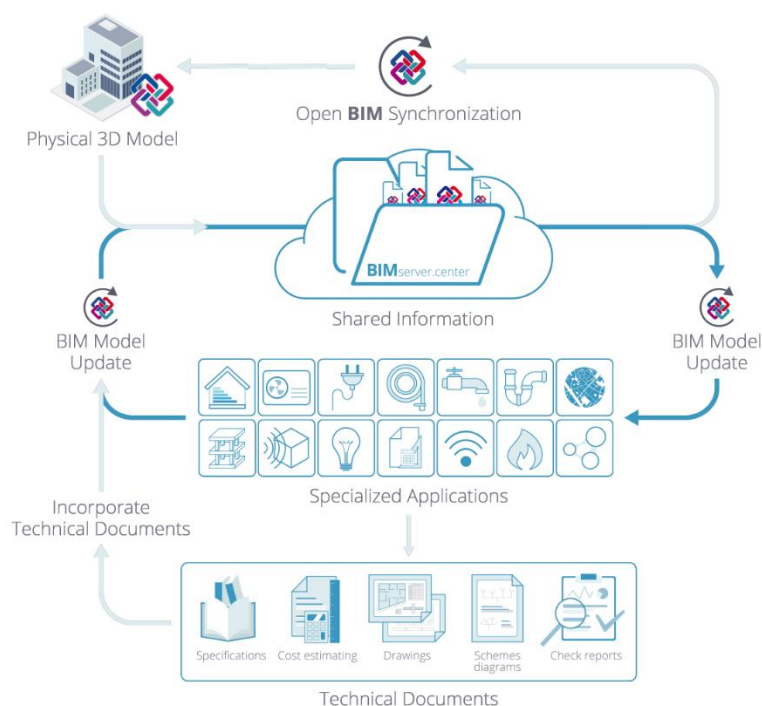
Vor fi studiate mai multe alternative pentru îmbunătățirea anvelopei termice a clădirilor. De asemenea, vor fi luate în considerare mai multe alternative pentru îmbunătățirea sistemului HVAC.

Fiecare măsură de îmbunătățire propusă pentru clădire va fi însoțită de costul economic al implementării sale.

De asemenea, se va efectua o analiză comparativă a alternativelor propuse pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor în fiecare caz de studiu.

### 3. Fluxul de lucru cu software-ul Open BIM

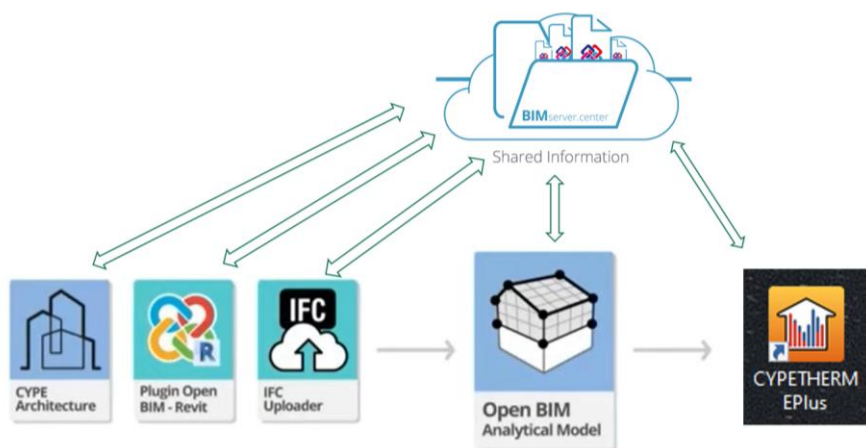
Termenul Open BIM se referă la lucrul cu standarde BIM deschise. Adică, lucrul cu modele în format IFC.



**Figura 4:** Fluxul de lucru Open BIM al pachetului Cype pentru proiectarea unei clădiri.

Software-ul Cype a dezvoltat o serie de instrumente BIM pentru proiectarea structurilor, arhitecturii și instalațiilor clădirilor, prin intermediul modelelor IFC.

Cype dispune de un mediu comun de date (CDE), numit BIMServer.center, unde puteți partaja modelele IFC ale aceluiași proiect de construcție. Software-ul de proiectare Cype pentru fiecare disciplină de construcție este conectat la Proiectul de construcție din BIMServer.Center, astfel încât utilizatorii să poată partaja lucrările realizate prin intermediul modelelor IFC. În acest fel, agenții (dezvoltatori, ingineri structurali, ingineri de instalații și arhitecți) care lucrează la același proiect, în diferite discipline, pot vedea progresul lucrărilor efectuate de restul participanților.



**Figura 5:** Fluxul de lucru Open BIM pentru simularea energetică.

Fluxul de lucru pentru realizarea simulării energetice a unei clădiri utilizând programele Open BIM ale Cype constă în utilizarea secvențială a cel puțin 3 programe diferite (Fig. 5):

- Primul este *Cype Arhitectură*, cu ajutorul căruia se construiește modelul arhitectural BIM
- Al doilea este *modelul analitic Open BIM*, care calculează parametrii geometrici ai diferitelor spații ale clădirii care urmează să fie studiate.
- Al treilea este *CypeTherm EPlus*, care efectuează simularea energetică.

Pentru a caracteriza elementele de construcție, precum și proprietățile termice ale materialelor, puteți utiliza programul *Open BIM Construction System* sau puteți efectua această operațiune în *CypeTherm EPlus*, înainte de simularea energetică.

Pentru a crea modelul BIM al clădirii în format IFC, există două alternative la Cype Arhitectură. Puteți utiliza Revit și pluginul Open BIM pentru a crea IFC și a-l trimite la BIMServer.Center. Sau puteți crea modelul BIM în format IFC cu orice alt program și îl puteți încărca pe BIMServer.Center utilizând IFC Uploader.

Următorul articol din blogul BIMServer.Center oferă o explicație detaliată a acestui flux de lucru.

[OPEN BIM ÎN SIMULĂRILE ENERGETICE: CYPE ARCHITECTURE – FLUX DE LUCRU CYPETHERM](#)

#### 4. Cype Arhitectură

Dezvoltarea arhitecturală va fi realizată în CYPE Architecture, un program gratuit și complet pentru crearea de modele BIM. O caracteristică remarcabilă a CYPE Architecture este posibilitatea de a proiecta clădirea printr-o schiță digitală. Această schiță, în cadrul programului, este transformată într-un model BIM și exportată în IFC.

Dacă utilizatorul dorește să exporte informații din modelul arhitectural către programe de analiză, cum ar fi cele din familia CYPETHERM, atunci când modelează cu CYPE Architecture, este esențial să îndeplinească următoarea obligație:

#### 4.1. Inserarea elementelor de construcție

Modelul trebuie să includă elemente de construcție din fila „Arhitectură”, cum ar fi pereți, plăci de pardoseală, uși și ferestre. Elementele de construcție pot fi create fie utilizând elementele din fila „Schiță”, fie inserate de la zero. Fiecare element de construcție are o referință asociată, care va fi utilizată ulterior.

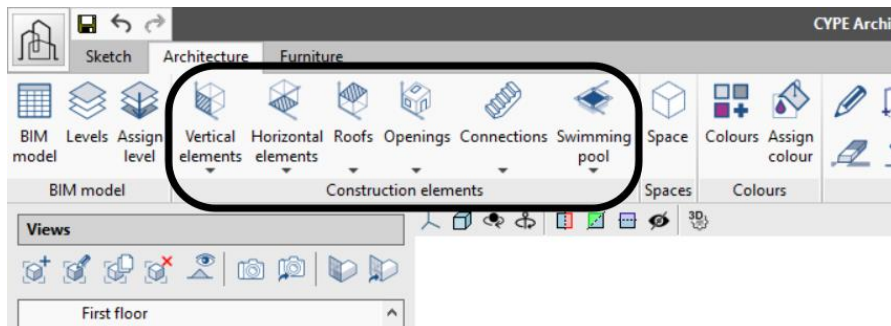


Figura 6: Inserarea elementelor. Captură de ecran din Cype Architecture

#### 4.2. Definirea spațiilor

Pentru a efectua simulări energetice, modelul BIM trebuie să conțină spații definite. Pentru a le defini, utilizați opțiunea „Spații” din fila „Arhitectură”. Perimetrul spațiilor trebuie să coincidă cu fața internă a peretelui și cu fața vizibilă a plăcilor de pardoseală care formează marginea. În plus, dacă este vorba de un spațiu închis sau din interiorul unei clădiri, în „Proprietăți” ale spațiului din partea inferioară a panoului de definire, este important să îl marcați ca „Interior”, astfel încât modelul analitic să fie generat corect.

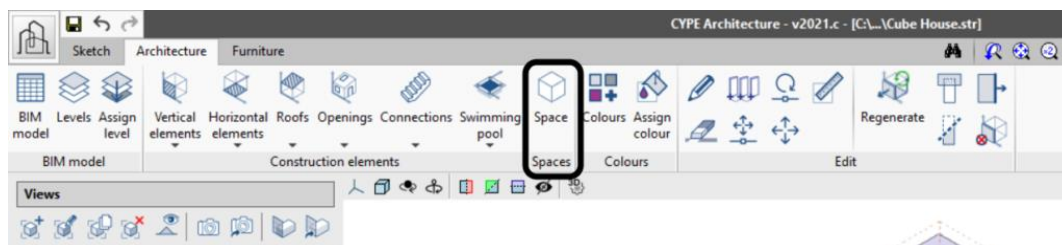


Figura 7: Definirea spațiilor. Captură de ecran din Cype Architecture

#### 4.3. Crearea și atribuirea nivelurilor

Toate elementele de construcție sunt atribuite unui nivel creat anterior. Nivelurile pot fi create folosind opțiunea „Niveluri” din fila „Arhitectură”. Instrumentul „Atribuire nivel” din fila Arhitectură permite utilizatorului să atribuiască mai multe tipuri de elemente unui anumit nivel. Această acțiune poate fi efectuată într-o vedere în elevație sau secțiune, sau etaj cu etaj, pentru a facilita selectarea elementelor atribuite unui anumit nivel.



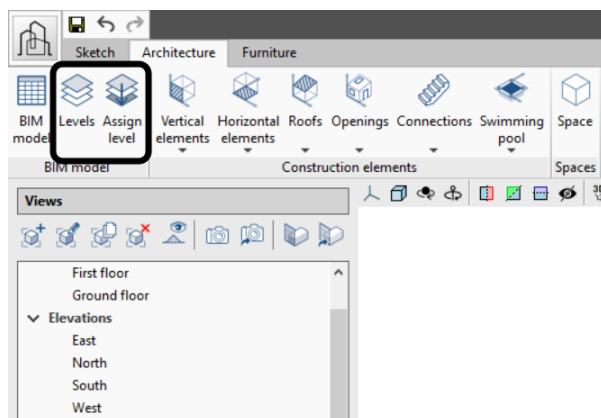


Figura 8: Atribuirea nivelurilor. Captură de ecran din Cype Architecture

#### 4.4. Exportarea către BIMserver.center

După finalizarea modelării arhitecturale cu CYPE Architecture, modelul trebuie exportat în BIMserver.center pentru a fi integrat în fluxul de lucru Open BIM. Pentru a face acest lucru, lucrarea trebuie să fie legată de un proiect nou sau existent pe platformă. Exportul generează un fișier IFC cu informațiile modelului arhitectural, care permite citirea acestuia de către restul aplicațiilor integrate în acest flux de lucru.

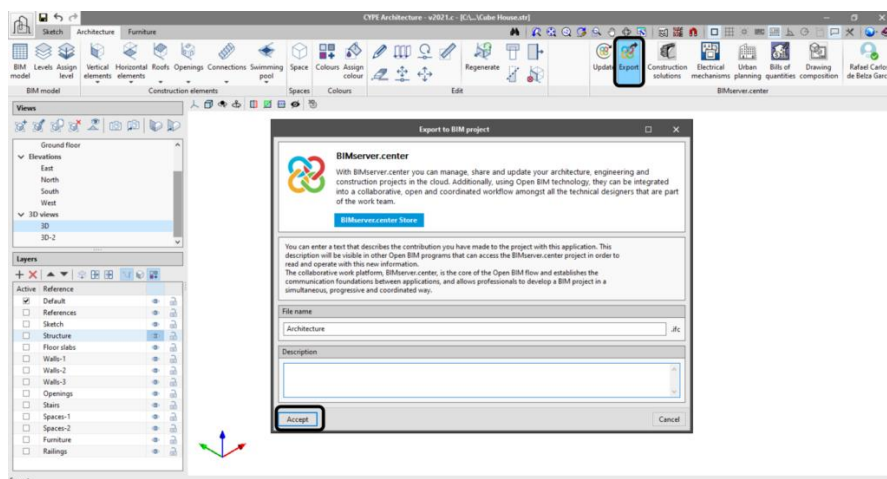


Figura 9: Exportarea către BIMserver.center. Captură de ecran din Cype Architecture

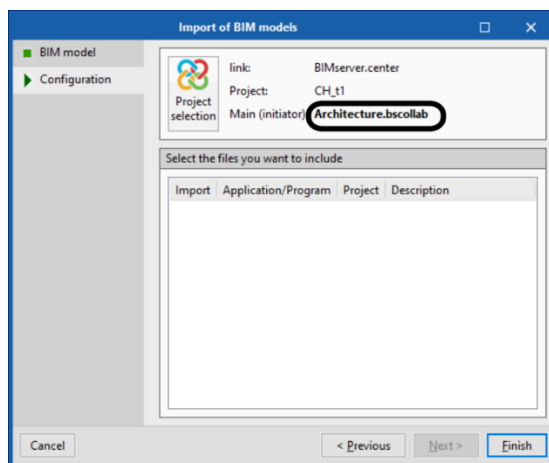
## 5. Model analitic OpenBIM

**Modelul analitic Open BIM** este un instrument conceput pentru a genera un model analitic utilizând date geometrice din modelul arhitectural creat în CYPE Architecture și alte programe. Modelul analitic este necesar în simulările de analiză acustică și termică, cum ar fi cele care pot fi efectuate în familia de programe CYPETHERM, printre altele.

Pentru a atinge acest obiectiv, cele mai importante sarcini sunt următoarele:

#### 5.1. Importarea modelului arhitectural dezvoltat în CYPE Architecture

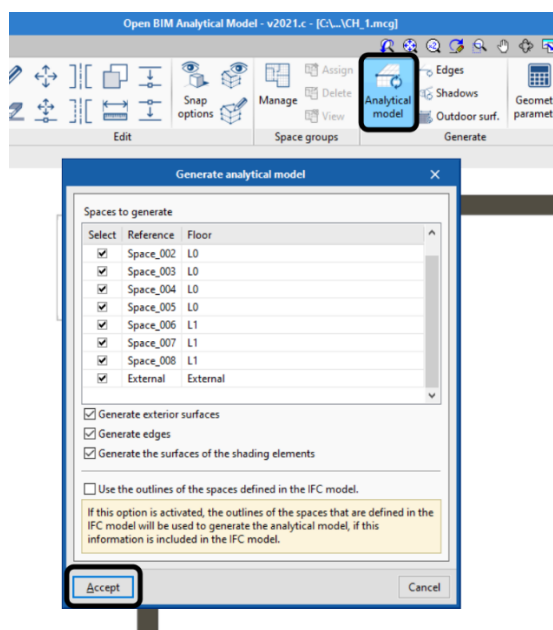
La crearea unei noi lucrări în Open BIM Analytical Model și la conectarea acesteia la același proiect din BIMserver.center în care a fost exportat anterior modelul, programul preia automat modelul CYPE Architecture ca inițiator.



**Figura 10:** Importarea modelului Cype Architecture din BIMserver.center. Captură de ecran din OpenBIM Analytical Model.

### 5.2. Generarea modelului analitic

Pentru a genera modelul analitic, utilizatorul trebuie doar să utilizeze opțiunea „Model analitic”.



**Figura 11:** Generarea modelului analitic. Captură de ecran din OpenBIM Analytical Model.

### 5.3. Exportarea modelului în BIMserver.center.

După generarea modelului analitic, lucrarea este exportată în proiectul stocat pe BIMserver.center. Acest proces generează un al doilea fișier IFC care conține informațiile modelului analitic.

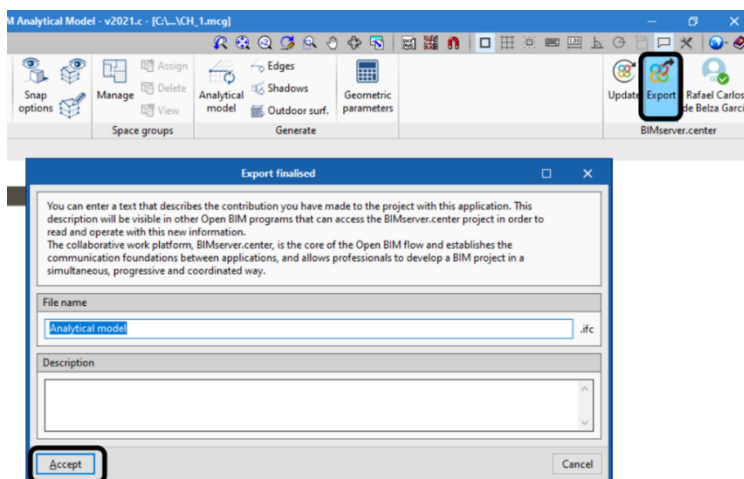


Figura 12: Exportarea către BIMserver.center. Captură de ecran din modelul analitic OpenBIM.

## 6. CypeTherm EPlus

CYPE THERM EPlus este o aplicație pentru modelarea și simularea clădirilor cu EnergyPlus™. Este integrată în fluxul de lucru Open BIM prin standardul IFC.

CYPE THERM EPlus include unele dintre următoarele caracteristici:

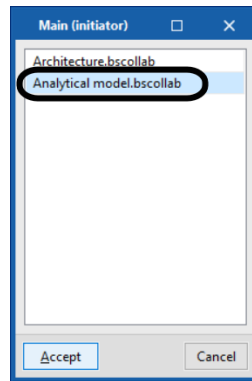
- Importarea modelului geometric al clădirii din fișiere IFC generate de programe CAD/BIM precum IFC Builder (aplicație CYPE gratuită), Cype Architecture (aplicație CYPE gratuită), Allplan®, Archicad® sau Revit®.
- Importarea instalației de climatizare a clădirii definite cu sistemele producătorilor din fișiere IFC, generate de programele Open BIM DAIKIN, Open BIM FUJITSU și Open BIM VAILLANT.
- Simularea celor mai răspândite sisteme de climatizare din clădiri, inclusiv echipamentele predefinite de producători.
- Integrarea codurilor internaționale și a manualelor aprobate pentru definirea caracteristicilor termice ale clădirii.
- Verificarea condensului de suprafață și interstițial. Definirea automată a punților termice ale clădirii de la marginile modelului BIM.
- Rapoarte privind rezultatele simulării energetice a clădirii: cererea de energie, consumul de energie, confortul interior.
- Exportarea rezultatelor analizei în CYPE THERM Improvements Plus pentru analizele energetice și economice ale diferitelor propuneri de clădiri.

Pentru a completa modelul energetic al clădirii și a efectua analiza termică și simularea energetică, se recomandă să se ia în considerare următoarele:

### 6.1. Importarea modelului analitic generat în Open BIM Analytical Model

Fișierul corespunzător modelului analitic generat cu Open BIM Analytical Model trebuie să fie cel utilizat ca fișier inițial în program.

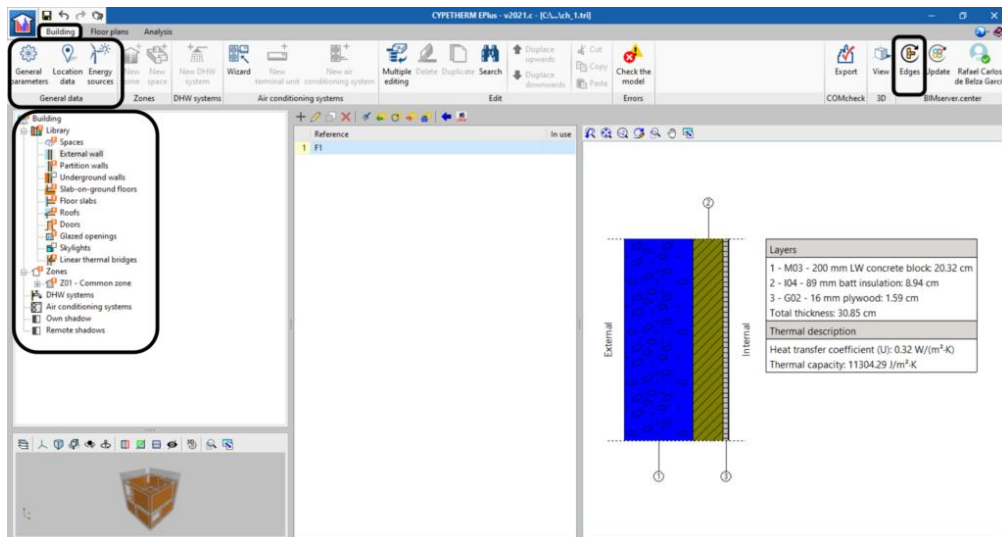




**Figura 13:** Importarea modelului analitic. Captură de ecran din CypeTerm EPlus.

### 6.2. Finalizarea modelului de analiză

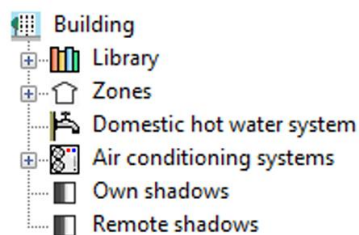
La accesarea interfeței generale a CYPETHERM EPlus, modelul de analiză este finalizat în opțiunile „Date generale (informații generale, date de localizare și surse de energie)”, „Bibliotecă”, „Zone”, „Sisteme” și „Margini” din fila „Clădire”.



**Figura 14:** Interfața CypeTherm EPlus.

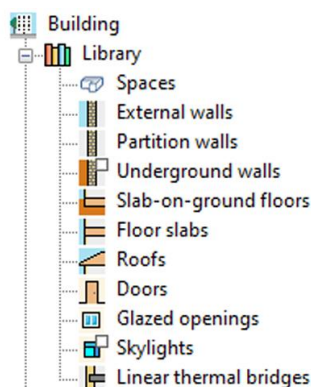
Fila Clădire definește parametrii generali, datele de localizare și modelul clădirii.

Modelul clădirii este conținut într-o diagramă arborescentă formată din următoarele ramuri:



**Figura 14:** Arborele componentelor modelului clădirii.

**Biblioteca.** Diferitele tipuri de spații și elemente de construcție din proiect (pereți exteriori, pereți despărțitori, deschideri vitrate, uși și punți termice liniare) sunt introduse în bibliotecă.



**Figura 15:** Tipul elementelor din model.

**Zone.** În fiecare zonă, **spațiile** din interiorul acesteia sunt introduse prin definirea pereților (fațade, pereți despărțitori, pereți despărțitori și pereți de subsol), plăcilor (șape, plăci de podea, consolă și acoperișuri) și punților termice liniare. Sunt introduse, de asemenea, unitățile terminale ale sistemului (sistemelor) de climatizare care acoperă spațiile din zonă.

**Sisteme de apă caldă** menajeră. Se definesc sistemele clădirii pentru producerea apei calde menajere (ACM).

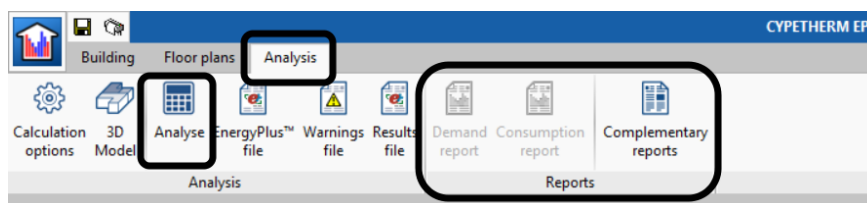
**Sisteme de climatizare.** Se definesc subsistemele pentru producerea și distribuirea sistemului (sistemelor) de încălzire și/sau răcire al (ale) lucrării.

**Umbre proprii.** Sunt definite suprafețele clădirilor care nu aparțin spațiilor, dar care pot proiecta umbre pe fațade și acoperișuri, cum ar fi plăcile balconului sau balustradele.

**Umbre îndepărtate.** Sunt definite suprafețele obstacolelor îndepărtate care ar putea proiecta umbre pe clădire.

### 6.3. Analiza și obținerea rezultatelor

După efectuarea ajustărilor finale, în fila „Analiză”, CYPETHERM EPlus permite utilizatorilor să lanseze analiza și să obțină rezultatele. Printre acestea, sunt evidențiate rapoartele privind cererea și consumul de energie, precum și o serie de rapoarte complementare.



**Figura 16:** Fila Analiză în CypeTherm EPlus.

Unele dintre rezultatele calculului oferite de program includ:

- **Raportul privind cererea de energie**  
 Rezultatele calculului cererii de energie, detaliate pe zone termice.

- **Raportul privind consumul de energie**  
Rezultatele calculului consumului de energie, detaliate pe zone termice și vectori energetici.

CYPETHERM EPlus oferă, de asemenea, o serie de funcții suplimentare care extind rezultatele obținute de program:

- **Condensare**  
Permite utilizatorilor să verifice prezența condensului de suprafață și interstițial în conformitate cu ISO 13788, integrând calculul efectuat de programul CYPETHERM HYGRO în fiecare sistem de construcție al anvelopei termice a clădirii.
- **Descrierea materialelor și a elementelor de construcție**  
Raport privind diferitele elemente de construcție prezente în lucrare, împreună cu materialele, cantitățile, coeficienții de transmisie etc.
- **Punți termice liniare**  
Raport privind punțile termice liniare introduse în clădire, cu lungimea și valorile de transmitanță termică ale acestora.
- **Confort interior**  
Permite compararea temperaturii interioare a fiecărei zone a clădirii pe tot parcursul anului cu temperatura exterioară și cu temperaturile maxime de confort stabilite. În plus, colectează orele de sarcină nesatisfăcute ale fiecărei zone.

## 7. Referințe:

Manualul utilizatorului CYPETHERM [https://www.cype.net/documents\\_en/manuals/termint\\_09.pdf](https://www.cype.net/documents_en/manuals/termint_09.pdf)

Website CYPETHERM: <https://info.cype.com/en/product/cypetherm-eplus/>

Blog BIMserver.center: [OPEN BIM ÎN SIMULĂRI ENERGETICE: ARHITECTURA CYPE – FLUX DE LUCRU CYPETHERM](#)