

Proiect Erasmus+ 2022-1-NO01-KA220-HED-000087893

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 considerate responsabile pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

STUDIU DE CAZ

STUDIU DE CAZ UTCN Modele BIM ale structurii unei clădiri și ale unei secțiuni de drum
Realizarea unei evaluări a durabilității ciclului de viață a diferitelor materiale și deșeuri

Partea 1

1-Obiective

Prezentarea caută modalități de îmbunătățire a fluxului de lucru în domeniul ingineriei și de a face din Building Information Modelling (BIM) o realitate viabilă pentru toți. Tehnologia BIM permite construirea digitală a unuia sau mai multor modele precise de clădiri.

Această secțiune oferă soluții pentru utilizarea BIM în conceptualizarea, planificarea, detalierea, crearea și ghidarea construcției de structuri. În procesul de proiectare și coordonare a execuției clădirilor se urmărește o colaborare reală și eficientă între arhitecți și ingineri. În acest sens, este necesar să se utilizeze o platformă sau un instrument software care să permită fiecărui membru al echipei să aibă acces la cele mai recente informații și, pe baza parametrilor de autorizare, să împărtășească comentarii și sugestii și să modifice modelul. Este necesar ca fiecare modificare să fie urmărită astfel încât fiecare membru al echipei să poată înțelege parcursul proiectului. BIM crește productivitatea prin colaborarea eficientă datorită schimbului de informații transparent și fără întreruperi între arhitecți și ingineri.

2 - Descrierea studiului de caz

Prezentarea va demonstra aplicarea tehnologiei BIM în proiectarea și detalierea structurilor. Studenții vor avea ocazia să participe la o sesiune cuprinzătoare care va acoperi pachete software precum SCIA Engineer, Tekla Structures și Idea StatiCa.

<https://www.scia.net/en/scia-engineer>

<https://www.tekla.com/products/tekla-structures>

<https://www.ideastatica.com/ro/support-center-all/all?label=connection>

Participanții se vor familiariza cu principalele caracteristici și comenzi ale acestor programe, obținând informații despre modul în care acestea facilitează schimbul de modele fără întreruperi prin legături bidirecționale puternice, IFC, SAF sau plug-in-uri terțe. Sesiunea va

culminează cu un studiu de caz detaliat care evidențiază capacitățile BIM ale software. Software necesar: SCIA Engineer, Tekla Structures și Idea StatiCa.

Spre sfârșitul prezentării, va exista o oportunitate pentru întrebări și discuții.

Studiile de caz au fost elaborate de colegii noștri Andreea Onea și Mihai Senilă, iar pentru instruire am implicat studenți de la licență și masterat.

În plus, acest studiu de caz va servi drept ghid pentru studenți în pregătirea proiectelor lor de licență și disertație.

3 - Utilizarea de ultimă oră a BIM și LCA pentru a evalua durabilitatea unei clădiri.

3.1 - BIM în ingineria structurală: revoluționarea proiectării clădirilor

Building Information Modeling (BIM) a apărut ca o forță transformatoare în domeniul ingineriei structurale, schimbând fundamental modul în care concepem, proiectăm și construim clădiri. Acest set sofisticat de instrumente digitale permite inginerilor să creeze modele cuprinzătoare, precise și colaborative ale structurilor, ceea ce duce la creșterea eficienței, rentabilității și durabilității pe parcursul întregului ciclu de viață al clădirii.

Conceptul de Building Information Modeling (BIM) a apărut încă din anii 1970, odată cu introducerea primelor sisteme de proiectare asistată de calculator (CAD). Cu toate acestea, conceptul de BIM așa cum îl cunoaștem astăzi a început să prindă contur abia în anii 1990. Dezvoltarea BIM a fost influențată de progresele în tehnologia informatică, modelarea 3D și instrumentele de colaborare. De-a lungul anilor, BIM a evoluat de la un instrument de modelare 3D la un proces cuprinzător care integrează date, informații și fluxuri de lucru pe tot parcursul ciclului de viață al unui proiect de construcție. Pe măsură ce BIM a câștigat teren, au fost dezvoltate standarde și protocoale industriale pentru a asigura interoperabilitatea și colaborarea între diferitele părți interesate. Evoluția BIM a fost determinată și de progresele tehnologice, cum ar fi cloud computing-ul, dispozitivele mobile și inteligența artificială, care au facilitat colaborarea în timp real, îmbunătățirea capacităților de analiză a datelor și o mai bună accesibilitate la modelele BIM.

BIM favorizează o abordare multidisciplinară prin integrarea fără probleme a sistemelor arhitecturale, structurale și MEP (mecanice, electrice și sanitare) într-un model unificat. Acest mediu de colaborare permite părților interesate să lucreze împreună încă din primele etape de proiectare, reducând conflictele și discrepanțele și conducând în cele din urmă la proiecte de clădiri mai eficiente și inovatoare.

Cu ajutorul BIM, inginerii pot crea reprezentări 3D detaliate ale structurilor. Această claritate vizuală permite o mai bună analiză și evaluare a elementelor structurale, facilitând detectarea timpurie a problemelor potențiale și permițând efectuarea de ajustări precise înainte de

construcție. Acest lucru nu numai că asigură siguranța și conformitatea, dar conduce și la proiecte mai robuste, bine optimizate.

BIM oferă estimări exacte ale cantităților și ale costurilor pe baza modelului, permițând o bugetare și o planificare financiară mai precise. În plus, facilitează ingineria valorii prin identificarea oportunităților de optimizare a materialelor și a metodelor de construcție, rezultând potențiale economii de costuri fără a compromite integritatea structurală.

Prin BIM, inginerii pot genera planuri detaliate de secvențiere și eșalonare a construcției. Acest lucru ajută la eficientizarea procesului de construcție, minimizând întârzierile și reducând conflictele la fața locului. De asemenea, permite o mai bună coordonare între diferitele meserii, asigurând un flux de lucru mai fluent în construcții.

BIM sprijină integrarea instrumentelor de analiză energetică, permițând inginerilor să evalueze performanța de mediu a unei clădiri și să exploreze oportunitățile de îmbunătățire a eficienței energetice. Astfel, proiectanții pot lua decizii în cunoștință de cauză cu privire la materiale, sisteme și amenajări, ceea ce conduce la structuri mai durabile și mai ecologice.

BIM își extinde beneficiile dincolo de construcții, oferind un instrument valoros pentru gestionarea și întreținerea instalațiilor. Modelul servește drept geamă digitală completă al clădirii fizice, permițând proprietarilor și operatorilor să planifice și să execute eficient activitățile de întreținere, să gestioneze activele și să ia decizii în cunoștință de cauză pentru durabilitatea pe termen lung a structurii.

Principii de bază care ghidează BIM în ingineria structurală:

Reprezentare digitală comună: BIM creează o reprezentare digitală unificată a unei clădiri sau structuri de-a lungul ciclului său de viață, cuprinzând nu numai geometria fizică, ci și datele și informațiile relevante asociate cu proiectarea, construcția și exploatarea acesteia.

Colaborarea: BIM favorizează colaborarea prin schimbul și integrarea datelor și informațiilor între diferite părți interesate, permițând luarea unor decizii eficiente și reducând erorile sau conflictele.

Modelarea parametrică: Acest principiu permite crearea de obiecte inteligente și dinamice care pot fi modificate și actualizate pe parcursul ciclului de viață al proiectului, asigurând coerența și acuratețea.

Interoperabilitatea datelor: BIM subliniază importanța schimbului și partajării de informații între diferite platforme și sisteme software, permițând integrarea diferitelor seturi de date și promovând colaborarea eficientă.

Gestionarea informațiilor: BIM pune accentul pe importanța datelor structurate, permițând părților interesate să extragă informații valoroase și să ia decizii în cunoștință de cauză bazate pe informații fiabile și actualizate.

BIM în ingineria structurală: Avantaje și aplicații BIM oferă o multitudine de posibilități și avantaje atunci când este aplicat la proiectele de inginerie structurală:

Proiectare integrată și colaborare: BIM integrează perfect sistemele arhitecturale, structurale și MEP într-un model unificat, permițând părților interesate să lucreze împreună încă din primele etape de proiectare, reducând conflictele și conducând la proiecte de clădiri mai eficiente și inovatoare.

Vizualizare și analiză îmbunătățite: BIM permite reprezentări 3D detaliate ale structurilor, permițând o mai bună analiză și evaluare a elementelor structurale, facilitând detectarea timpurie a problemelor potențiale și permițând efectuarea de ajustări precise înainte de construcție.

Estimarea costurilor și ingineria valorii: BIM oferă estimări exacte ale cantităților și ale costurilor pe baza modelului, permițând o bugetare și o planificare financiară mai precise. În plus, facilitează ingineria valorii prin identificarea oportunităților de optimizare a materialelor și a metodelor de construcție.

Îmbunătățirea planificării și secvențierii construcțiilor: Prin BIM, inginerii pot genera planuri detaliate de secvențiere și eşalonare a construcției, contribuind la eficientizarea procesului de construcție și la minimizarea întârzierilor.

Eficiența energetică și durabilitatea: BIM sprijină integrarea instrumentelor de analiză energetică, permițând inginerilor să evalueze performanța de mediu a unei clădiri și să exploreze oportunitățile de îmbunătățire a eficienței energetice.

Gestionarea și întreținerea instalațiilor: BIM servește ca un instrument valoros pentru gestionarea și întreținerea instalațiilor, oferind un geamăn digital complet al structurii fizice, permițând proprietarilor și operatorilor să planifice și să execute eficient activitățile de întreținere, să gestioneze activele și să ia decizii în cunoștință de cauză pentru durabilitatea pe termen lung a structurii.

Building Information Modeling a revoluționat practica ingineriei structurale, oferind profesioniștilor un set puternic de instrumente digitale pentru a crea proiecte de clădiri mai eficiente, durabile și rentabile. Pe măsură ce BIM continuă să evolueze, este pe cale să joace un rol și mai important în modelarea viitorului construcțiilor, deschizând o eră de inovație și eficiență fără precedent în ingineria structurală.

4 - Regulamente și standarde

- [1] <https://www.scia.net/en/innovations/integrated-design-solution>
- [2] <https://www.tekla.com/resources>
- [3] <https://www.ideastatica.com/support-center>
- [4] <https://oneclicklca.com/#:~:text=Largest%20construction%20LCA%20database%20Utilizat%20în%20170+%20țări>

- [5] 1. Petran I., Senila M. - "DESIGN OF PITCHED ROOF STEEL PORTAL FRAME STRUCTURA", Editura Mediamira, ISBN: 978-973-713-359-5, Cluj-Napoca, România, 2017
- [6] EN 1991-1-1:2002. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-1: Acțiuni generale - Densități, greutate proprie, încărcări impuse pentru clădiri.
- [7] EN 1991-1-3:2003. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-3: Acțiuni generale - Încărcări de zăpadă și CR 1-1-3-2012: Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra clădirilor.
- [8] EN 1991-1-4:2005. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-4: Acțiuni generale - Acțiuni ale vântului și CR 1-1-4-2012: Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii vântului asupra clădirilor.
- [9] P100-1/2013: Codul de proiectare seismică. Partea I: Dispoziții de proiectare pentru clădiri.
- [10] EN 1993-1-1:2005. Eurocod 3: Proiectarea structurilor metalice - Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri

5 - Metodologia studiului de caz.

Metodologia studiului de caz a fost dezvoltată utilizând o combinație de instrumente software avansate, adaptate atât pentru modelarea informațiilor despre clădiri (BIM), cât și pentru evaluarea ciclului de viață (LCA). Tekla Structures, SCIA și IDEA StatiCa au fost utilizate pentru a modela și analiza elementele structurale ale proiectului, permițând integrarea detaliată BIM. Pentru LCA, software-ul One Click LCA a fost utilizat pentru a evalua impactul asupra mediului al materialelor și proceselor de construcție. Această combinație de instrumente a permis o evaluare cuprinzătoare a integrității structurale a proiectului și a performanței în materie de durabilitate.

6 - Dezvoltarea studiului de caz.

6.1 - Modele BIM. De la instrumente la modele de clădiri: programe de inginerie structurală și BIM

6.2.1 - Inginer SCIA

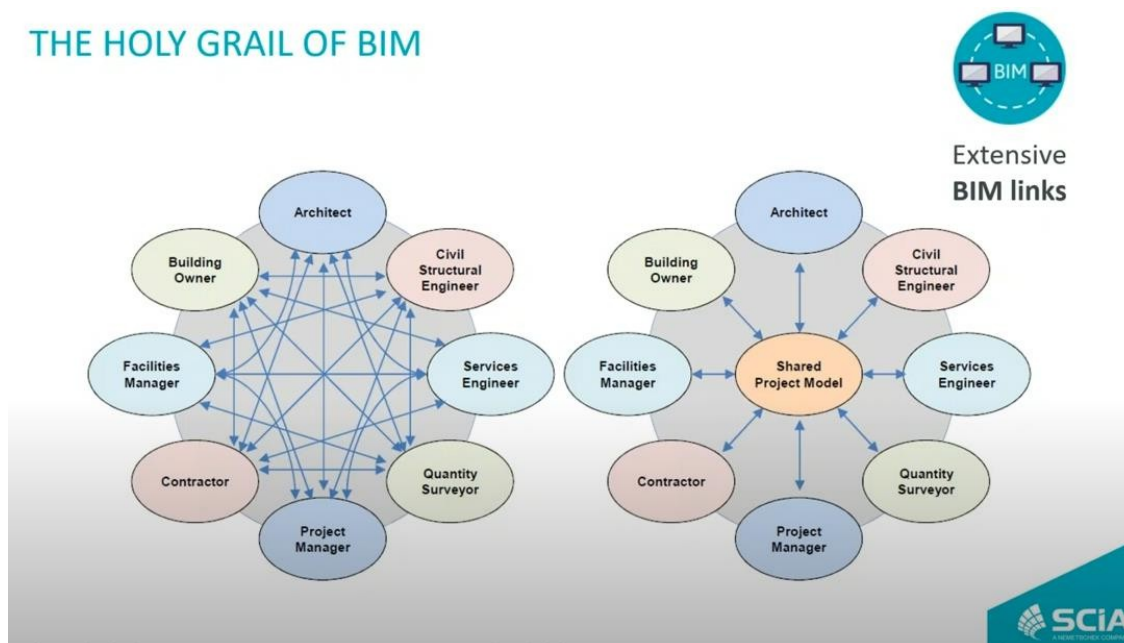
SCIA Engineer este un software integrat de analiză structurală multi-material și un instrument de proiectare pentru toate tipurile de structuri. Gama sa largă de funcționalități îl face partenerul ideal pentru proiectarea clădirilor de birouri, a instalațiilor industriale, a podurilor sau a oricărui alt proiect, toate în același mediu ușor de utilizat.



Scia Engineer oferă o gamă largă de soluții BIM pentru a îmbunătăți fluxurile de lucru în inginerie: cel mai important este să înțelegem că colaborarea între toate disciplinele, inclusiv arhitecți, modelatori, ingineri structurali, desenatori și alții se află în centrul

furnizarea unui mediu construit sigur și durabil, care, la rândul său, lasă o moștenire pozitivă de durată.

THE HOLY GRAIL OF BIM



Scopul este de a reduce timpul necesar creării modelelor de analiză și de a asigura o reprezentare consecventă a realității între modelele structurale și cele de analiză în fiecare etapă a proiectului. În plus, obiectivul nostru este de a facilita gestionarea fără probleme a modificărilor între discipline.

6.2.2 - Structuri Tekla

Software-ul Tekla este un software BIM structural avansat pentru construcții.

Inginerii structurali, proiectanții, detaliarii, fabricanții, antreprenorii și managerii de proiect pot depăși limitele tradiționale în fiecare etapă a construcției. Cu Tekla Structures, ei pot crea, combina, gestiona și partaja informații cu o eficiență remarcabilă.

Software-ul Tekla oferă tot ceea ce este necesar pentru îmbunătățirea preciziei BIM, utilizarea datelor și reducerea surprizelor costisitoare. Acesta va spori profitabilitatea cu cel mai înalt nivel de dezvoltare (LOD) și va reduce incertitudinea documentelor de construcție necoordonate.

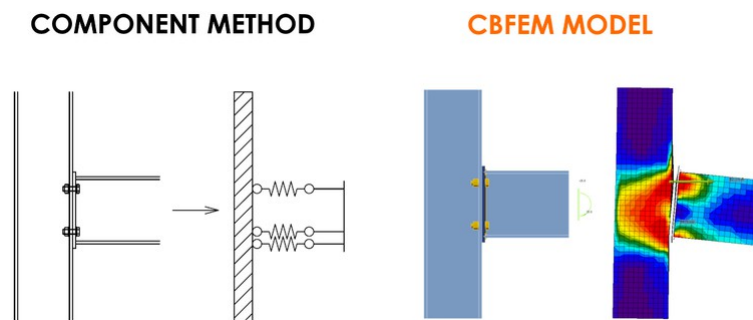
Este simplu să importați, să exportați și să legați datele modelului dvs. cu alte părți ale proiectului, software, instrumente digitale de construcție și utilaje pentru fluxuri de lucru mai fluide.

6.2.3 - Ideea StatiCa Îmbinări din oțel

Idea StatiCa este un software patentat conceput pentru analiza și proiectarea structurală a conexiunilor din oțel. Acesta excelează în gestionarea diferitelor tipuri de conexiuni, inclusiv sudate

și îmbinări cu șuruburi, plăci, tălpi și ancore. În plus, permite evaluarea efectelor flambajului asupra componentelor din oțel.

Metoda elementelor finite bazată pe componente (CBFEM), pe care se bazează, combină în mod eficient toate ecuațiile și condițiile codului cu elemente finite, depășind limitele topologice și de încărcare ale vechilor metode.

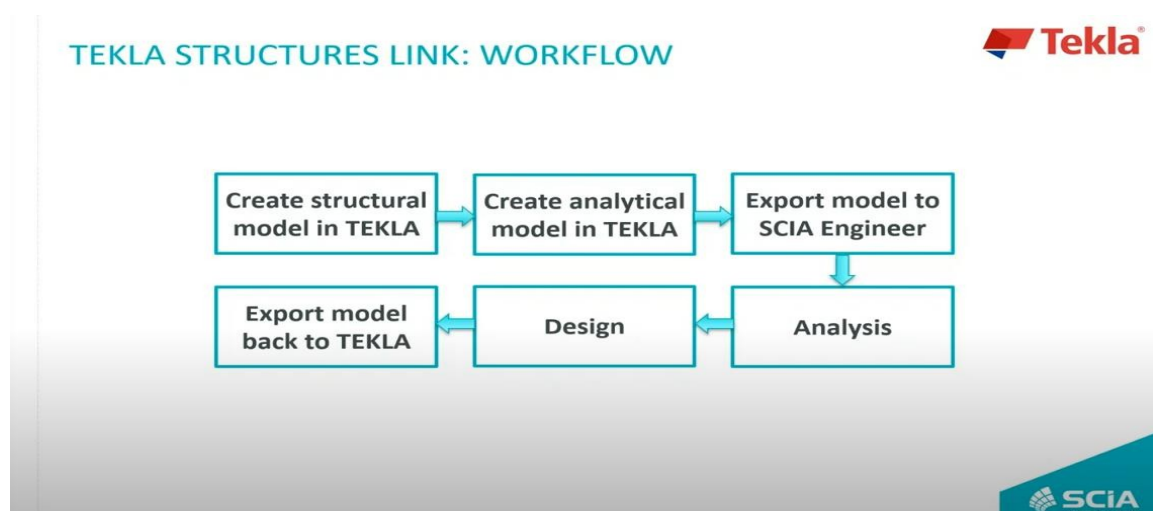


6.2.4 - Interoperabilitate între SCIA Engineer, Tekla Structures și Idea StatiCa

6.2.4.1 - Integrearea SCIA Engineer cu Tekla Structures

SCIA și Tekla fac parte din inițiativa OpenBIM a alianței BuildingSMART și promovează IFC ca format preferabil pentru schimbul de date al modelelor structurale 3D. În plus, SCIA Engineer oferă o legătură bidirecțională care facilitează schimbul de modele de oțel.

TEKLA LA INGINER SCIA:



SCIA Engineer oferă un flux de lucru fără întreruperi pentru modelarea, analiza și optimizarea structurilor și componentelor din oțel. Acesta permite integrarea ușoară cu Tekla, permițând documentația finală și detalierea eficientă. Software-ul suportă



atât Open BIM (bazat pe

format IFC) și BIM închis (link-uri de proprietate). Un astfel de exemplu este legătura Tekla Structures, care facilitează transferul fără probleme al modelelor între Tekla și SCIA Engineer.

Această legătură bidirecțională este compatibilă cu ultimele două versiuni ale versiunilor majore pentru ambele platforme, permițând actualizări simultane din ambele părți. Utilizatorii au posibilitatea de a alege între transferul direct pentru colaborarea în timp real sau exportul de fișiere pentru partajarea cu colegii. Legătura oferă, de asemenea, flexibilitatea de a transfera întregul model sau anumite părți, cum ar fi componentele din oțel sau beton. Progresul poate fi monitorizat printr-o fereastră de dialog, iar un raport complet de transfer poate fi generat și salvat.

În plus, utilizatorii pot personaliza standardele naționale pentru materiale și secțiuni transversale în SCIA Engineer, setările alese fiind păstrate în timpul procesului de transfer. Legătura suportă maparea materialelor și a secțiunilor transversale între proiectele din ambele aplicații. De asemenea, aceasta acceptă profile parametrice de oțel, asigurând o reprezentare precisă. Tabelele de corespondență create sunt specifice proiectului și sunt stocate pentru utilizare ulterioară.

Capacitățile actuale de legătură includ transferul de elemente 1D și 2D, constrângeri/sprijin, balamale, legături rigide, precum și exportul și importul detaliilor de armare pentru grinzi și coloane între SCIA Engineer și Tekla. Această integrare simplifică semnificativ fluxul de lucru pentru inginerii și proiectanții de structuri

INGINER SCIA LA TEKLA

Legătura dintre SCIA Engineer și Tekla Structures se bazează pe Tekla Structures API, permițând exportul diferitelor elemente structurale. Acestea includ geometria grinzilor și coloanelor drepte (noduri de început și de sfârșit), materiale printr-o bază de date de cartografiere și secțiuni transversale care utilizează cartografiere sau profile geometrice (cu excepția profilelor duble). În plus, sunt acceptate excentricitatea (ey, ez), liniile sistemului de elemente, secțiunile transversale sudate și balamalele.

Pentru a iniția procesul de export, utilizatorii pot accesa funcția prin intermediul căii: Fișier > Export

> fișier Tekla. Această procedură simplă asigură un transfer fără probleme al datelor structurale între SCIA Engineer și Tekla Structures, îmbunătățind eforturile de colaborare în proiectele de proiectare structurală și inginerie.

6.2.4.2 - Integrarea SCIA Engineer cu Ideea StatiCa

Legătura dintre SCIA Engineer și Ideea StatiCa permite proiectarea și verificările de cod ale conexiunilor din oțel, precum și verificări pentru elemente întregi din oțel în cadrul aplicațiilor Ideea StatiCa. SCIA Engineer 21.1 introduce o versiune îmbunătățită a acestei legături, oferind funcționalități extinse.

Această legătură actualizată utilizează formatul open-source SAF pentru schimbul de



modele analitice, simplificând transferul de date. Pentru a iniția procesul, utilizatorii trebuie doar să execute Idea StatiCa

În cadrul SCIA Engineer 21.1. O aplicație de gestionare facilitează conexiunea dintre cele două programe, permițând utilizatorilor să creeze un proiect.

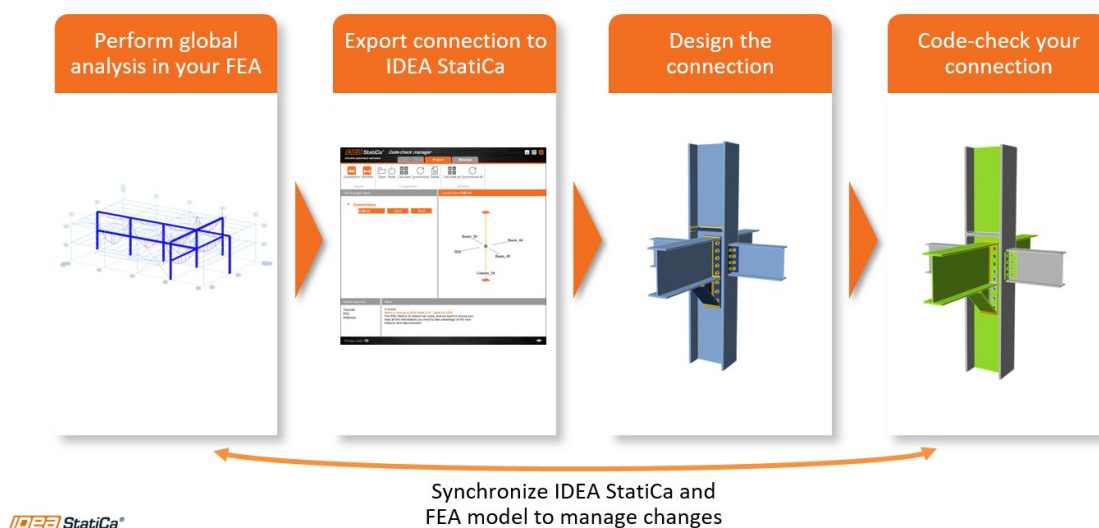
Odată ce proiectul este stabilit, utilizatorii pot defini conexiunile și membrii pentru Idea StatiCa prin selectarea entităților dorite în SCIA Engineer și prin utilizarea funcțiilor respective în aplicația de gestionare. SCIA Engineer și Idea StatiCa funcționează concomitent. Sarcinile care trebuie luate în considerare în Idea StatiCa pot fi, de asemenea, specificate în aplicația de gestionare, pregătind modelul pentru proiectare și verificarea codurilor.

În cazul unor modificări ale modelului în SCIA Engineer, utilizatorii pot actualiza cu ușurință conexiunea sau membrul prin intermediul funcției Synchronize a aplicației de gestionare. Proiectul Idea StatiCa este stocat alături de fișierul .ESA al proiectului SCIA Engineer, asigurând funcționarea conectată a acestora atâta timp cât sunt păstrate împreună într-un singur folder. Această integrare simplifică procesul de proiectare și de verificare a codurilor pentru structurile metalice.

6.2.4.3 - Integrarea Idea StatiCa SCIA Engineer cu SCIA Engineer și Tekla Structures

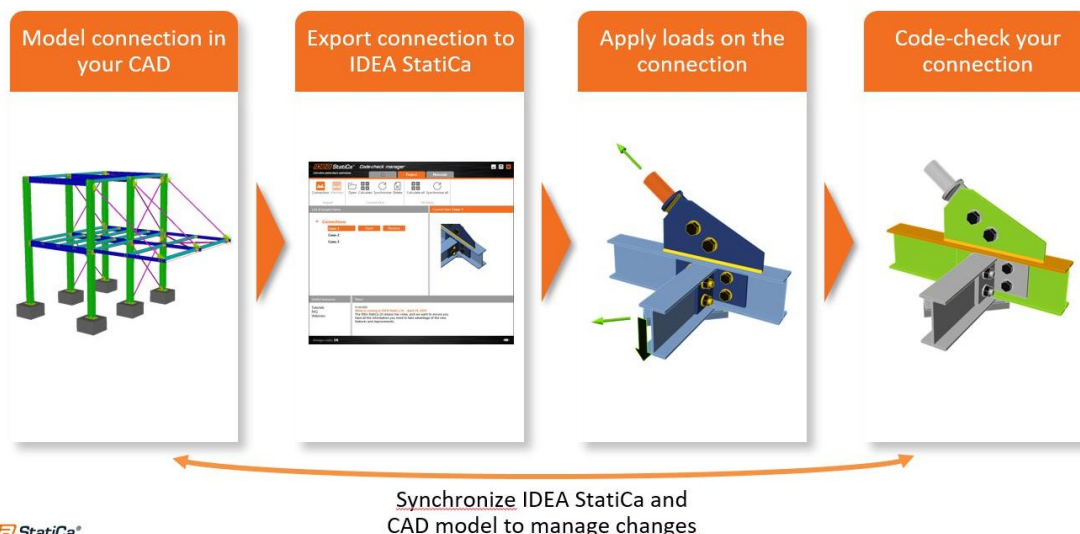
Idea StatiCa se integrează cu SCIA Engineer, permițându-vă să exportați cu ușurință și să verificați prin cod orice conexiune din oțel din SCIA Engineer. Aceasta include grinzi, secțiuni transversale și forțe interne, care nu numai că sunt exportate, dar rămân și sincronizate chiar dacă există modificări în modelul SCIA Engineer.

STRUCTURAL ENGINEER - FEA



Idea StatiCa se integrează cu Tekla Structures, permițându-vă să exportați cu ușurință și să verificați prin cod orice conexiune din oțel din Tekla Structures. Aceasta include grinzi, secțiuni transversale și forțe interne, care nu numai că sunt exportate, dar rămân și sincronizate chiar dacă există modificări în modelul Tekla Structures.

STRUCTURAL ENGINEER - CAD

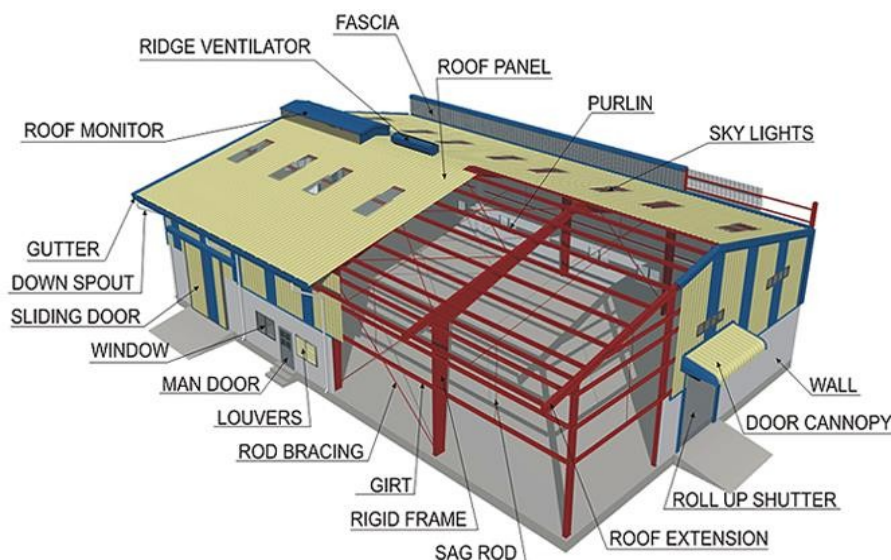


Dacă aveți modelele corespunzătoare ale structurii în FEA și CAD, le puteți combina în Idea StatiCa. Acest parteneriat eficient între SCIA Engineer, Tekla Structures și Idea StatiCa vă optimizează procesul de proiectare a oțelului, economisind în final timp și bani.

6.3 - De la teorie la practică: structuri din oțel cu cadru portal cu acoperiș înclinat

6.3.1 - Generalii

Scopul acestui studiu de caz este de a prezenta principiile de proiectare a structurilor portal din oțel cu acoperiș înclinat, fabricate din profile I și H laminate la cald, cu învelitoare din oțel de calibru ușor. Aceasta este, în general, cea mai economică formă de construcție pentru clădirile din oțel cu cadre portal.



Aceste clădiri își găsesc aplicabilitatea într-o gamă variată de industrii, inclusiv activități industriale, depozite, showroom-uri, agricultură, unități școlare și săli de sport, printre altele. Acestea sunt disponibile în diferite dimensiuni, de la doar câteva sute de metri pătrați până la structuri de mari dimensiuni care acoperă câteva mii de metri pătrați.

În general, clădirile cu un singur etaj folosesc structuri cu cadre din oțel și diferite tipuri de sisteme de placare, oferind spații deschise mari, eficiente, ușor de întreținut și adaptabile la schimbările viitoare.

Dezvoltarea unei soluții de proiectare pentru o clădire cu un singur etaj, cum ar fi o incintă mare sau o instalație industrială, depinde mai mult de activitatea desfășurată și de cerințele viitoare pentru spațiu decât alte tipuri de clădiri, cum ar fi clădirile comerciale și rezidențiale. Deși aceste tipuri de clădiri sunt în primul rând funcționale, ele sunt de obicei proiectate cu o implicare arhitecturală puternică, dictată de cerințele de planificare și de "brandingul" clientului.

Următoarele cerințe generale de proiectare ar trebui luate în considerare în etapa de proiectare conceptuală a clădirilor industriale și a incintelor mari, în funcție de forma și utilizarea clădirii:

- Utilizarea spațiului, de exemplu, cerințe specifice pentru manipularea materialelor sau a componentelor într-o instalație de producție;
- Flexibilitatea spațiului în utilizarea actuală și viitoare;
- Viteza de construcție;
- Performanța de mediu, inclusiv cerințele privind serviciile și performanța termică;
- Estetica și impactul vizual;
- Izolarea acustică, în special în instalațiile de producție;
- Acces și securitate;
- Considerații privind durabilitatea;
- Durata de viață proiectată și cerințele de întreținere, inclusiv aspectele legate de sfârșitul duratei de viață.

O clădire cu cadru portal cuprinde o serie de cadre transversale fără contravântuiri, contravântuite longitudinal, care transferă sarcinile la fundații. Structura metalică primară constă din stâlpi și căpriori, care formează cadrele portal (inclusiv contravântuirile flanșelor, șuruburile de legătură și șuruburile de ancorare) și contravântuirile acoperișului și longitudinale, după cum se arată în figura 3. Cadrul de capăt (cadrul frontonului) poate fi fie un cadru portal, fie un aranjament contravântuit de stâlpi și căpriori. Bazele cadrelor portal sunt în general fixate cu pivoți; cu toate acestea, anumite circumstanțe pot impune utilizarea unor construcții fixe. Oțelăria secundară care susține învelitoarea constă în șine laterale pentru pereți și șarpante pentru acoperiș. În general, șarpantele și grinzile sunt profile Z galvanizate, produse prin laminare la rece. Oțelăria secundară joacă, de asemenea, un rol important în menținerea elementelor primare de oțel împotriva deformării în afara planului.

Atunci când se ia în considerare comportamentul structural, natura esențială a unui cadru portal este că, în planul cadrului, articulațiile rigide dintre elementele primare la streașină și

vârful acoperișului formează sistemul structural care rezistă încărcărilor în acel plan. Elementele cadrului portalului sunt orientate cu nervurile lor în planul cadrului pentru a beneficia de rezistența și rigiditatea axei majore a elementelor și pentru a forma o structură continuă. Prin urmare, stabilitatea structurală a cadrului în acest plan trebuie să fie luată în considerare ca un întreg. Perpendicular la planul cadrului, contravântuirile longitudinale și oțelăria secundară oferă puncte de reținere laterală care definesc lungimile pe care elementele primare se pot deforma. Prin urmare, stabilitatea în afara planului a elementelor poate fi considerată individual.

Acoperișul și placarea pereților separă spațiul închis de mediul exterior și asigură izolarea termică și acustică. Învelitoarea transferă încărcările către oțelăria secundară și reține flanșa purlinului sau a șinei de care este atașată.

Studiul de caz prezintă toate etapele de proiectare pentru proiectarea elastică a cadrelor portal și unele detalii specifice.

Pentru a se putea încadra în timpul estimat pentru prezentare, structura propusă pentru studiul de caz a fost simplificată la nivel de plan (2D).

6.3.2 - Baza de

proiectare

PROIECTARE ÎN STĂRI

LIMITE

Proiectarea pentru stările limită se bazează pe utilizarea modelelor structurale și de încărcare pentru stările limită relevante. Se verifică dacă nicio stare limită nu este depășită atunci când valorile de proiectare relevante pentru acțiuni, proprietățile materialelor și datele geometrice sunt utilizate în aceste modele. Verificările trebuie efectuate pentru toate situațiile de proiectare și cazurile de încărcare relevante. Cerințele privind stările limită trebuie îndeplinite prin utilizarea metodei factorului parțial.

O stare limită este definită formal prin descrierea unei condiții pentru care un anumit element structural sau o întreagă structură nu îndeplinește funcția care se așteaptă de la acesta. Din punctul de vedere al unui proiectant de structuri, sunt luate în considerare patru tipuri de stări limită pentru structurile din oțel:

- starea limită ultimă (ULS);
- starea limită de serviceability (SLS);
- starea limită de oboseală (FLS);
- stare limită accidentală (ALS).

În conformitate cu SR EN 1990, se face o distincție între stările limită finale și stările limită de funcționare. Se adoptă factori parțiali corespunzători pentru stările limită finale și stările limită de funcționare.

ULS reprezintă de obicei prăbușirea structurii din cauza pierderii rigidității și rezistenței structurale. O astfel de pierdere de capacitate poate fi legată de:

- putere;
- stabilitate împotriva răsturnării și balansării;
- fractura din cauza oboselii;
- fractură fragilă.

Atunci când este atinsă o stare limită finală, întreaga structură sau o parte a acesteia se prăbușește.

SLS reprezintă în mod convențional stările de eșec pentru operațiunile normale datorate deteriorării funcționalității. Considerațiile SLS în proiectare pot aborda:

- deviere;
- vibrații (de exemplu, oscilații provocate de vânt);
- daune reparabile datorate oboselii;
- coroziune și durabilitate.

În cazul în care sunt atinse, stările limită de exploatare fac ca structura sau o parte a acesteia să fie improprie utilizării normale, dar nu indică faptul că a avut loc prăbușirea.

Ar trebui luate în considerare toate stările limită relevante, dar, de obicei, va fi adecvat să se proiecteze pe baza rezistenței și stabilității la încărcarea limită și apoi să se verifice dacă deformarea nu este excesivă la încărcarea de serviciu.

O structură trebuie să fie proiectată pentru a rezista tuturor încărcărilor care se preconizează că vor acționa asupra structurii în timpul duratei sale de viață. Astfel, proiectarea unei structuri necesită un echilibru între fiabilitatea necesară și economia rezonabilă.

Atunci când proiectează o structură de cadru portal din oțel, proiectantul trebuie să gestioneze mai multe probleme legate de criteriile de proiectare ULS. Proiectarea manuală poate fi utilă pentru dimensionarea inițială a elementelor, dar este ușor de recunoscut că utilizarea software-ului este o abordare mai realistă pentru o proiectare eficientă care oferă mijloacele de a obține cea mai mare eficiență structurală. Aceste probleme specifice sunt:

- analiza globală elastică, luând în considerare efectele de ordinul al doilea;
- verificarea rezistenței secțiunilor transversale;
- verificarea rezistenței la flambaj a elementelor;
- verificarea conexiunilor;
- rezistență la foc.

ÎNCĂRCĂRI

Standardele europene implementate în România SR EN 1991: Acțiuni asupra structurilor oferă informații complete despre toate acțiunile care ar trebui să fie luate în considerare în mod normal la proiectarea clădirilor și a altor lucrări de inginerie civilă. Acesta este compus din patru părți principale, prima parte fiind împărțită în

subpărți care acoperă densitățile, greutatea proprie și încărcările impuse, acțiunile datorate incendiului, zăpezii, vântului, cutremurelor, acțiunile termice, încărcările în timpul execuției și acțiunile accidentale:

- SR EN 1991-1-1:2002. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-1: Acțiuni generale - Densități, greutate proprie, încărcări impuse pentru clădiri;
- SR EN 1991-1-2:2002. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-2: Acțiuni generale - Acțiuni asupra structurilor expuse la foc;
- SR EN 1991-1-3:2003. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-3: Acțiuni generale - Încărcări de zăpadă și CR 1-1-3-2012: Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra clădirilor;
- SR EN 1991-1-4:2005. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-4: Acțiuni generale - Acțiuni ale vântului și CR 1-1-4-2012: Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii vântului asupra clădirilor;
- SR EN 1991-1-5:2003. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-5: Acțiuni generale - Acțiuni termice;
- SR EN 1991-1-6:2005. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-6: Acțiuni generale - Acțiuni în timpul execuției;
- SR EN 1991-1-7:2006. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-7: Acțiuni generale - Acțiuni accidentale.
- P100-1/2013: Codul de proiectare seismică. Partea I: Dispoziții de proiectare pentru clădiri.

Acțiunile și combinațiile de acțiuni descrise în această secțiune trebuie luate în considerare la proiectarea unei clădiri industriale cu un singur etaj care utilizează o structură din oțel. Încărcările impuse, de zăpadă și de vânt sunt indicate în SR EN 1991-1-1, 1991-1-3 și 1991-1-4. Tabelul 1 prezintă acțiunile și componentele structurale relevante.

Acțiune	Aplicat la
Greutate proprie	Învelitoare, panouri, șine, cadre, fundație
Zăpadă	Învelitoare, panouri, rame, fundație
Vânt	Învelitoare, panouri, șine, cadre, fundație, elemente de fixare
Acțiuni termice	Înveliș, structură globală
Sarcini de serviciu	Acoperișuri, panouri, cadre
Sarcinile macaralei	Grindă grinzi, cadru
Sarcini seismice	Global structură, cadre, contravântuire sistem, ancoră șuruburi, fundație
Efecte de ordinul al doilea	Contravântuiri de perete, coloane

Acțiuni permanente

Acțiunile permanente sunt greutatea proprie a structurii (de obicei considerată automată de software), oțelăria secundară și învelitoarea. Atunci când este posibil, greutatea unitară ale materialelor trebuie obținute din datele producătorului. În cazul în care informațiile nu sunt disponibile, acestea pot fi determinate din datele din SR EN 1991-1-1.

Acțiuni variabile

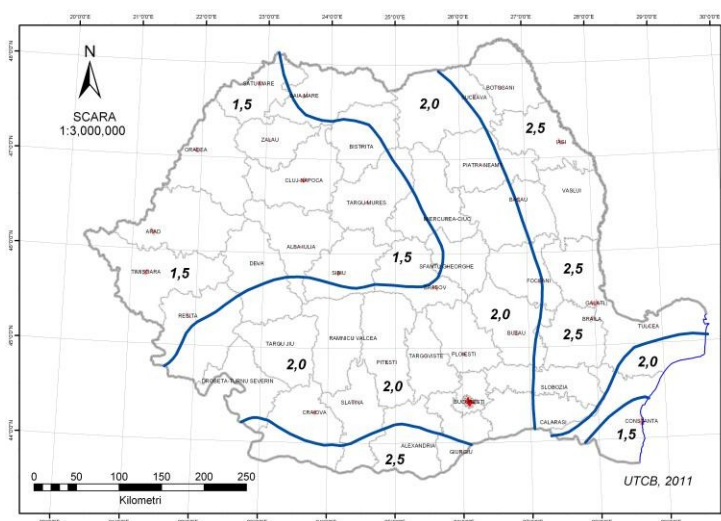
Sarcinile impuse acoperișului. Sarcina pentru acoperișurile care nu sunt accesibile decât pentru întreținere și reparații normale, cu o pantă a acoperișului mai mare de 1:20, este $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$, în timp ce pentru cele mai mici $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$. Trebuie remarcat faptul că, în conformitate cu clauza 3.3.2(1) din SR

EN 1991-1-1, nu există nicio cerință de combinare a încărcărilor impuse pe acoperișuri cu încărcările de zăpadă sau acțiunile vântului.

Sarcini de zăpadă

Sarcinile de zăpadă în România trebuie să fie determinate în conformitate cu CR 1-1-3-2012: Codul de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra clădirilor [ref] și SR EN 1991-1-3:2003, Eurocodul 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-3: Acțiuni generale - Încărcări de zăpadă și anexa sa națională.

Sarcina caracteristică a zăpezii pe sol, s_k , depinde de amplasarea amplasamentului și de altitudine. Figura prezintă harta României și valorile caracteristice pentru altitudini $A \leq 1000$ m.



Acțiuni eoliene.

Acțiunile vântului sunt prezentate în CR 1-1-4-2012 (Codul de proiectare. Evaluarea acțiunii vântului asupra clădirilor) și SR EN 1991-1-4, inclusiv anexa sa națională.

Sarcina vântului, ca acțiune variabilă unică, determină rareori dimensiunea elementelor în cadrele portal cu o singură deschidere, dar combinarea sarcinii vântului și a zăpezii este adesea critică. Forțele de ridicare ale vântului asupra învelitorii pot fi relativ mari la colțul clădirii și la streșină și coamă. În aceste zone, poate fi necesar să se reducă distanța dintre purlini și șinele laterale.

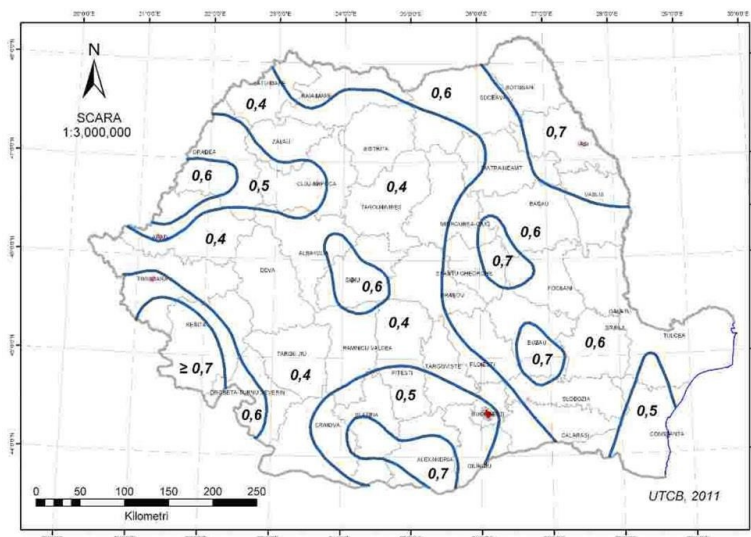
Procedura de calcul al acțiunilor vântului include următoarele etape (1) calcularea presiunii de vârf a vitezei; (2) determinarea coeficienților de presiune externă; (3) determinarea coeficienților de presiune internă; (4) calcularea factorului structural; (5) calcularea presiunii vântului pe suprafețe și a forțelor vântului.

Presiunile vântului se calculează ca produs al presiunii vitezei maxime, al factorului structural și al coeficienților de presiune. Coeficienții de presiune externă și internă sunt indicați în CR 1-1-4-2012 sau în anexa națională a SR EN 1991-1-4. Coeficienții sunt dați pentru elemente cu suprafețe încărcate de până la 1 m² și suprafețe



încărcate de peste 10

m² , cu interpolare logaritmică pentru suprafețele cuprinse între cele două. Anexa națională simplifică acest lucru, permițând utilizarea coeficienților pentru 10 m², cunoscuți sub denumirea de c_{pe} , pentru orice suprafață încărcată mai mare de 1 m².

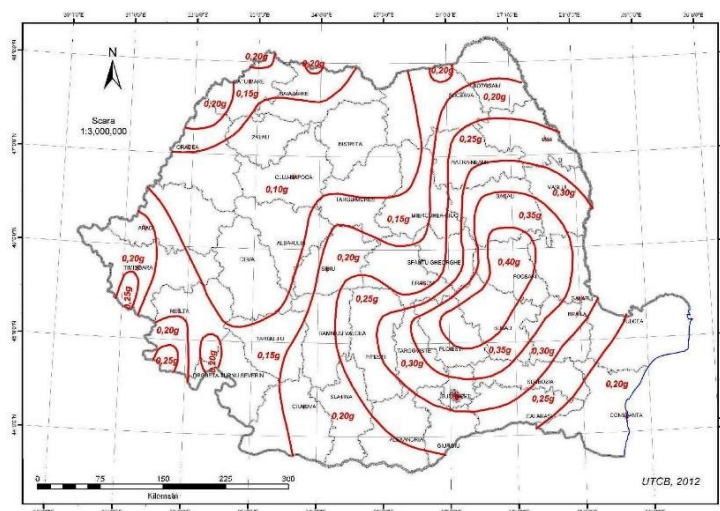


Acțiune seismică

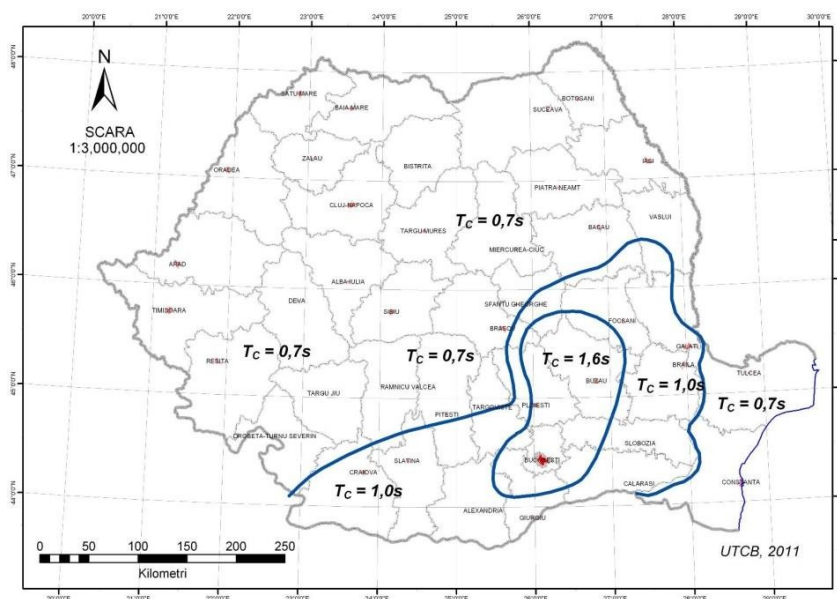
În cazul acțiunii seismice, proiectarea clădirilor trebuie făcută conform P100- 1/2013 "Cod de proiectare a clădirilor pentru rezistență la cutremur. Prevederi de proiectare pentru clădiri" [ref], teritoriul României este împărțit în zone de hazard seismic.

Nivelul de risc seismic în fiecare zonă este considerat, într-un mod simplificat, ca fiind constant. Pericolul seismic de proiectare este descris prin intermediul valorii accelerației orizontale de vârf a solului a_g , determinată pentru recurența medie (MRI) corespunzătoare stării limită ultime, valoare care este denumită în continuare "accelerația de proiectare a solului".

Accelerația de proiectare la sol, pentru fiecare zonă de risc seismic, corespunde unui interval mediu de recurență de referință de 225 de ani. Zonarea accelerației la sol de proiectare a_g în România, pentru evenimente seismice având intervalul mediu de recurență (al magnitudinii) MRI = 225 de ani, este indicată în figură și este utilizată pentru proiectarea clădirilor la starea limită ultimă.



Ținând cont atât de condițiile seismice, cât și de cele ale terenului existente în România, pentru cutremure cu MRI = 225 ani, zonarea de proiectare a teritoriului României în termeni de perioadă de control (perioadă de colț) T_C a spectrului de răspuns, obținută pe baza datelor instrumentale existente pentru componentele orizontale ale mișcării seismice, este prezentată în figura.



Imperfecțiuni

Forțele orizontale echivalente trebuie să fie luate în considerare din cauza imperfecțiunilor geometrice și structurale. În conformitate cu SR EN 1993-1-1 [ref], pentru cadrele sensibile la flambaj în modul de oscilație, efectul imperfecțiunilor ar trebui să fie luat în considerare în analiza cadrului prin intermediul unei imperfecțiuni echivalente sub forma (1) deformațiilor inițiale de oscilație; și / sau (2) imperfecțiunile individuale de arc ale elementelor.

6.3.3 - Studiu de caz: CADRU PORTAL DIN OȚEL

În ultimii ani, Building Information Modeling (BIM) a influențat profund arhitectura, ingineria și industria construcțiilor, devenind o tehnologie de informare și comunicare de vârf în acest domeniu. Unul dintre principalele avantaje ale BIM constă în capacitatea sa de a stabili o sursă unică de adevăr pentru toate părțile interesate implicate în procesul de construcție. În loc să depindă de mai multe seturi de desene și documente, toată lumea poate accesa și utiliza același model digital pentru a lua decizii în cunoștință de cauză.

Pentru activitatea noastră de învățare și pentru o mai bună înțelegere a conceptului BIM, vom încerca să îl aplicăm la nivel local prin simularea unui scenariu în biroul unui inginer de structuri. Aceasta implică schimbul continuu de informații între Scia Engineer, un software de analiză structurală și un instrument de proiectare pentru o gamă largă de structuri, Tekla Structures, utilizat pentru a construi un model 3D complet al unui cadru portal din oțel, și Idea StatiCa, care furnizează evaluări precise, inclusiv rezultatele analizelor de rezistență, rigiditate și flambaj ale îmbinărilor din oțel.

Obiectivul este de a efectua calculul structural pentru o hală industrială. Sistemul constructiv este alcătuit din cadre portal din oțel interconectate longitudinal cu grinzi metalice și contravântuite atât în planul pereților, cât și în planul acoperișului. Închiderile perimetrice vor fi construite cu panouri termoizolante verticale de 10 cm. Fundația este compusă din fundații izolate elastic cu blocuri de beton armat, în timp ce suprastructura este formată din cadre metalice plate cu o deschidere de 22,00m, prevăzute la intervalul de 5,0m.

Se presupune că participanții sunt familiarizați cu funcțiile de bază ale programelor și au parcurs tutoriale pentru începători disponibile pe site-urile web ale producătorilor.

6.3.3.1 - INGINER SCIA

Pentru a simplifica lucrurile, vom efectua o analiză structurală 2D de bază pe un cadru portal central. Cadrele portalului, fiind în primul rând structuri plane, pot fi reprezentate în mod adecvat utilizând analiza 2D. Această abordare are rolul de a face procesul mai ușor de gestionat. Etapele cheie sunt prezentate mai jos.

Cadrele portal sunt structuri rigide bidimensionale caracterizate de o îmbinare fixă între stâlp și grindă. Obiectivul principal al acestei forme de proiectare este de a reduce momentul de îndoire în grindă, ceea ce permite cadrului să acționeze ca o singură unitate structurală.

Teoria elastică servește drept bază predominantă pentru analiza structurilor generale. Sub acțiunea unei sarcini, aceste structuri își mențin elasticitatea, asigurând că traseele sarcinii rămân constante indiferent de magnitudinea sarcinii, iar deformările sunt direct proporționale cu sarcina.

În acest model, elementele de grindă sunt reprezentate prin linii, care indică axele

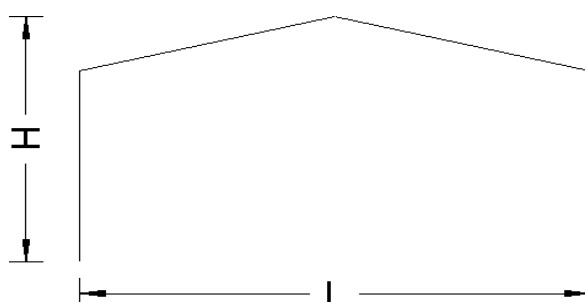


elementelor. Este esențial ca aceste linii să treacă prin centroidul secțiunilor transversale ale

grinzilor și stâlpilor. În consecință, lungimea efectivă a deschiderii cadrului portal este determinată de distanța dintre axele centroidale ale stâlpilor.

În multe cadre portal, sporirea rezistenței căpriorilor la streășină se realizează prin încorporarea de coame, care sunt secțiuni conice ale căpriorilor. Includerea coamei nu numai că sporește rigiditatea generală a cadrului, dar are și potențialul de a reduce deplasările.

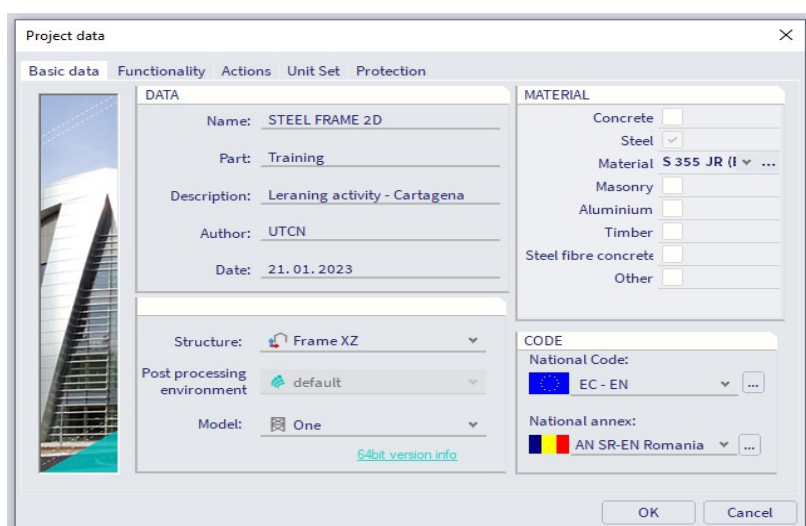
Următoarele dimensiuni au fost luate în considerare pentru proiectarea structurală a cadrului portal:



- Întindere: $L = 22$ m
- Înălțime: $H = 7,4$ m
- Baia: $B = 5$ m
- Panta acoperișului: 6°
- Coloană: HEA 300
- Grindă: IPE 400

Pasul 1. Începerea unui proiect nou:

După deschiderea programului în setările proiectului, veți defini datele generale, cum ar fi numele, tipul de structură, veți selecta materialul și veți specifica codul național și anexa.

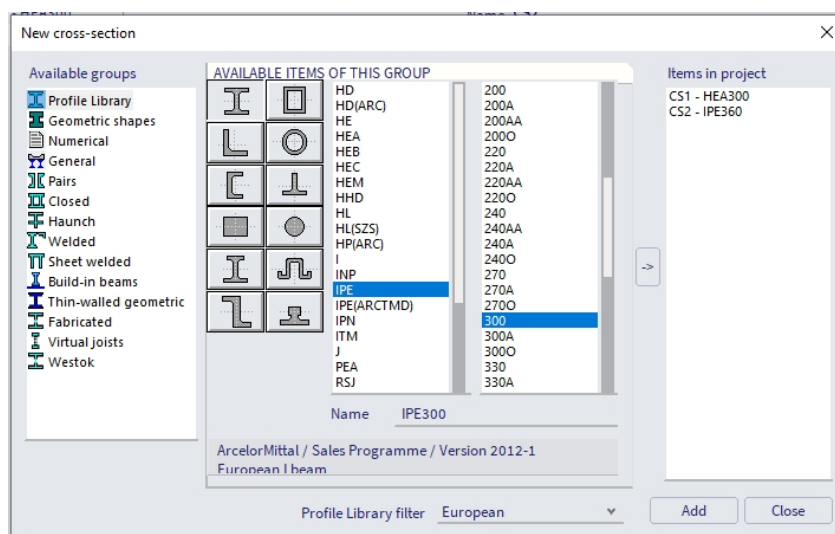


Etapa 2. Introducerea geometriei

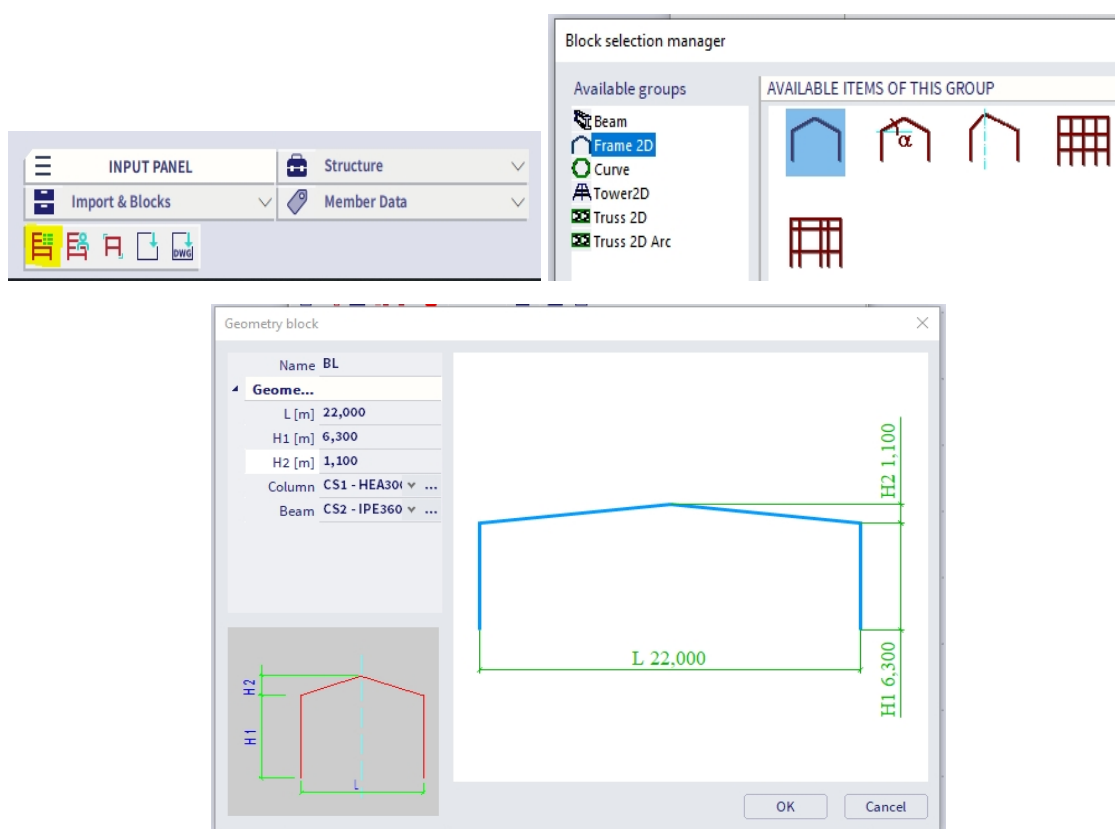
S.2.1. Secțiuni transversale: Atunci când se introduc unul sau mai mulți membri 1D, fiecărui membru i se atribuie imediat o secțiune transversală. În mod implicit, este reprezentată secțiunea transversală activă. Puteți deschide biblioteca de profiluri



pentru a activa o altă secțiune transversală.



S.2.2. Geometrie: Puteți utiliza coloane și grinzi simple pentru a intra în cadru, dar SCIA Engineer oferă, de asemenea, mai multe blocuri Catalog, permițând o intrare lină și simplă a structurii.



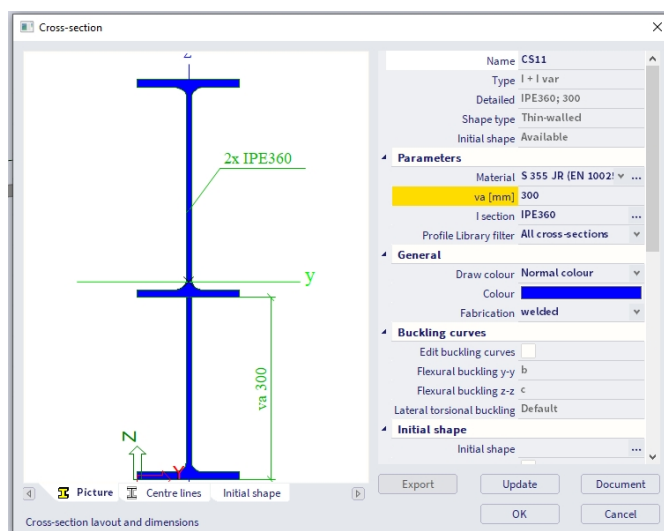
S.2.3. Date suplimentare: Structura este complet configurată. Acum, putem finaliza introducerea geometriei prin adăugarea condițiilor de capăt, introducerea de cotiere, balamale și suporturi.

S.2.3.1. Muchiile: În acest proiect SCIA Engineer, fiecare membru este modelat ca fiind prismatic, cu o secțiune transversală constantă, cu excepția cazului în care este specificată o falcă. Grinzile de acoperiș au fost încorporate în proiectare. Aceste falduri

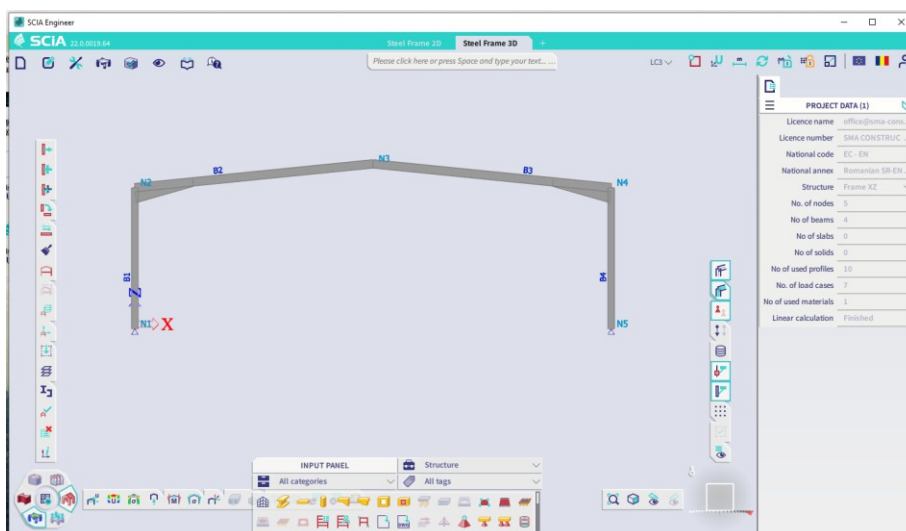


sunt caracterizate prin

doi parametri-cheie: o secțiune transversală cu o înălțime variabilă și o lungime specificată, pe care înălțimea poate varia cu până la 0 unități. Secțiunea transversală selectată combină elemente ale unei secțiuni I și ale unei secțiuni variabile, denumită I + I var.



S.2.3.2. Balamale: În SCIA Engineer, fiecare nod în care se conectează două sau mai multe elemente este considerat fix, până când este introdusă o balama și sunt eliberate unele translații și/sau rotații. Introducerea geometriei poate fi completată cu suporturi. Bazele stâlpilor sunt modelate cu balamale cu știfturi care permit rotația fără a transmite momente.



Pasul 3. Verificarea structurii

După introducerea geometriei, structura este verificată pentru noduri duplicate, grinzi zero, elemente duplicate, referințe greșite ale balamalelor sau suporturilor.

Etapa 4. Cazuri de încărcare și grupuri de încărcare

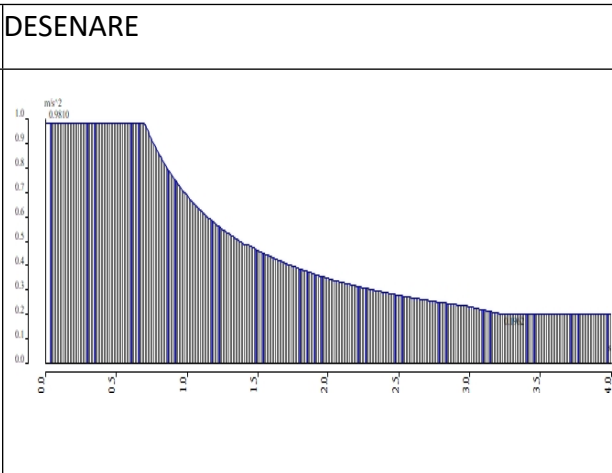
Fiecare sarcină este atribuită unui caz de sarcină cu proprietăți care sunt determinante pentru generarea automată a combinațiilor. Tipul de acțiune al unui caz de sarcină poate fi permanent sau variabil.

Fiecare caz de sarcină este asociat cu un grup de sarcină. Grupul de sarcină conține informații privind categoria sarcinii (sarcină de serviciu, vânt, zăpadă) și aspectul său (implicit, împreună, exclusiv). Într-un grup de încărcare exclusiv, diferitele cazuri de încărcare atribuite acestui grup de încărcare nu pot acționa împreună într-o singură combinație atunci când se utilizează combinații de plicuri sau combinații de coduri.

Cazuri de încărcare:

GRUP	NUME
Grup mort	LC1-Self greutate
	LC2-Permanent: 0.8kN/m
Grup de zăpadă	LC3-Snow: 1.2kN/m
Grup de vânt	LC4-Vânt
Grup seismic	LC5-Seism

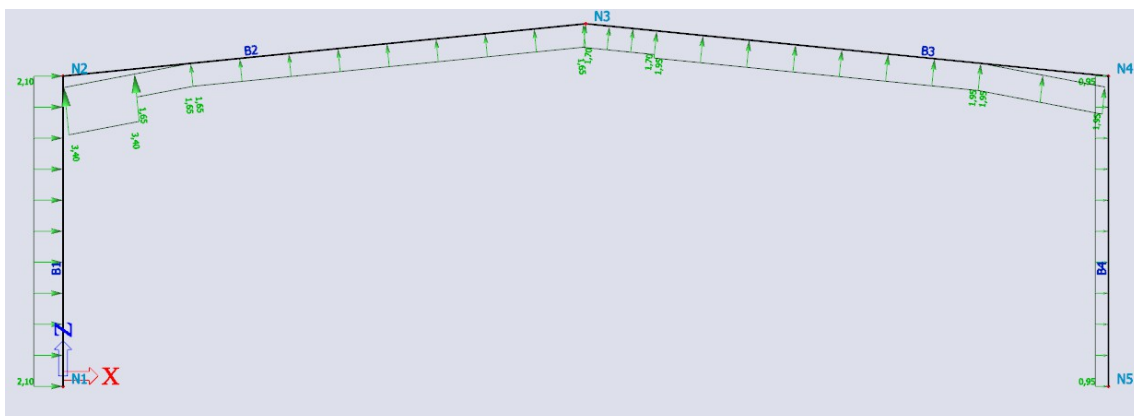
Spectrul seismic:

INFO	DESENARE
Cod tip - standard românesc Tip spectru -Horizontal Localitate - Cluj-Napoca Gamma - factor de importanță - 1 coeficient acceler. a_g - 0,1 a_g -acclerația nominală - 0,981 TB - 0,14 / TC - 0,7 / TD - 3 beta0 - 2.5 q factor de comportament - 2,5	

Grupuri de masă:

NUME	CAZ DE ÎNCĂRCARE	DESCRIERE
MG1	LC1 - Greutate proprie	Masă cu greutate proprie
MG2	LC2 - Mort	Masa moartă
MG3	LC3 - Zăpadă	Masa zăpezii

Sarcina vântului: În timp ce Scia Engineer oferă o funcție de vânt 3D integrată, pentru analiza noastră structurală 2D, am derivat forțele vântului și le-am aplicat ca forțe liniare pe elementele respective.



Combițiile: Sunt create două combinații automate de coduri, una pentru starea limită ultimă și una pentru starea de service ultimă.

Etapa 5. Analiza liniară:

Odată ce modelul de calcul este complet pregătit, inițiați procesul de calcul. Asigurați-vă că toate entitățile sunt interconectate corespunzător și că configurarea ochiurilor este activată. După analiză, o fereastră de notificare va confirma finalizarea calculului, furnizând valorile maxime de deformare și rotație pentru cazul de încărcare normativ.

Etapa 6. Rezultate

S.6.1. Reacții

Calcul liniar, Extreme: Selecție globală:

Toate

Clasa: Clasa ULS

SUPPORT	CASE	Rx[kN]	Rz[kN]	My[kNm]
Sn2/N1	ULS-Set B(auto)/1	81.64	177.98	0.00
Sn2/N1	ULS-Set B(auto)/2	-7	22.14	0.00
Sn1/N5	ULS-Set B(auto)/1	-81.64	177.98	0.00

S.6.2. Forțe interne asupra membrului

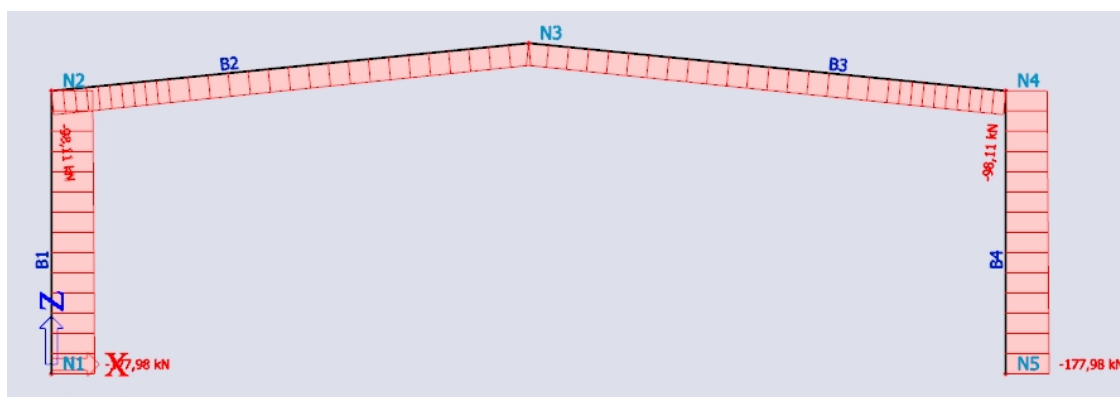
Calcul liniar, Extreme: Selecție globală:

Toate

Clasa: Clasa ULS

MEMBRI	CASE	N [kN]	Vz [kN]	Meu [kNm]
B1	ULS-Set B (auto)/1	-15,91	-13,54	-21,32
B1	ULS-Set B (auto)/2	-177,98	-81,64	0
B1	ULS-Set B (auto)/1	-22,14	7	0
B1	ULS-Set B (auto)/2	-169,57	-81,64	-532,28
B1	ULS-Set B (auto)/1	-19,92	-0,34	7,76
B2	ULS-Set B (auto)/1	-9,85	-6,37	39,55
B2	ULS-Set B (auto)/3	-80,51	-11,82	262,98
B2	ULS-Set B (auto)/2	-98,11	160,61	-516,01
B2	ULS-Set B (auto)/2	-91,37	-2,03	302,86
B3	ULS-Set B (auto)/1	-10,92	4,29	39,55
B3	ULS-Set B (auto)/2	-91,08	-9,11	300,28
B3	ULS-Set B (auto)/2	-98,11	160,61	-516,01
B3	ULS-Set B (auto)/2	-91,37	-2,03	302,86
B4	ULS-Set B (auto)/1	-26,17	13,58	118,86
B4	ULS-Set B (auto)/2	-177,98	81,64	0
B4	ULS-Set B (auto)/2	-169,57	81,64	532,28

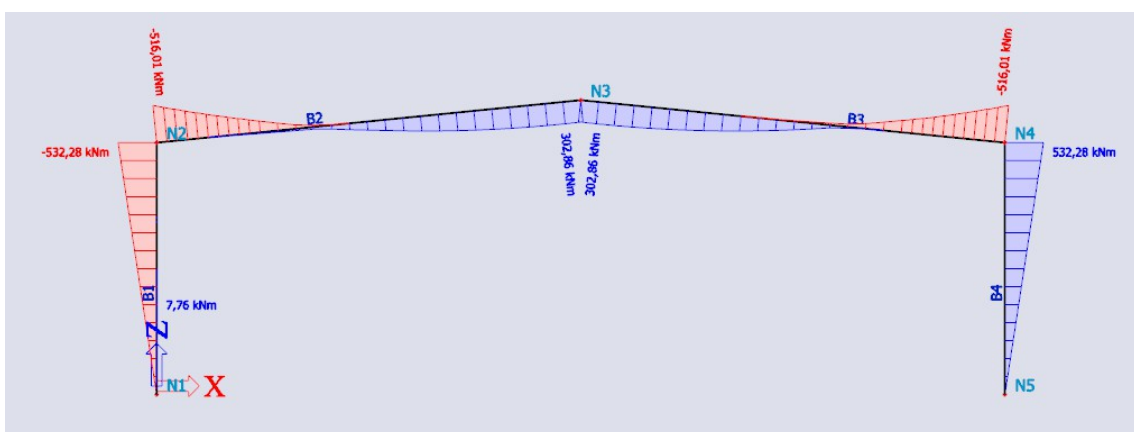
Forța axială N:



Forțe de forfecare Vz:



Momentul meu:

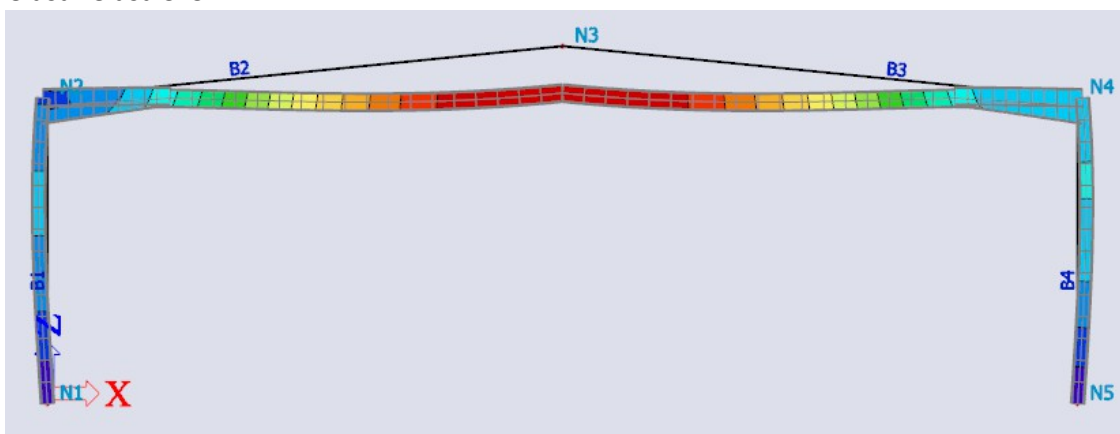


S.6.3. Deformații 3D

Calcul liniar, Extreme: Selecție globală:

Toate

Clasa: Clasa SLS



Etapa 7. Verificarea codurilor

Modulele pentru oțel includ o serie de instrumente pentru efectuarea calculelor pentru oțel în conformitate cu codul de proiectare ales. Posibilitățile sunt următoarele:

- introducerea de date privind oțelul pentru fiecare membru;
- introducerea și manipularea datelor de deformare;
- aportul de rigidizări, rețineri la flambaj lateral-torsional, tablă de oțel, ...;
- efectuarea unei verificări a unității ULS;
- optimizarea secțiunii transversale;
- efectuarea unei verificări a unității SLS;
- efectuarea unei verificări a rezistenței la foc;
- introducerea, calcularea și crearea de desene pentru conexiuni;

Pentru detalii suplimentare privind calculele avansate ale oțelului, cum ar fi analiza de ordinul 2 și verificările rezistenței la foc, puteți consulta Trainingul avansat pentru oțel furnizat de producătorul programului.

După efectuarea unei analize elastice pe o structură cu un singur etaj, este imperativ să se verifice elementele cadrului, luând în considerare atât rezistența secțiunii transversale, cât și rezistența la flambare a elementelor, denumită în mod obișnuit stabilitatea elementelor. Procesul de proiectare a elementelor din oțel trebuie să respecte cu strictețe liniile directoare prezentate în SR EN 1990 [ref] și SR EN 1993-1-1 [ref].

S.7.1 Parametrii de forfecare

Stâlpii și căpriorii cadrelor portal sunt supuși la forțe axiale și momente de încovoiere combinate. În consecință, verificările elementelor implică rezistența la flambaj prin flexiune în/în afara planului, rezistența la flambaj lateral-torsional și rezistența elementelor la forță axială și încovoiere combinate. Componentele secundare (panouri și șine, contravânturi zburătoare, grinzi longitudinale) sunt utilizate pentru a oferi rețineri intermediare, pentru a reduce lungimea segmentelor, crescând atât rezistența la flambaj prin flexiune, cât și la flambaj prin torsiune laterală.

Înainte de a efectua verificările codului oțelului, este esențial să se atribue parametrii de flambaj pentru căpriori în funcție de poziția panourilor.

S.7.2 Verificarea codului oțelului

Verificarea unității ULS (Ultimate Limit State) include atât o verificare a secțiunii, cât și o verificare a stabilității.

Raportul detaliat în urma verificărilor ULS (Ultimate Limit State) a arătat că stâlpul nu îndeplinește verificarea combinată pentru încovoiere, forță axială și forță de forfecare în conformitate cu EN 1993-1-1. SCIA Engineer permite o optimizare simplă și fără probleme a secțiunii de oțel, indiferent dacă aceasta nu satisface sau dacă este prea "grea" și supradimensionată. Programul sugerează automat o secțiune care satisface

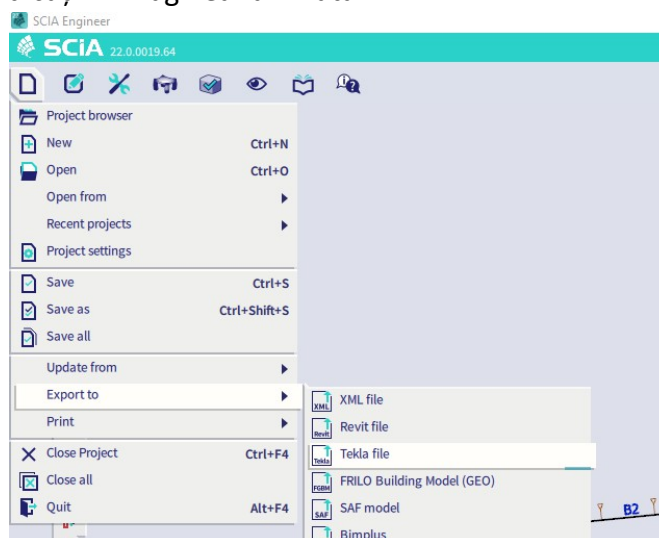


verificarea unității; în scenariul nostru, a fost recomandată o secțiune HEA320.

După efectuarea verificărilor privind starea limită ultimă (ULS) și starea limită de funcționare (SLS), care includ compararea deformațiilor relative cu limitele de deformare predefinite stabilite fie în setările pentru oțel, fie prin intermediul lungimilor sistemului și al setărilor pentru flambaj, a fost aleasă o grindă IPE400 cu o coamă cu o înălțime de 365 mm și o lungime de 2,7 m.

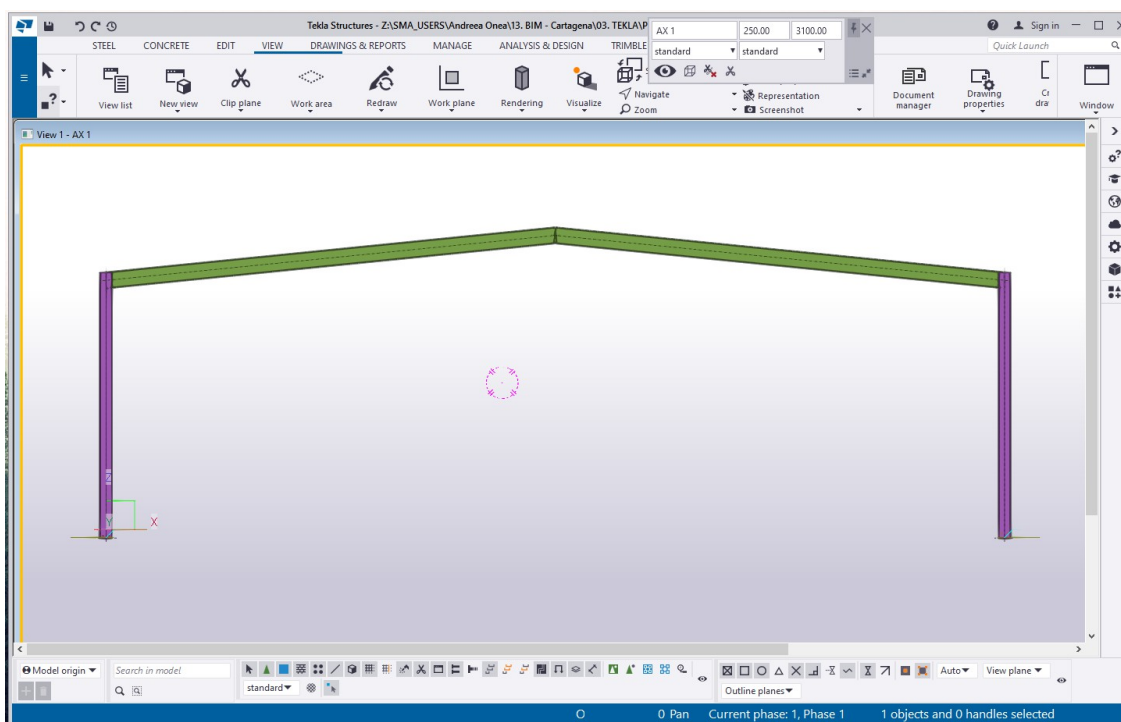
Pasul 8. Export către Tekla

- Deschideți fișierul ESA în Scia Engineer.
- Urmați pașii indicați în imaginea furnizată.



- Salvați fișierul în format s2t (Scia to Tekla) pentru export.
- Importați S2t în Tekla Structures

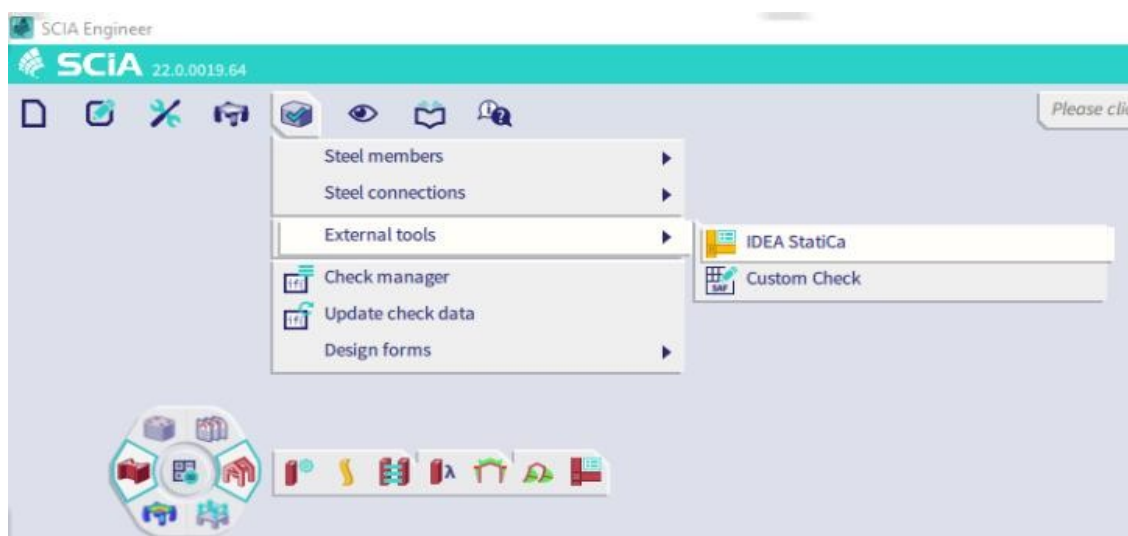
Atunci când exportați fișiere din Scia Engineer în Tekla Structures, coamele nu sunt recunoscute. În Tekla Structures, brațele sunt considerate componente ale îmbinărilor.



Pasul 9. Exportați în Idea Statica

Pentru a proiecta și verifica codul unei conexiuni structurale din oțel utilizând legătura BIM între SCIA Engineer și Idea StatiCa Connection, trebuie să activați legăturile BIM pentru software-ul instalat în programul de instalare a legăturilor BIM.

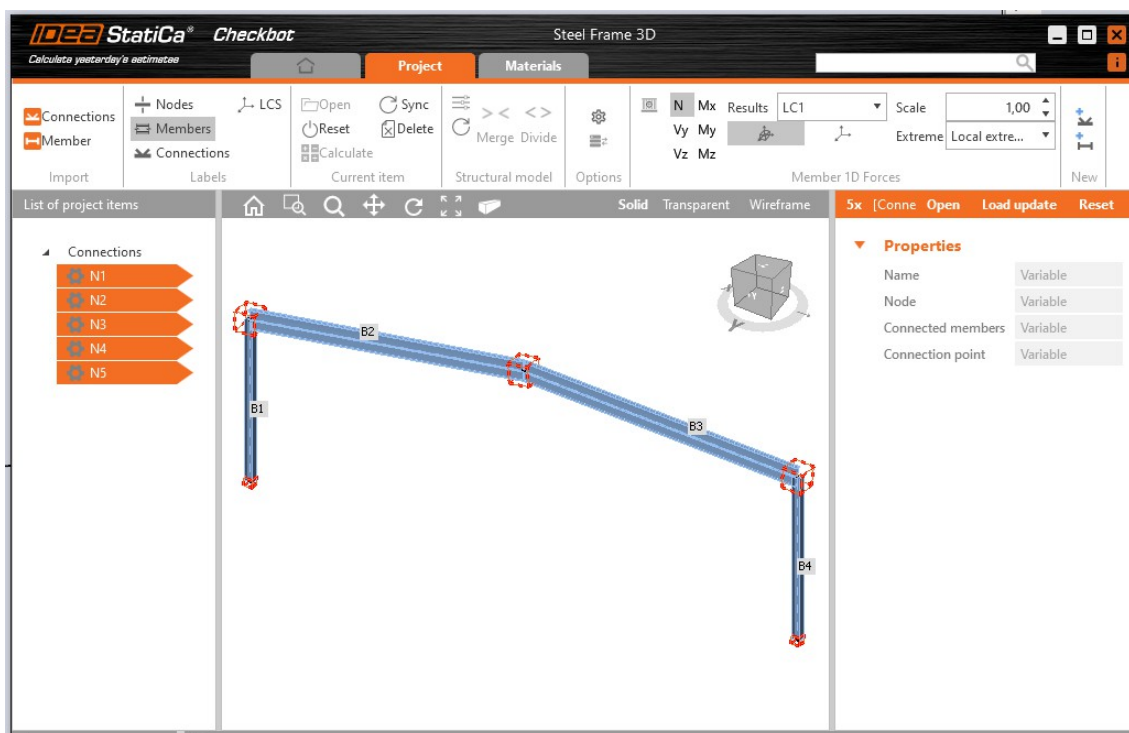
Odată ce analiza liniară este finalizată și ați obținut secțiunile transversale ale elementelor împreună cu forțele interne care acționează asupra structurii, urmați acești pași:



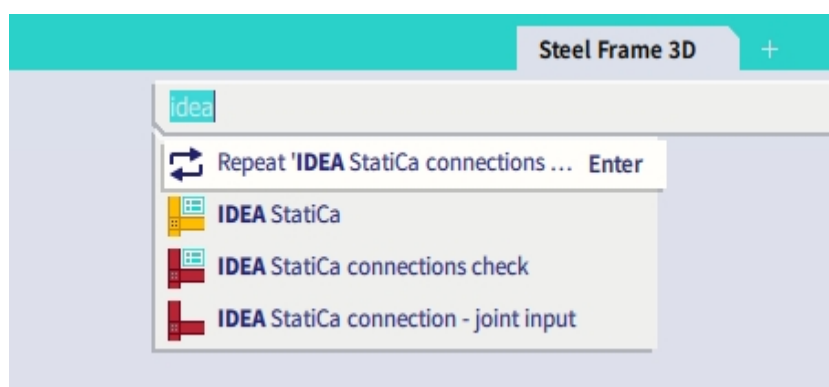
Această opțiune va lansa aplicația Checkbot. Selectați opțiunea "Nou" cu tipul de proiect "Oțel" și codul de proiectare "EN". Apoi, faceți clic pe "Create project" (Creare proiect). Noul proiect Checkbot este acum pregătit pentru a importa conexiuni din



SCIA Engineer.

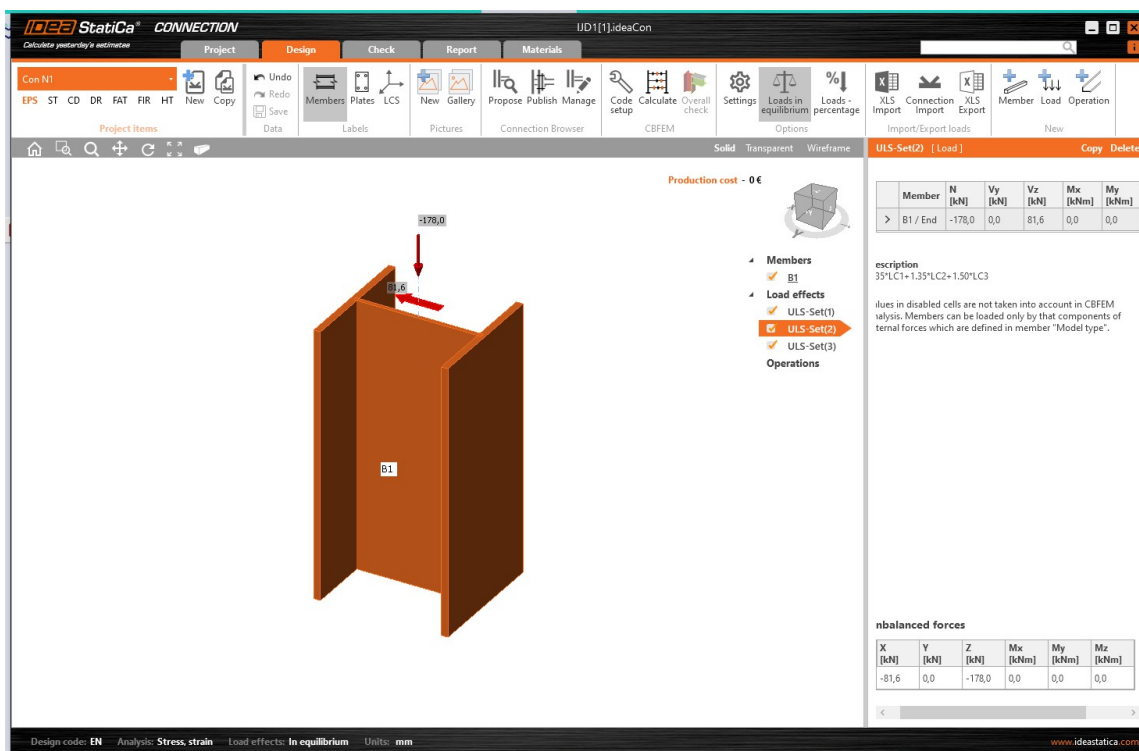


Pentru diverse soluții FEA/BIM, puteți importa conexiuni multiple în Checkbot prin selectarea mai multor noduri și elemente utilizând metodele de selecție ale aplicației. Vă recomandăm să nu importați toate conexiunile dintr-o dată, ci mai degrabă să le creați progresiv. Puteți utiliza Idea StatiCa Connection - Joint Input pentru a defini o conexiune în Scia Engineer, care va fi exportată cu ajutorul Idea StatiCa Connections Check

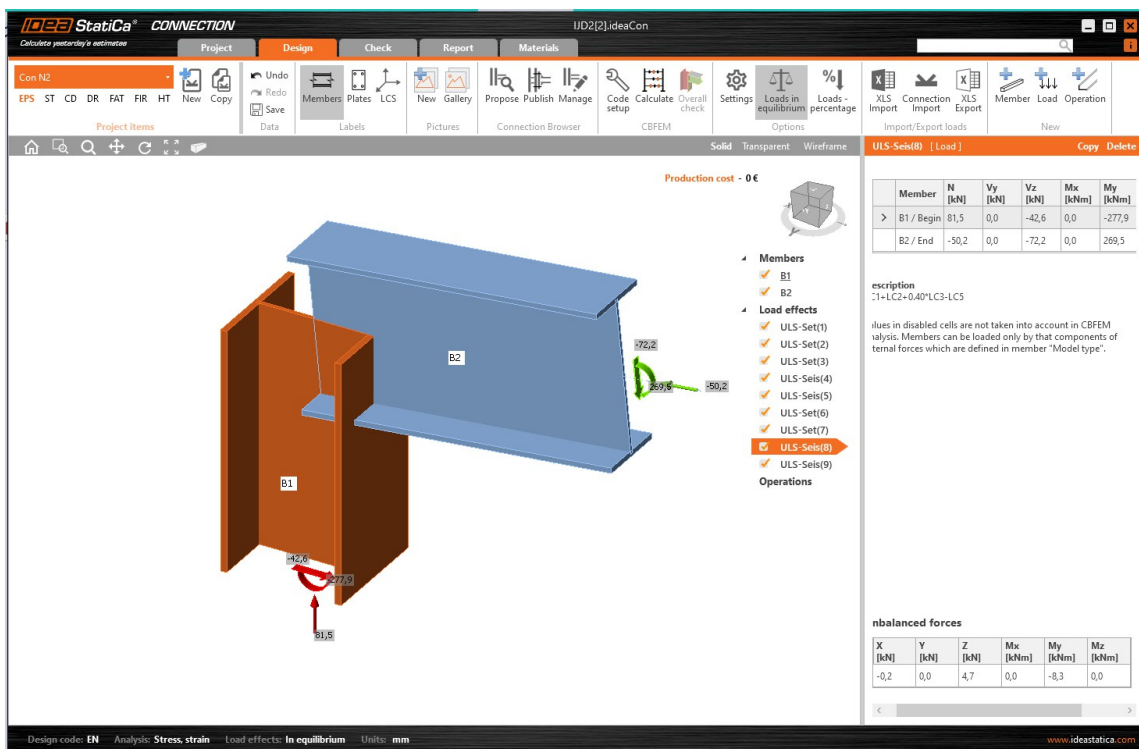


După parcurgerea acestor pași, în Idea StatiCa, vom avea elementele care trebuie îmbinate (grinzi, stâlpi), precum și sarcinile necesare pentru dimensionarea îmbinării.

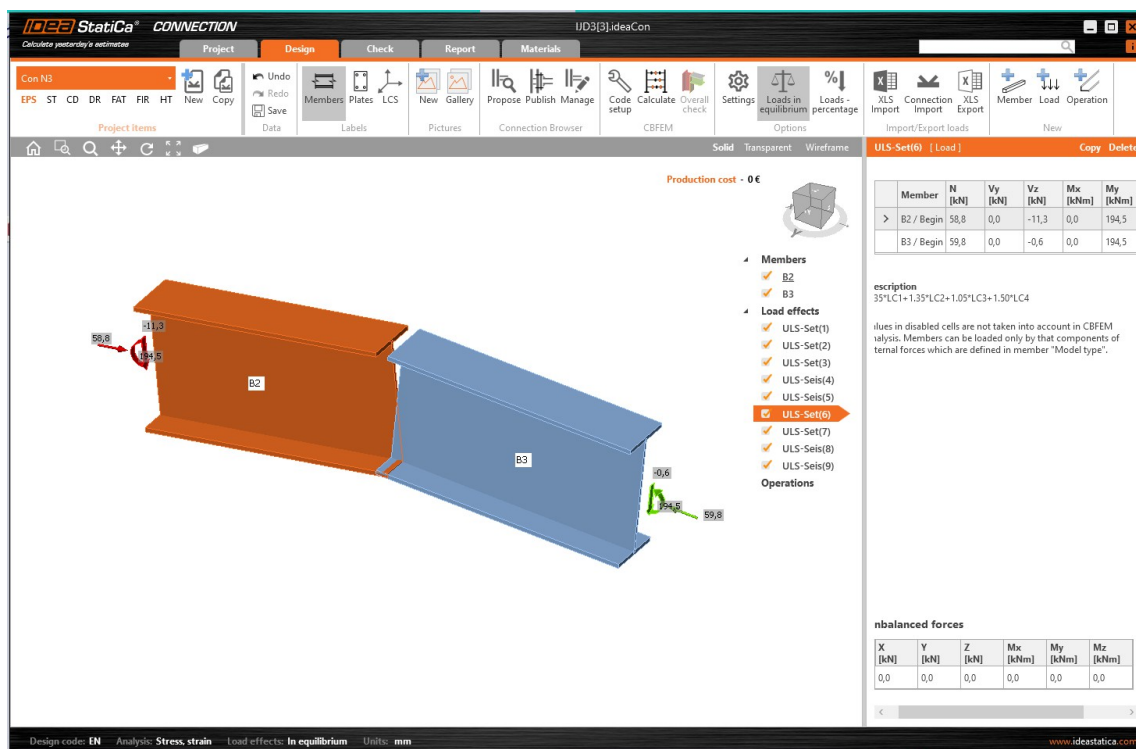
Conexiuni coloană-bază:



Racorduri la streășină:



Conexiuni Apex:



6.3.3.2 - STRUCTURI TEKLA:

Îmbinările într-un cadru portal sunt cele de la streșină și de la vârf, care trebuie să fie ambele rezistente la moment, și îmbinările stâlp-bază. Conexiunea de la streșină, în special, este, în general, supusă unui moment încovoietor de proiectare foarte mare. Atât racordurile de la streșină, cât și cele de la vârf sunt susceptibile de a se confrunta cu o inversare a sarcinii în anumite situații de proiectare, iar acest lucru poate fi un aspect important de proiectare pentru racord. În majoritatea cazurilor, conexiunile stâlp-bază sunt prevăzute cu pini nominali, din cauza dificultății și a cheltuielilor legate de asigurarea unei baze rigide.

Conexiuni coloană-bază: Îmbinările cu pivoți sunt soluția cea mai frecventă, din cauza dificultății și a cheltuielilor aferente asigurării unei baze rigide. O bază rigidă ar implica un detaliu de oțelărie mai costisitor și, mai important, fundația ar trebui să reziste, de asemenea, momentului, ceea ce crește semnificativ costurile fundației în comparație cu o bază cu pini nominali.

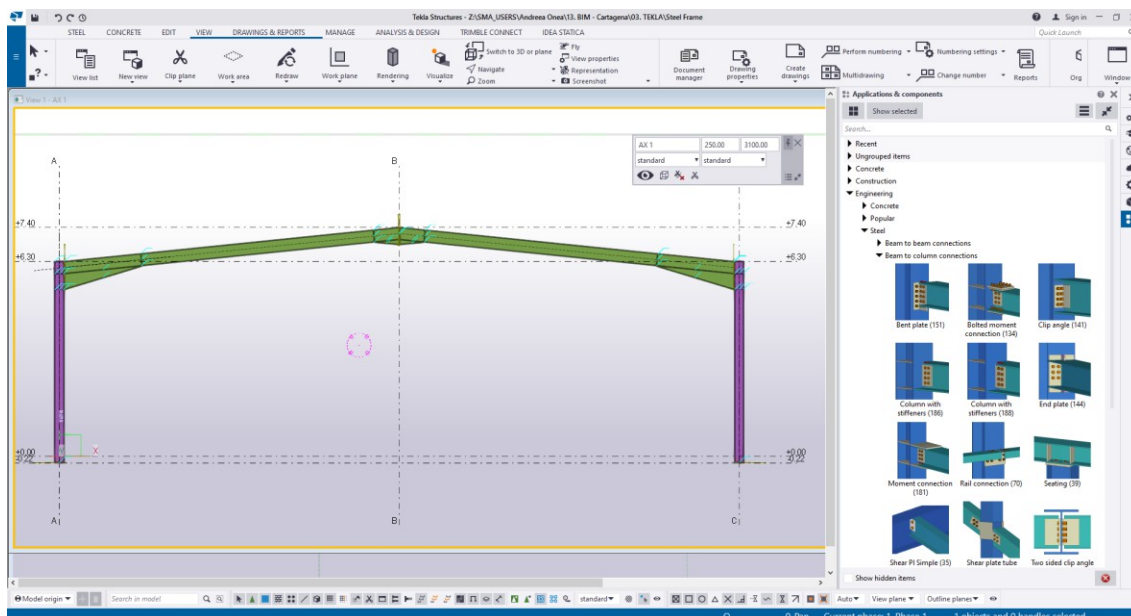
Îmbinări la streșină: În plus față de creșterea rezistenței la încovoiere a căpriorului, coama crește brațele de pârghie ale șuruburilor din zona de tensiune. În general, bolțurile din zona de tracțiune (bolțurile superioare sub sarcină gravitațională) sunt alocate nominal numai pentru a suporta tensiunea, în timp ce bolțurile inferioare (adiacente rigidizatorului de compresie) sunt alocate nominal numai pentru a suporta forfecarea verticală, care este în general modestă. Forța de compresie este transferată la nivelul flanșei inferioare.



Îmbinări de tip Apex: Sub sarcină gravitațională, partea inferioară a conexiunii este în tensiune. Coama de sub căpriori servește la creșterea brațelor de pârghie la șuruburile de tensiune,

crescând astfel rezistența la moment. Coama este de obicei mică și scurtă și nu este luată în considerare în analiza globală a cadrului.

În Tekla Structures, deschideți proiectul exportat din SCIA Engineer. Apoi, selectați o conexiune predefinită din "Aplicații și componente" și ajustați parametrii acesteia după cum este necesar. Structura noastră va arăta astfel:

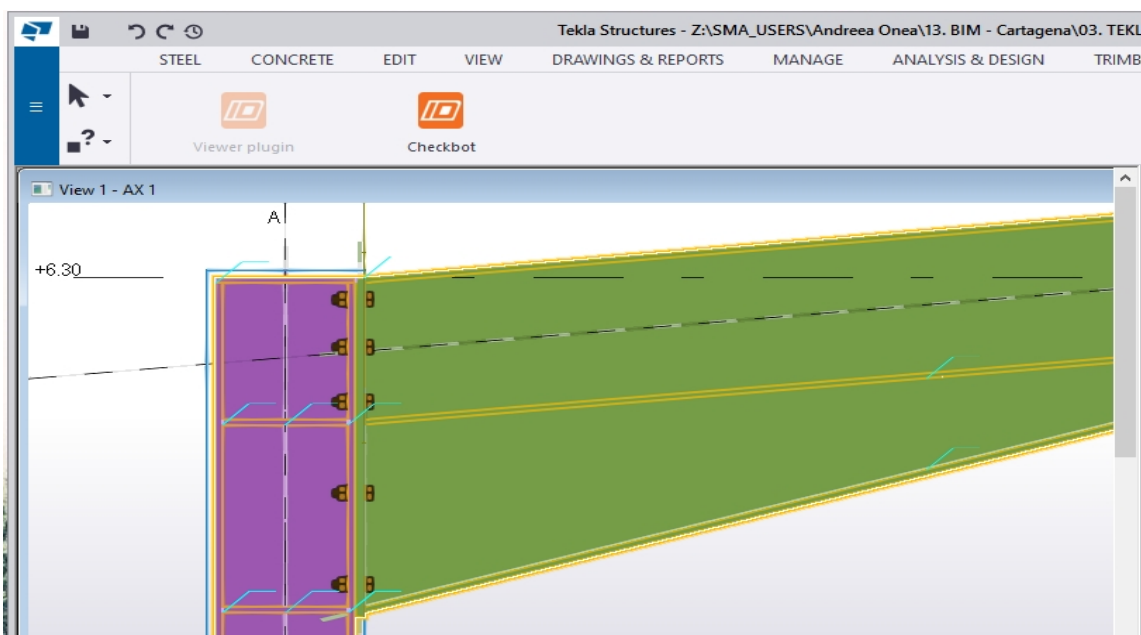


EXPORT CĂTRE IDEA STATICA

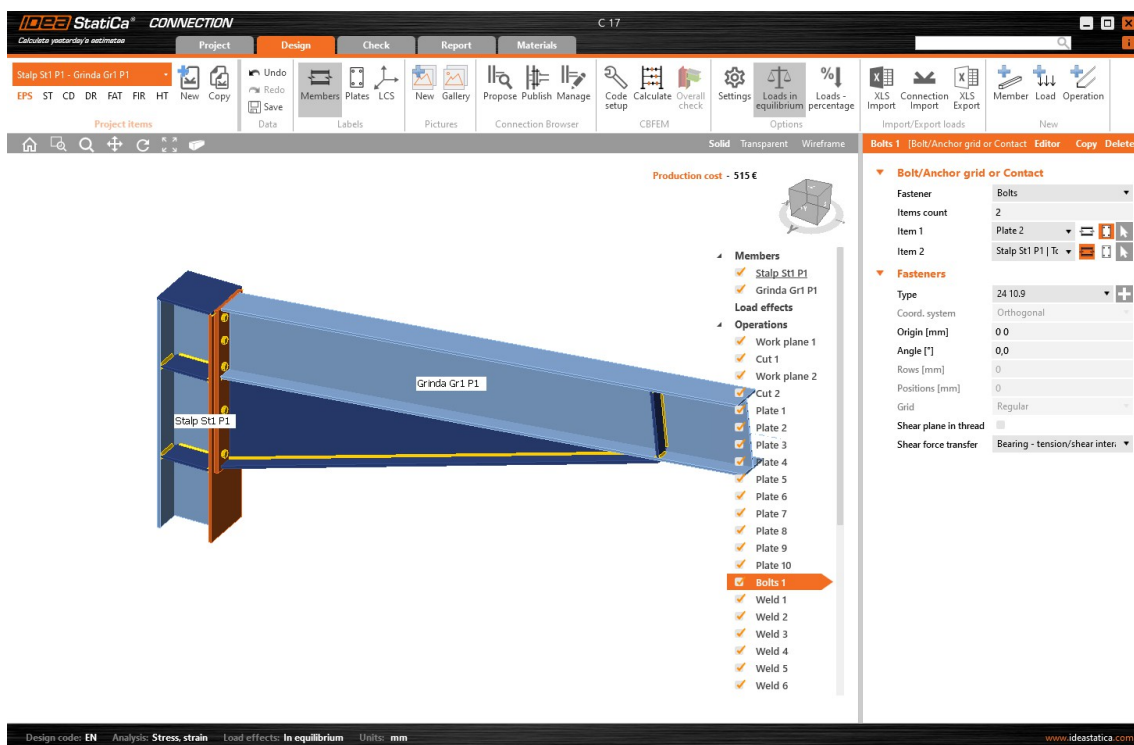
Idea StatiCa se integrează perfect cu Tekla Structures, permițându-vă să transferați în mod convenabil conexiuni de oțel și date despre elemente pentru proiectarea structurală. Acestea includ grinzi, secțiuni transversale și diverse operațiuni precum șuruburi, găuri, suduri și tăieturi. În plus, sincronizarea asigură că orice modificări în modelul Tekla Structures sunt reflectate în Idea StatiCa.

Instalarea ambelor aplicații pe același PC este tot ce aveți nevoie pentru a începe. Idea StatiCa va detecta automat Tekla Structures și va activa plugin-ul, permițându-vă să exportați și să calculați conexiunile din oțel fără nicio dificultate.

După proiectarea conexiunii din oțel, navigați la fila Idea StatiCa din panglica de sus și selectați Checkbot . Acest instrument vă va ajuta să exportați conexiunea dumneavoastră.



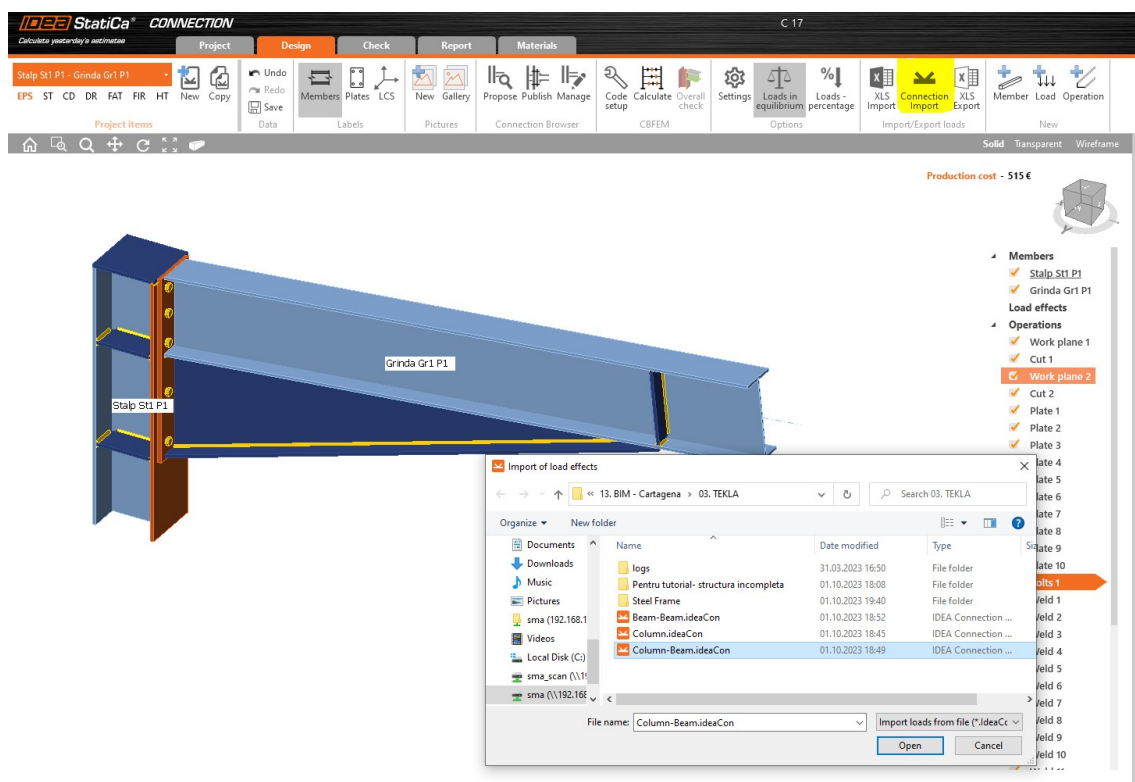
Mai întâi, selectați nodul care va reprezenta nodul structural al îmbinării. Confirmați selecția apăsând bara de spațiu de pe tastatură. În etapa următoare, alegeți elementele. Membrul ales inițial va fi desemnat ca fiind cel portant (care poate fi modificat ulterior). Odată ce toate membrele sunt selectate, confirmați cu bara de spațiu. În cele din urmă, selectați toate componentele rămase ale conexiunii, cum ar fi plăcile, șuruburile și sudurile, și confirmați din nou cu bara de spațiu. Conexiunea din Ideia StatiCa arată astfel:



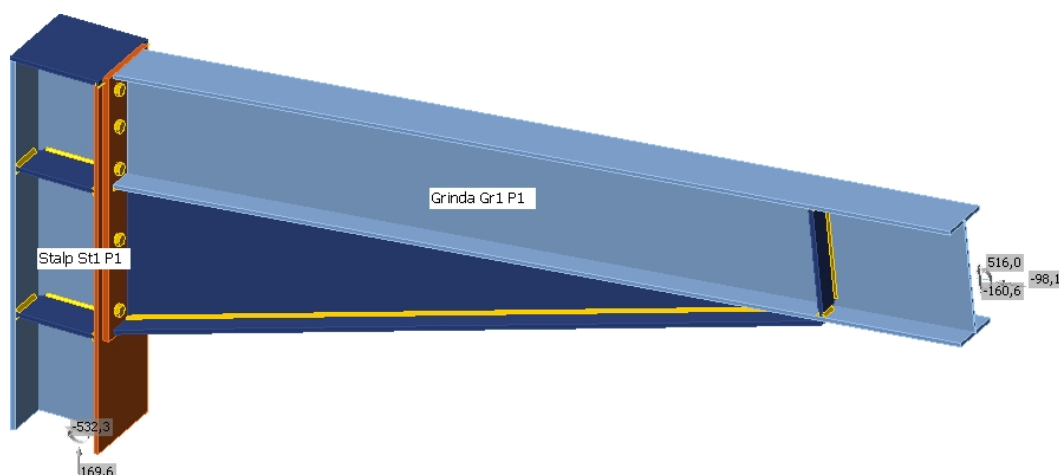
6.3.3.2 - IDEE STATICĂ:

Păstrați deschis modelul de conexiune importat din Tekla Structures. Îl puteți redeschide oricând în CCM în Tekla Structures.

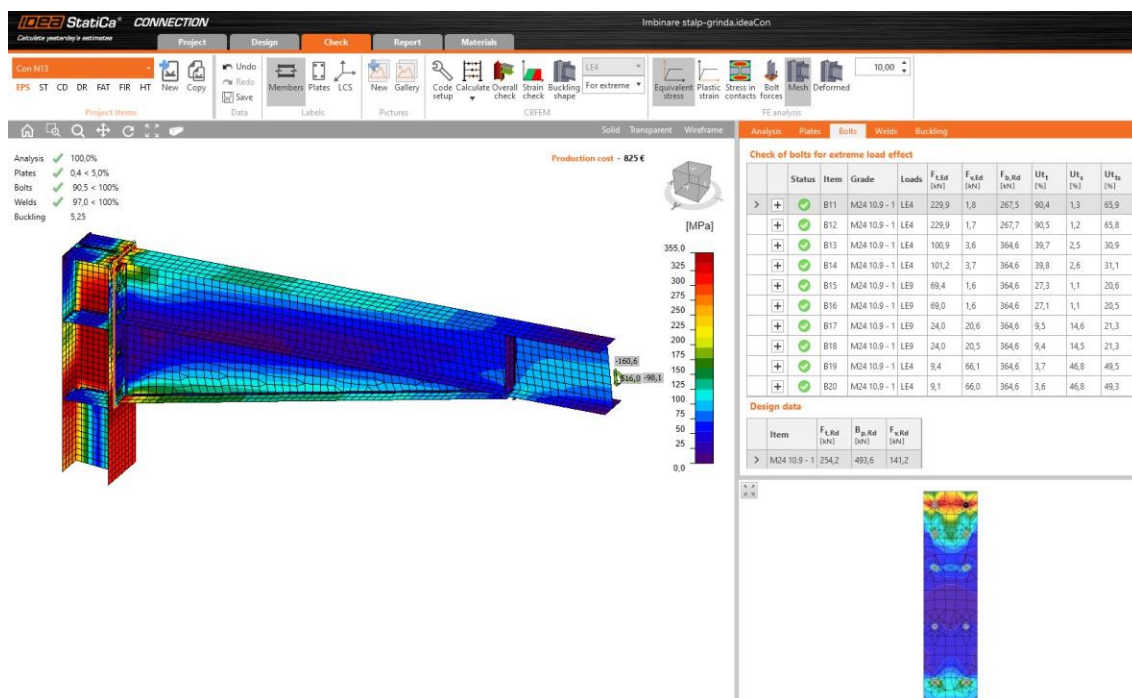
Selectați comanda "Import conexiune" și localizați calea către modelul de conexiune Scia Engineer exportat anterior.



Efectele sarcinii au fost importate cu succes și atribuite în mod corespunzător elementelor. Sarcinile sunt echilibrate, asigurându-se că articulația se află într-o stare de echilibru.



Pentru a începe analiza, inițiați procesul făcând clic pe butonul "Calculare". Modelul de analiză va fi generat automat, iar calculul va fi efectuat. După aceea, veți putea vizualiza verificarea globală, împreună cu valorile de bază ale rezultatelor verificării. Navigați la fila "Display" și activați opțiunile "Equivalent Stress" și "Mesh Model View" din panglică. Acest lucru va oferi o reprezentare vizuală cuprinzătoare a ceea ce se întâmplă în îmbinare. Pentru o examinare mai detaliată a șuruburilor, extindeți detaliile șurubului B3 făcând clic pe pictograma plus asociată cu acesta. Acest pas vă va oferi o perspectivă mai profundă asupra performanței acestui bolț specific.

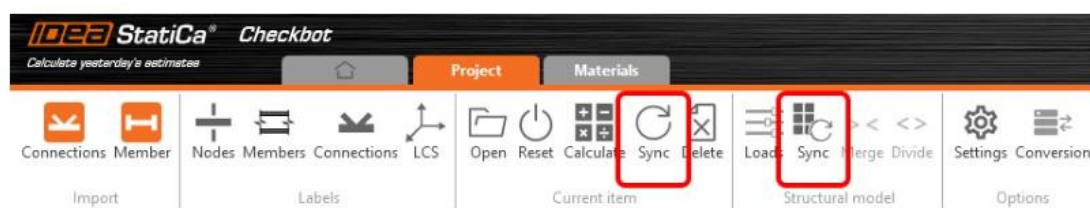


Sincronizarea modelelor în Idea Statica implică un proces iterativ de aranjare a componentelor structurale și a efectelor de încărcare într-un mod care satisface cerințele de verificare a codurilor.

Uneori, există modificări în modelul FEA/BIM, cum ar fi dimensiuni diferite ale secțiunilor membrelor sau sarcini. Acestea pot fi sincronizate între Checkbot și modelul FEA/BIM.

Există două alternative posibile:

- Sincronizați elementul curent (dacă sunt selectate una sau mai multe articulații)
- Sincronizarea întregului model structural importat



6.4 - Analiza LCA

Evaluarea ciclului de viață (LCA) pentru structura din oțel a fost realizată utilizând programul Open Click. Acest software a permis o analiză detaliată a impactului asupra mediului asociat cu structura. Prin utilizarea Open Click, evaluarea a putut capta date din diferite etape ale ciclului de viață al structurii din oțel, oferind informații valoroase privind durabilitatea acesteia.

7 - Analiza diferitelor alternative studiate

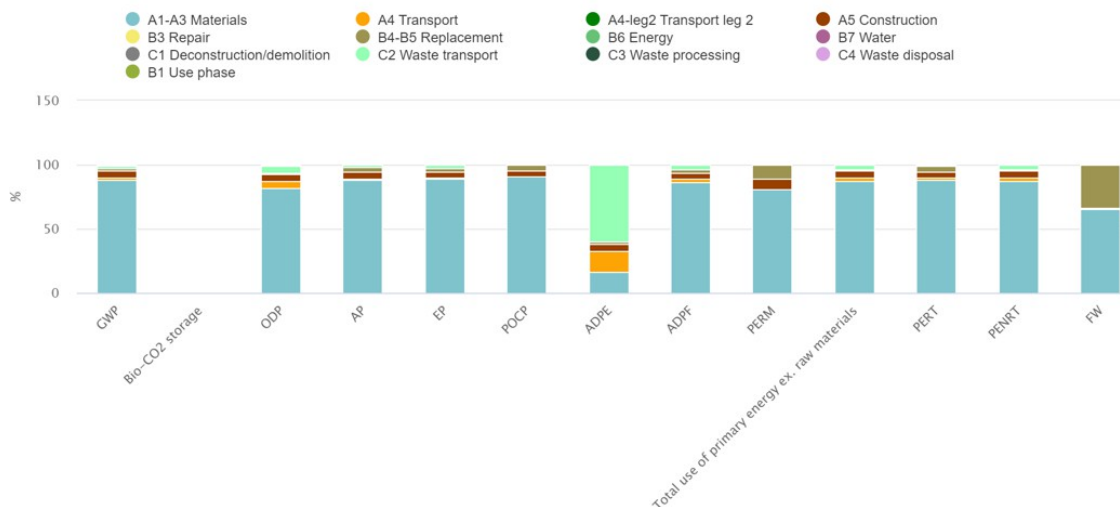
Scopul principal este de a compara trei analize diferite ale unei structuri din oțel. Analiza inițială examinează structura construită folosind materiale nereciclate (fundații, grinzi și coloane), în timp ce a doua și a treia analiză încorporează cantități diferite de materiale reciclate. Mai jos sunt prezentate descrieri ale materialelor reciclate utilizate și o comparație între a doua și a treia etapă. Materialele reciclate evaluate includ atât componente de infrastructură, cât și de suprastructură ale clădirii industriale.

Obiectivele acestui studiu de caz sunt:

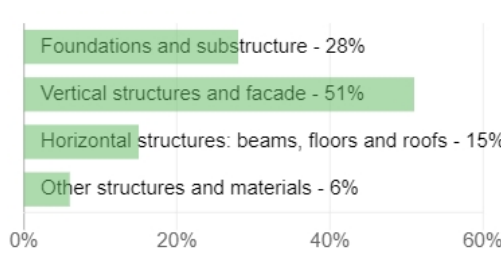
1. Realizarea unei evaluări a ciclului de viață (LCA) pentru structura de oțel în trei etape distincte.
 - **Etapa 1:** Analizați structura de oțel originală proiectată cu materiale nereciclate.
 - **Etapa 2:**
 - Beton gata amestecat: 50% GGBS
 - Oțel de armare (armătură): 60% reciclat
 - Foi de oțel: 60% reciclate
 - Panouri izolatoare XPS: 20% reciclate
 - Profile structurale din oțel: 60% reciclate
 - **Etapa 3:**
 - Beton gata amestecat: 30% cenușă zburătoare
 - Armătură: 90% reciclată
 - Foi de oțel: 90% reciclate
 - Izolație XPS: 40% reciclat
 - Oțel structural: 90% reciclat

Figura de mai jos ilustrează impactul ciclului de viață în fiecare etapă, prezentat sub formă de coloane suprapuse. Această reprezentare vizuală oferă o imagine clară și detaliată a impactului asupra mediului asociat cu fiecare etapă a ciclului de viață al produsului sau proiectului. Prin defalcarea etapelor - cum ar fi extracția materiilor prime, fabricarea, transportul, utilizarea și sfârșitul duratei de viață - este posibilă o analiză cuprinzătoare, care evidențiază contribuția relativă a fiecărei etape la impactul global asupra mediului.

Life-cycle impacts by stage as stacked columns



Mai jos este prezentat un grafic comparativ al elementelor de infrastructură și suprastructură. Acest grafic oferă o analiză vizuală, evidențiind principalele diferențe și asemănări dintre aceste două componente esențiale ale unui proiect de construcție.

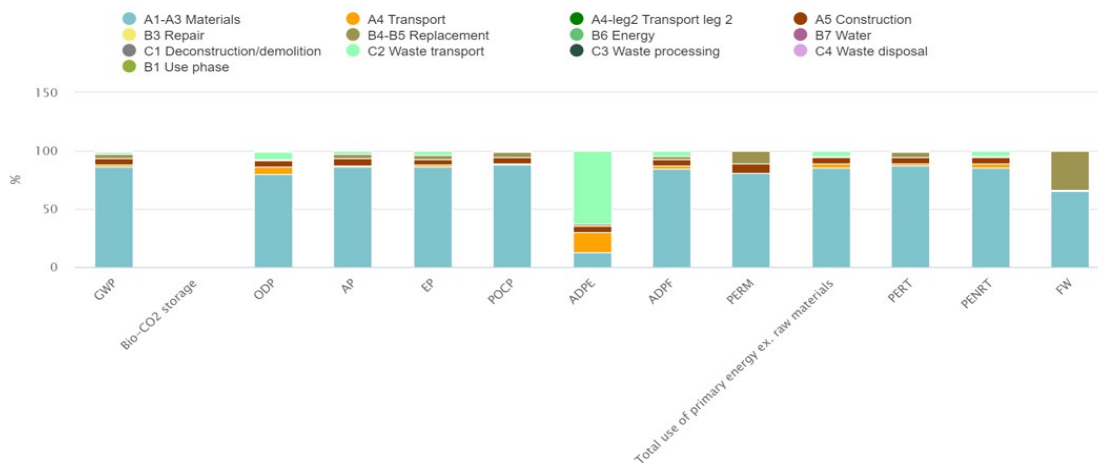


Rezultate pe etape ale ciclului de viață

Graficul comparativ oferă o analiză detaliată a aspectelor cheie legate de componentele de infrastructură și suprastructură în proiectele de construcții.

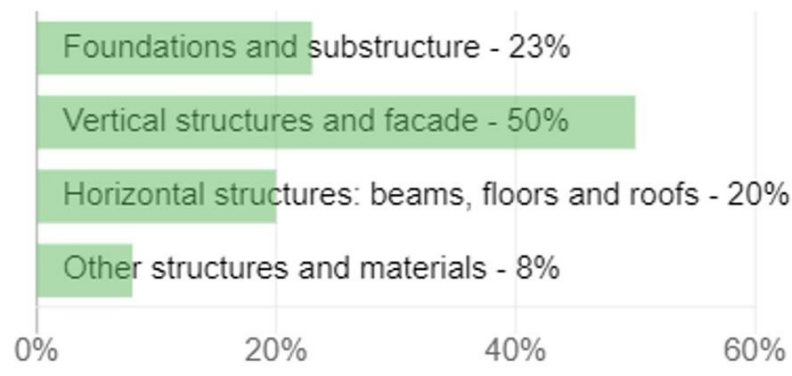
Analiza LCA pentru a doua etapă este prezentată mai jos.

Life-cycle impacts by stage as stacked columns



Utilizarea materialelor prin
sursă

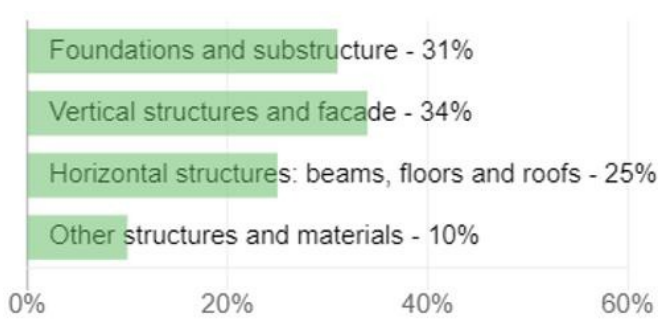
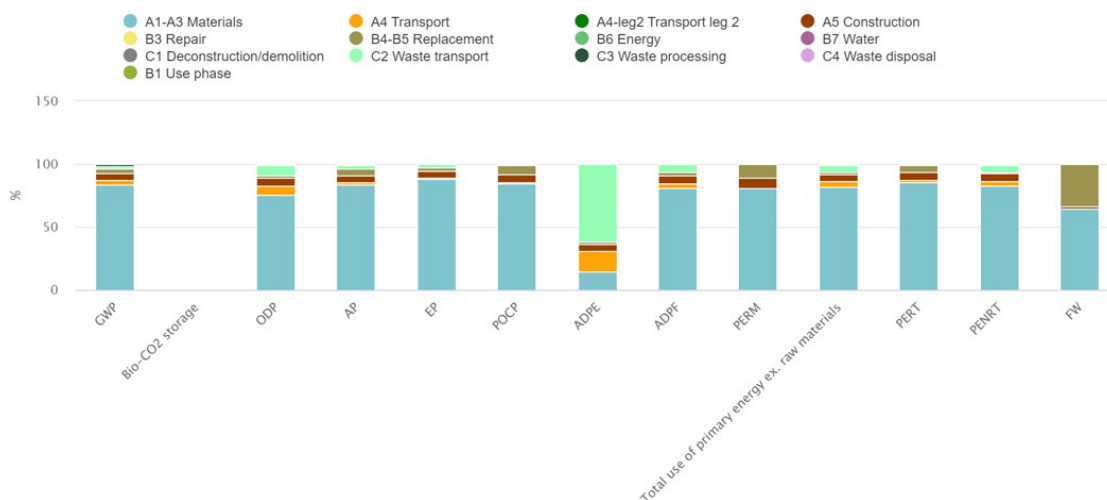
masă



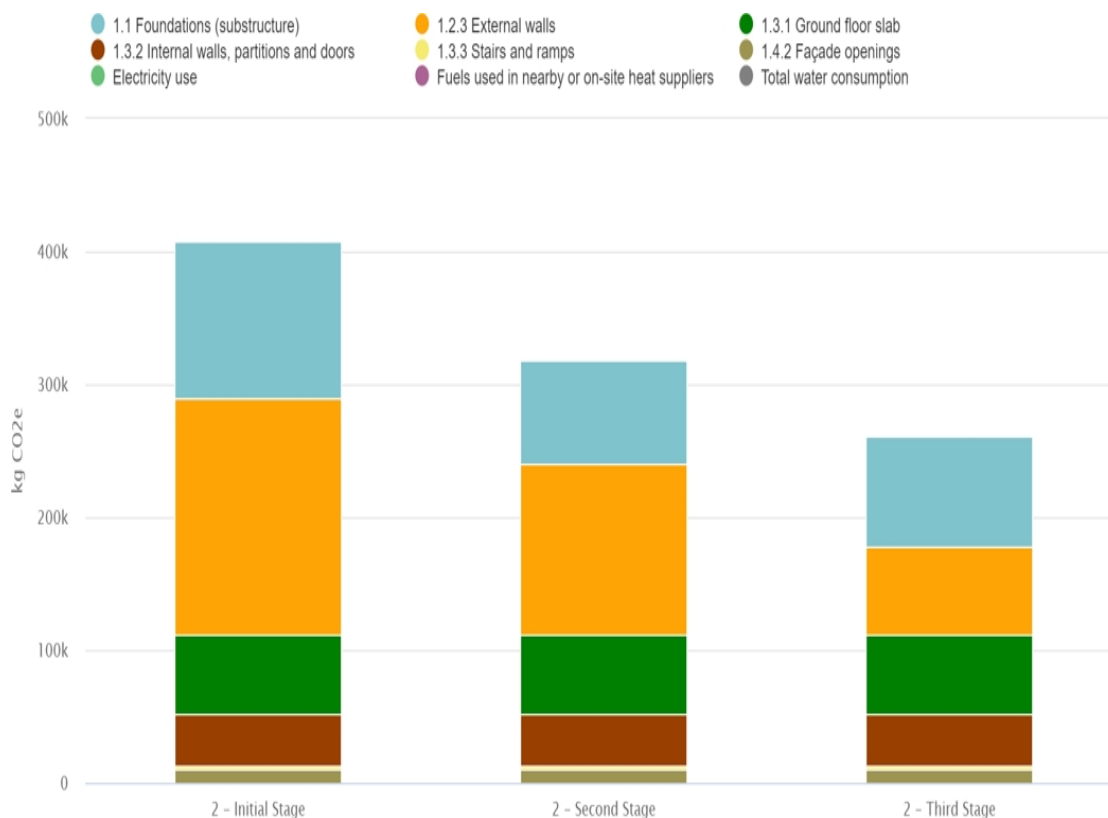
Rezultate pe etape ale ciclului de viață

A treia etapă a analizei LCA este prezentată mai jos.

Life-cycle impacts by stage as stacked columns



Compararea celor trei etape se axează pe evaluarea și contrastarea factorilor-cheie, cum ar fi practicile de gestionare a deșeurilor și emisiile de gaze cu efect de seră (GWP), în fiecare etapă. Această analiză urmărește să evidențieze diferențele, asemănările și tendințele în gestionarea deșeurilor și impactul acestora asupra mediului în ceea ce privește GWP. Prin explorarea acestor aspecte, obținem informații valoroase cu privire la progresul, evoluția și eficacitatea strategiilor de gestionare a deșeurilor de-a lungul timpului, precum și în condiții diferite, toate în contextul mai larg al durabilității mediului.



Graficul de mai jos include următoarele rezultate obținute: GWP - Potențial de încălzire globală: O măsură a impactului total pe care o substanță îl are asupra climei Pământului pe un anumit orizont de timp, exprimată de obicei în echivalenți de dioxid de carbon (CO₂).

DDP - Delivered Duty Paid: Termen din comerțul internațional care indică faptul că vânzătorul este responsabil pentru toate costurile asociate cu livrarea bunurilor într-un anumit loc, inclusiv taxele vamale și impozitele.

AP - Potențial de acidificare: Capacitatea unei substanțe de a crește aciditatea în mediu, adesea asociată cu emisiile de dioxid de sulf (SO₂) și oxizi de azot (NO_x).

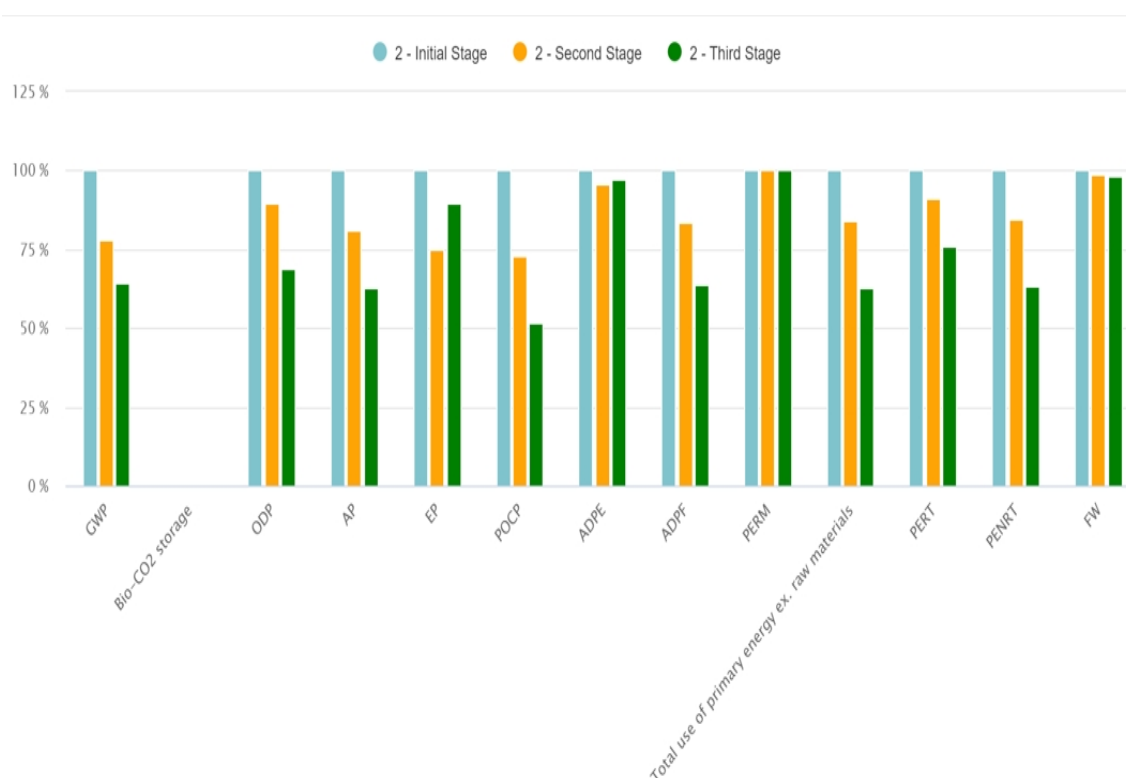
EP - Potențial de eutrofizare: Capacitatea unei substanțe de a favoriza creșterea excesivă a algelor și a plantelor acvatice în corpurile de apă, ducând la epuizarea oxigenului și la dezechilibre ecologice.

POCP - Potențial de creare fotochimică a ozonului: Potențialul unei substanțe de a contribui la formarea de ozon la nivelul solului (smog) prin reacții chimice în atmosferă.

PERM - Mix de resurse energetice primare: Componenta surselor de energie primară (de exemplu, combustibili fosili, surse regenerabile) utilizate pentru a produce energie într-o anumită regiune sau context.

PER - Necesarul de energie primară: Cantitatea totală de energie primară (inclusiv energia directă și indirectă) necesară pentru producerea, prelucrarea și utilizarea unui produs sau serviciu.

PENRT - Energie primară neregenerabilă Total



Este esențial să se ia în considerare utilizarea elementelor și structurilor reciclate pentru a atenua încălzirea globală, deoarece această abordare poate avea un impact semnificativ pe termen lung asupra reducerii daunelor aduse mediului și promovării durabilității. Încorporarea materialelor reciclate în practicile de construcție poate contribui în mod pozitiv la eforturile menite să combată schimbările climatice și să reducă la minimum epuizarea resurselor în timp.

8 - Concluzii și recomandări

Un studiu de caz este un instrument educațional puternic care oferă o analiză aprofundată a unui caz sau scenariu specific. Acesta servește drept context practic pentru conceptele teoretice, promovând gândirea critică, rezolvarea problemelor și



aplicarea cunoștințelor.

Elevii sunt expuși direct la situații din lumea reală, care le cer să analizeze, să evalueze și să sintetizeze informații, ceea ce conduce la o înțelegere mai profundă a materiei. Această participare activă la procesul de învățare este inestimabilă.

Integrarea cunoștințelor teoretice cu aplicarea practică prin studii de caz creează o punte între învățarea academică și scenariile din lumea reală, pregătind studenții pentru mediul profesional.

În plus, studiile de caz favorizează dezvoltarea abilităților analitice. Studenții au sarcina de a identifica problemele cheie, de a lua în considerare diverse perspective și de a propune soluții viabile. Acest proces consolidează gândirea critică, abilitățile de rezolvare a problemelor și capacitatea de a lua decizii în cunoștință de cauză.

În plus, studiile de caz promovează învățarea prin colaborare. Acestea încurajează studenții să colaboreze, să împărtășească idei și să se angajeze în discuții semnificative. Această abordare colaborativă nu numai că îmbunătățește înțelegerea, dar facilitează și schimbul de puncte de vedere și experiențe diverse.

În concluzie, încorporarea studiilor de caz în activitățile de învățare este o abordare educațională dinamică și eficientă. Aceasta stimulează învățarea activă, cultivă gândirea critică, încurajează colaborarea și creează o punte între teorie și practică. Prin adoptarea acestei metodologii, educatorii pot crea experiențe de învățare îmbogățitoare și captivante, care să le permită elevilor să exceleze în activitatea lor academică și nu numai.

Am contribuit împreună la îmbunătățirea cunoștințelor despre BIM, despre modul în care acesta poate fi utilizat cu succes în proiectarea structurală și nu numai, în același timp cu îndrumarea în a da un exemplu de interoperabilitate între diferite software-uri care au implementată tehnologia BIM.

Cu toții am observat că BIM este un proces care permite echipelor de proiect să colaboreze cu tehnologia pentru a oferi rezultate mai bune. BIM permite utilizatorilor să creeze modele inteligente, structurate, care stochează informații.

Fișierele livrabile sunt raportul detaliat extras din Scia Engineer pentru calculul grinzilor și stâlpilor, desenele tehnice pentru stâlpi, grinzi și îmbinări din Tekla Structures și raportul detaliat privind îmbinarea de bază, îmbinarea stâlp- grindă și îmbinarea grindă- grindă din Idea StatiCa.

În concluzie, utilizarea materialelor reciclate în construcții este foarte importantă pentru reducerea încălzirii globale și sprijinirea sustenabilității mediului pe termen lung. Prin includerea elementelor reciclate, putem reduce impactul negativ asupra mediului, putem contribui la combaterea schimbărilor climatice și putem economisi resurse pentru viitor. Acesta este un pas esențial pentru a face practicile de construcție mai ecologice.