



**A XX-A SESIUNE NAȚIONALĂ DE  
COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE  
STUDENTEȘTI**

*Cluj-Napoca, 13-14 Mai 2022*

*Editori:*

*Conf. dr. ing. Hortensiu-Liviu CUCU*

*Prof. dr. ing. Daniela-Lucia MANEA*

*Conf. dr. ing. Nicoleta-Maria ILIEȘ*

*Conf. dr. ing. Gavril HODA*

**U.T. PRESS  
Cluj-Napoca, 2022**

**ISBN 978-606-737-587-9**



## APLICAȚII PRACTICE ALE FOTOGRAMETRIEI ȘI ALE SCANARII 3D ÎN CONSTRUCȚII

Autor

A. PARFENE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultatea de Construcții, Universitatea Transilvania din Brașov, [andrei.parfene@student.unibv.ro](mailto:andrei.parfene@student.unibv.ro)

Îndrumător/îndrumători

Conf. dr. ing. R. MUNTEAN<sup>2</sup>

Facultatea de Construcții, Universitatea Transilvania din Brașov, , [radu.m@unibv.ro](mailto:radu.m@unibv.ro)

Ing. F. A. MEREUTA<sup>3</sup>

FPIP-VIITOR, Brașov, [felicia.mereuta@gmail.com](mailto:felicia.mereuta@gmail.com)

**REZUMAT:** *Industria construcțiilor este responsabilă pentru mai mult de 36% din consumul global de energie și pentru aproape 40% din totalul emisiilor de CO<sub>2</sub>. Ca urmare, estimarea și reducerea impactului asupra mediului înconjurător reprezintă o necesitate de luat în considerare în toate etapele de existență ale unei construcții. Pentru aceasta, noile tehnologii folosite în proiectarea, execuția și urmărirea în timp a construcțiilor permit o mai bună gestiune și estimare a resurselor folosite. Lucrarea de față prezintă o aplicație practică de utilizare a unor astfel de noi tehnologii, precum fotogrammetria și scanarea 3D cu ajutorul unor echipamente moderne (drone, scanere laser și programe software).*

*Cuvinte cheie*

Fotogrammetrie, drone, scanare 3D, construcții.

### 1. Introducere

Conceptul de dezvoltare durabilă a luat naștere în 1972, la Stockholm, în cadrul Conferinței Națiunilor Unite, unde, reprezentanți din peste 100 de țări și-au exprimat îngrijorarea cu privire la modul în care activitatea umană afectează mediul înconjurător [1].

Industria construcțiilor este una dintre activitățile umane cu un impact major asupra mediului, fiind responsabilă pentru mai mult de 36% din consumul global de energie și pentru aproape 40% din totalul emisiilor directe și indirecte de CO<sub>2</sub> [2]. Ca urmare, estimarea și, mai apoi, reducerea impactului pe care construcțiile îl au asupra mediului, a devenit o necesitate în prezent, fiind parte integrată din procesul de proiectare. Mai mult, acest impact ar trebui luat în considerare în toate etapele de existență ale unei construcții: de concepție, proiectare, execuție, utilizare și mai apoi de deconstrucție sau post-utilizare.

Se poate construi durabil pe baza unor modele conceptuale de performanță, cu un impact redus asupra mediului, folosind materiale reciclate și/sau materiale cu un consum redus de resurse primare și de energie încorporate, precum și prin utilizarea unor noi tehnologii care să permită o mai bună gestiune și estimare a resurselor folosite.

Astfel de tehnologii moderne se bazează pe utilizarea dronelor și a scannerelor 3D, a camerelor cu termoviziune, a imprimantelor 3D, a modelelor de evaluare a impactului pe întregul ciclu de viață al materialelor de construcții, pe proiectarea integrată BIM și GIS sau pe aplicarea sistemelor fizice cibernetice.

Politica națională cu privire la eficiența energetică, promovată prin Legea 121/2014 [3] definește obiectivele specifice și măsurile de îmbunătățire a economiilor de energie aferente tuturor sectoarelor economiei naționale, referindu-se printre altele și la:



- introducerea tehnologiilor eficiente din punct de vedere energetic în industrie, a sistemelor moderne de măsurare și control și a sistemelor de gestionare a energiei, pentru monitorizarea, evaluarea continuă a eficienței energetice și prognozarea consumului de energie.

### 1.1. Definiții și informații generale

*Fotogrammetria* poate fi definită ca o tehnologie de a obține informații fiabile despre obiectele fizice și mediul înconjurător prin procesul de înregistrare, măsurare și interpretare a imaginilor fotografice [4]. Ca urmare, aceasta este o metodă de măsurare și analiză a unei suprafețe tridimensionale care se bazează pe fotografii.

Cele mai frecvente aplicații ale fotogrammetriei sunt în domeniul arheologiei, al cartografierii și al modelării 3D. Deoarece fotogrammetria se bazează pe imagini, există limitări fizice atunci când aceste imagini sunt ale unui obiect care are suprafețe întunecate, strălucitoare sau transparente. În aceste cazuri, modelul produs conține adesea „goluri”, astfel încât este necesară o „curățare” suplimentară cu ajutorul unor programe software.

Fotogrammetria poate fi utilizată eficient de către arhitecți, proiectanți și ingineri constructori în toate etapele de realizare a unei construcții:

- *planificarea amplasamentului* se bazează pe măsurători amănunțite pentru a crea un proiect precis care îi poate ajuta pe arhitecți să înțeleagă zona înainte de a construi;
- *în faza de proiectare*, unele decizii privind orientarea clădirii, dimensiunea și aspectul general, sunt mult mai simple atunci când sunt proiectate într-o redare vizuală precisă;
- *în procesul de construcție și utilizare* - o reprezentare vizuală este utilă nu numai în timpul procesului de proiectare, ci și în timpul execuției și după construcție; monitorizarea procesului de construcție este mai ușoară atunci când există o referință clară și ușor de urmărit vizual.

Prin fotogrammetrie și fotogrammetrie aeriană se pot măsura, determina metric și reprezenta grafic și fotografic porțiuni din suprafața pământului sau alte obiective de interes. Metoda fotogrammetriei aeriene cu ajutorul dronelor poate fi privită ca un supliment sau ca un înlocuitor pentru fotogrammetria terestră și domeniile conexe, cum ar fi topografia sau cadastrul.

*Scanarea 3D* este o metodă similară, care se bazează pe scanarea unei suprafețe tridimensionale cu ajutorul unui laser, prin țintirea un fascicul de lumină într-o zonă și măsurarea acestuia în timp ce este reflectat de obiectele întâlnite. Scanerul repetă această operație de mii de ori pe minut cu mici modificări ale unghiului, rezultatul fiind o hartă a măsurătorilor punctelor laser numită *nor de puncte*, în baza căruia, arhitecții și inginerii pot genera planuri 2D și 3D precise ale construcției.

Arhitecții, proiectanții de structuri și echipele de constructori au nevoie de astfel de planuri precise pentru a începe lucrarea și de detalii amănunțite pe parcursul executării pentru a se asigura că totul funcționează așa cum trebuie. Scanarea cu laser 3D în construcții oferă acest nivel de detaliu și control.

Ambele metode descrise mai sus sunt folosite în construcții pentru a realiza o mai bună planificare și executare a proiectelor. Fotogrammetria este folosită pentru a măsura și analiza suprafețele terestre, iar scanarea 3D este folosită pentru a măsura și analiza suprafețele construite [4].

*Drona*, sau *UAV* (Unmanned Aerial Vehicle), este o aeronavă / aparat de zbor fără pilot sau un aparat de zbor pilotat la distanță. Zborul dronei poate fi controlat la distanță cu ajutorul unui pilot uman aflat pe teren, sau este realizat autonom, cu ajutorul unor calculatoare și programe speciale. Termenul *drone* este mai frecvent folosit în misiuni militare, în timp ce termenul *UAV* – termenul inițial adoptat – se folosește mai larg în toate celelalte aplicații [5].



România face parte din Uniunea Europeană și, prin urmare, trebuie să respecte reglementările privind dronele instituite de Agenția pentru Siguranța Aviației din Uniunea Europeană (EASA). În plus față de aceste reglementări, România are și reglementări specifice.

Până anul trecut, legislația nu era clară în ceea ce privește utilizarea dronelor, iar acesta poate fi unul dintre motivele pentru care dronele nu au fost încă folosite în sectorul construcțiilor. Chiar dacă dronele au fost prezente în România în ultimii 10 ani, scopul principal al acestora a fost acela de monitorizare sau de sursă de vizualizare aeriană pentru diferite companii care dezvoltă infrastructură precum autostrăzi sau drumuri naționale.

Există un mare potențial și interes din partea sectorului construcțiilor, în special pentru implementarea proiectelor la scară largă, unde o dronă poate face procesul mai eficient și mai rentabil [6]. Monitorizarea șantierelor de construcții de mari dimensiuni este unul dintre cele mai dificile aspecte ale gestionării proiectelor de construcții. Perspectivele aeriene pot îmbunătăți urmărirea progresului și pot detecta problemele din timp, înainte ca acestea să devină costisitoare sau să întârzie programul unui proiect.

Dronele pot ajuta la efectuarea de studii aeriene, la cartografierea topografică, rezultatele imaginilor obținute cu ajutorul acestora fiind foarte diverse:

- ortofotografii și ortomosaice;
- nori de puncte;
- modele digitale de teren (DTM) și modele digitale de suprafață (DSM);
- modele 3D;
- imagini brute.

## 2. Studiu de caz

Lucrarea de față prezintă o aplicație practică a fotogrammetriei și a scanării 3D, tehnologii folosite pentru refacerea planurilor arhitecturale și de detaliu pentru o construcție industrială (hală), necesare în vederea reabilitării și renovării acesteia. Aplicația face parte din programul de dezvoltare a proiectului RecoverIND [4], coordonat de Facultatea de Construcții din cadrul Universității Transilvania din Brașov, proiect cofinanțat prin programul Erasmus+ al Uniunii Europene. Ca urmare, aplicația are și un caracter educativ, putând fi folosită ca model în procesele de predare-învățare în instituții de învățământ superior sau școli profesionale.

Construită în anii 60', hala industrială din figura 1 urmează să intre într-un proces de renovare necesar noilor procese de producție ce urmează a se desfășura în interior. Pornind de la necesitatea realizării unei documentații tehnico-economice, s-au ales aceste 2 tehnologii, fotogrammetria și scanarea 3D, ca modalități de realizare a unui relevu detaliat într-un timp relativ scurt.

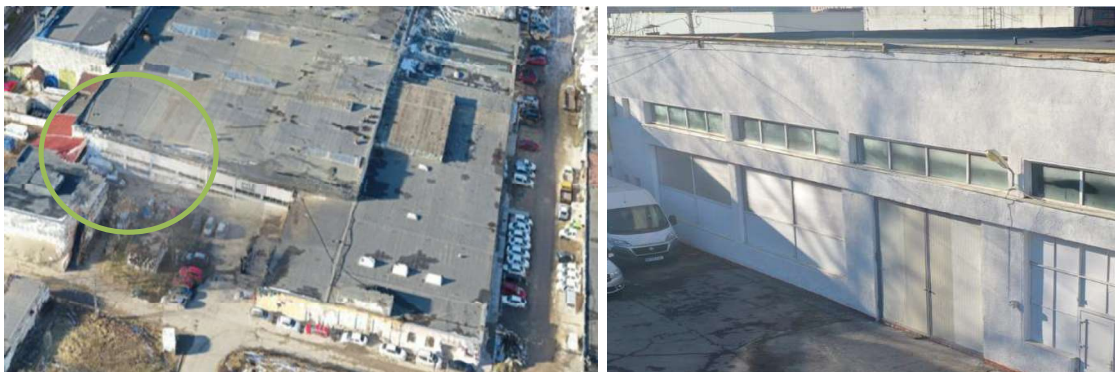


Figura 1. Poziționarea de ansamblu și fațada construcției studiate (fotografii din dronă).



Pentru realizarea acestui proiect s-au folosit următoarele echipamente și programe software:

- pe teren: drona (UAV), tableta, laptop, scanner 3D,
- in birou: stație de lucru, software: Agisoft Metashape, Archicad, Revit.

### 2.1. Utilizarea dronelor pentru obținerea detaliilor exterioare

Pe teren, prin folosirea unei drone, au fost realizate aproape 500 de fotografii, imagini de rezoluție mare, 4k. Acestea au fost procesate ulterior cu ajutorul software-ului Agisoft Metashape pentru a obține un *nor de puncte*. Etapele de lucru pentru procesarea imaginilor sunt următoarele [7]:

- inserarea imaginilor în programul Metashape;
- inspectarea imaginilor încărcate, ștergerea imaginilor neutilizabile;
- alinierea fotografiilor;
- construcția norului de puncte (figura 2);
- construcția rețelei de puncte (3D polygonal model);
- generarea texturilor;
- construcția ortofotoplanurilor (figura 3);
- construcția modelului digital de elevație (DEM) (figura 4);
- obținerea modelelor digitale de teren și de suprafață (DTM/DSM);
- exportarea rezultatelor.

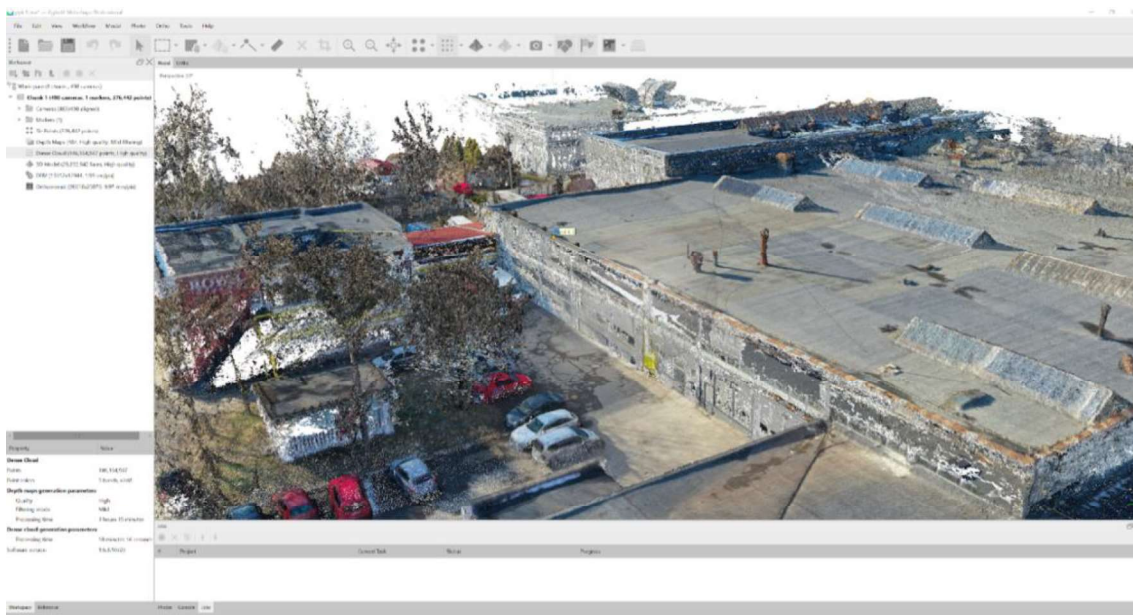


Figura 2. Nor dens de puncte generat în urma importului de imagini în programul software.

*Ortofotoplanul* se obține prin post-procesarea imaginilor, proces ce corectează distorsiunea acestora și le unește pentru a crea o *hartă ortomosaică*. Fiecare pixel dintr-o imagine poate fi folosit pentru a obține măsurători precise, cum ar fi distanțe și suprafețe.

#### *Modele digitale de teren (DTM) și modele digitale de suprafață (DSM)*

Fiecare pixel din modelele DSM și DTM conține informații 2D (X și Y), precum și altitudinea (Z) în cel mai înalt punct. Aceste modele pot fi folosite, de exemplu, pentru a determina înălțimile clădirilor scanate, modelarea peisajului, modelarea clădirilor și pentru aplicații de vizualizare.



Figura 3. Ortofotoplan.

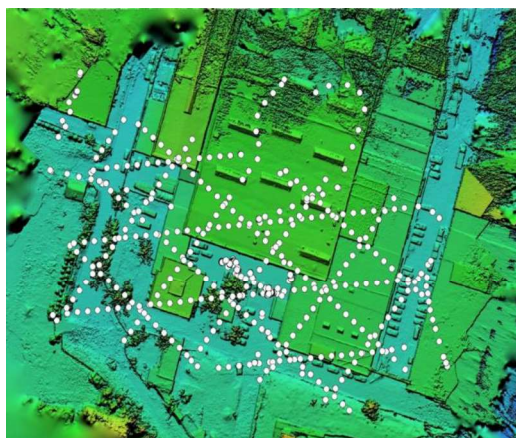


Figura 4. Modele digitale de teren (DTM).

Ortofotoplanul și modelul digital de teren, obținute prin prelucrarea norului de puncte realizat cu drona, urmând etapele de lucru ale software-ului Agisoft Metashape au fost importate în programul de proiectare Archicad. S-au extras informațiile necesare (distanțe și înălțimi) care au fost folosite pentru realizarea planului de situație prin suprapunerea ortofotoplanului cu acesta.

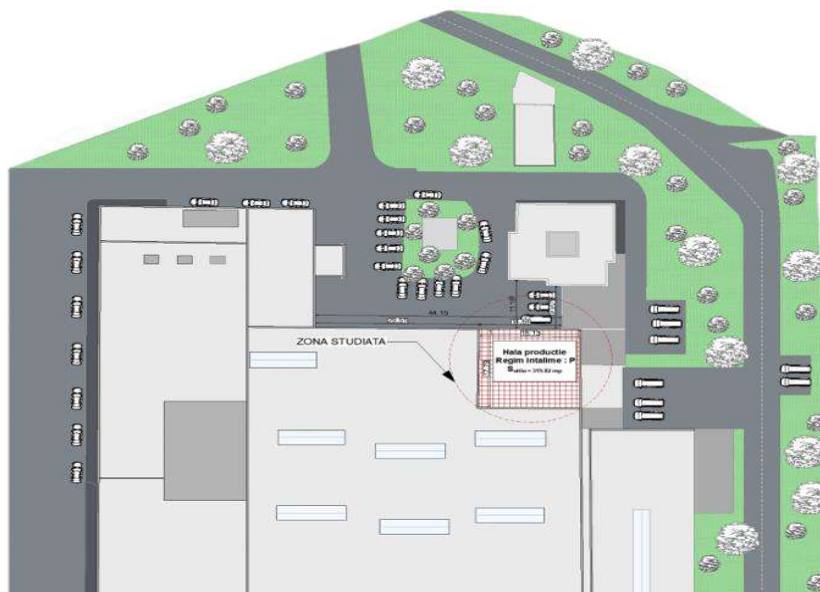


Figura 5. Planul de situație rezultat.

## 2.2. Obținerea detaliilor interioare cu ajutorul tehnologiei de scanare 3D

Spațiul interior al halei industriale a fost scanat cu ajutorul unui echipament laser 3D. Etapele procesului de scanare sunt următoarele:

- întreaga suprafață este împărțită în zone mai mici și după fiecare scanare suprafețele scanate sunt aliniat (figura 6);
- scannerul 3D folosește lumini laser pentru a identifica geometria unui obiect; odată capturate punctele, se generează un nor dens de puncte, care poate crea un model 3D;
- norul de puncte obținut este salvat într-un format care poate fi recunoscut de programe software precum Archicad, Revit, Autocad. etc.

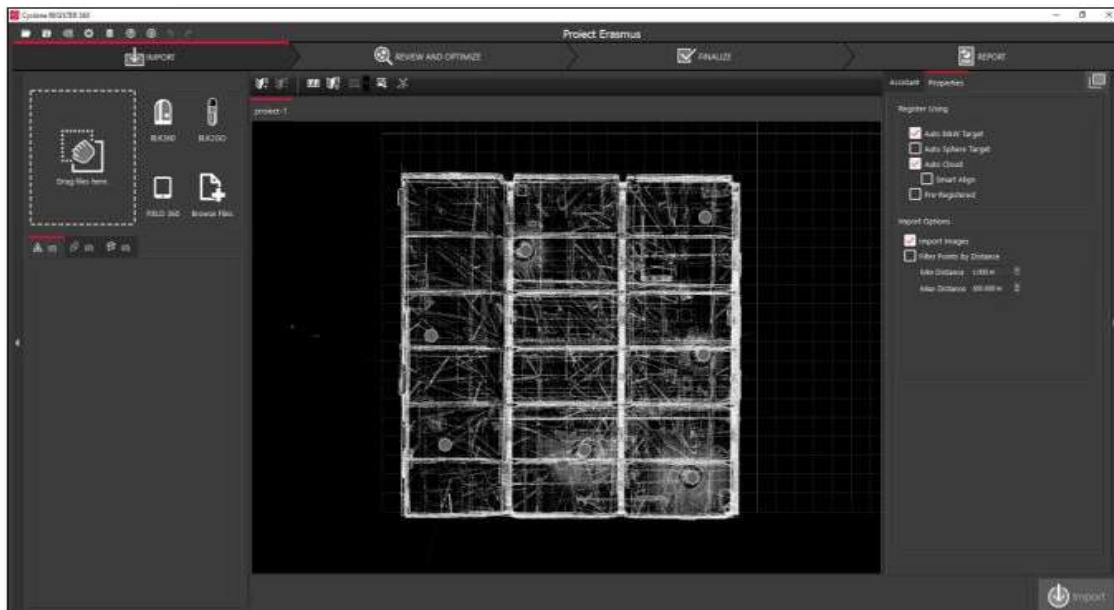


Figura 6. Realizarea norului de puncte cu ajutorul scanner-ului 3D.

Informațiile obținute de la scanner-ul 3D sunt procesate în programul de lucru Revit sau Archicad pentru realizarea planurilor arhitecturale. Folosind norul dens de puncte se pot genera detalii ale elementelor structurii de rezistență și ale celor de închidere și compartimentare, care dau o imagine clară și prelucrabilă, utilă în realizarea desenelor tehnice (figura 7). De asemenea, s-a realizat un model 3D al clădirii, în care s-a urmărit în detaliu arhitectura exterioară a acesteia, detaliind toate elementele.

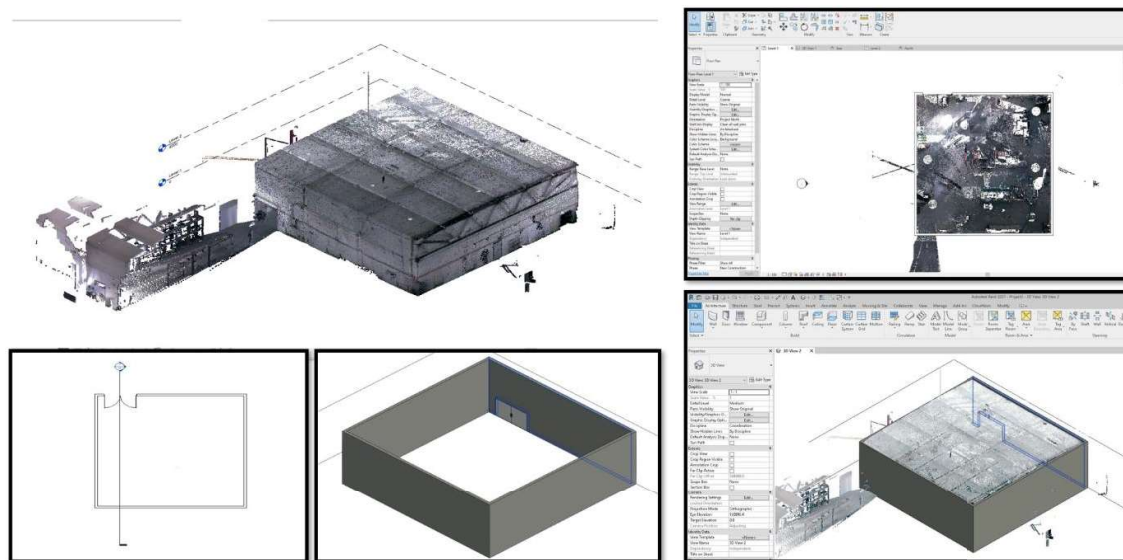


Figura 7. Procesarea norului de puncte în programul Revit.

Norul de puncte obținut cu drona și cel obținut cu scannerul 3D pot fi procesate împreună. Rezultatele sunt precise și oferă informații care, în mod clasic, ar fi fost obținute într-o perioadă mai lungă de timp. În acest fel au putut fi realizate planurile parter (figura 8), fațade (figura 9) sau secțiuni (figura 10).

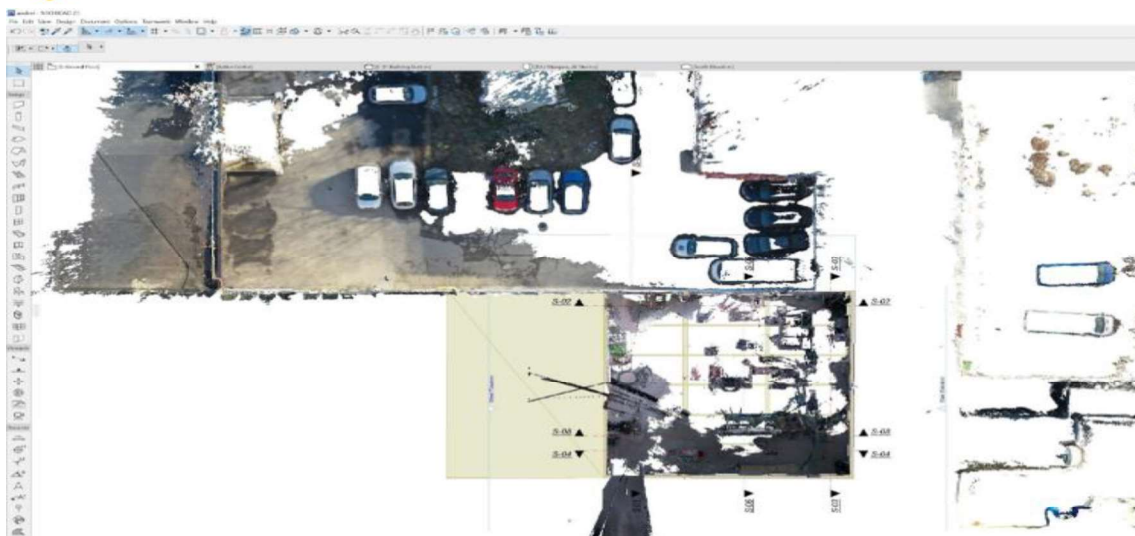


Figura 8. Norul de puncte obținut prin suprapunerea imaginilor din drona și scanare 3D.

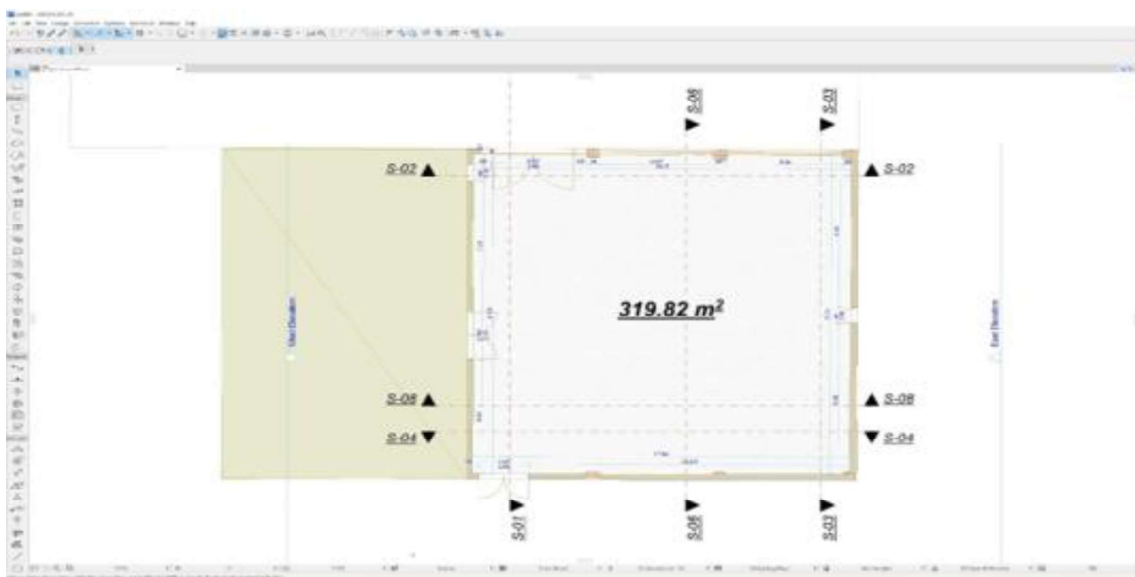


Figura 9. Planul parter.



Figura 10. Fațada principală.





Figura 10. Secțiune transversală.

### 3. Concluzii

Scopul acestei aplicații practice a fost realizarea unui relevu pentru o construcție industrială fără a folosi mijloacele și uneltele clasice de măsurare. Relevuul a fost realizat pe baza unui nor de puncte obținut cu ajutorul unui scanner 3D și o drona dotată cu o cameră foto de rezoluție înaltă, imaginile fiind procesate cu ajutorul unor programe software. În baza imaginilor digitale obținute și prelucrate, s-au putut întocmi mai multe desene tehnice: planul de situație, planul parter, fațada principală, precum și secțiuni ale halei, toate la un nivel de detaliere ridicat.

Printre avantajele acestor tehnologii moderne se pot enumera:

- precizie mare pentru măsurătorile realizate;
- scurtarea timpului petrecut pe teren pentru măsurători;
- accesibilitate în zonele periculoase sau greu accesibile;
- având posibilitatea de a extrage informațiile necesare din prelucrarea și utilizarea norului de puncte, nu mai este nevoie de vizite multiple pe teren pentru verificări sau achiziția de date suplimentare.

Dezavantajele majore ale tehnologiilor sunt costurile (încă) mari, atât pentru achiziția instrumentelor și echipamentelor, cât și a programelor software necesare prelucrării ulterioare a datelor obținute. De asemenea, lipsa unor programe de instruire teoretică și practică la nivelul instituțiilor de învățământ superior și profesional poate reprezenta o piedică în adoptarea lor la scară mare în sectorul construcțiilor.

### BIBLIOGRAFIE

1. Handl, G., *Declaration of the United Nations conference on the human environment* (Stockholm Declaration), 1972 and the Rio Declaration on Environment and Development, 1992. United Nations Audiovisual Library of International Law, 11, 6 (2012).
2. IEA. Global Status Report for Buildings and Construction 2019. Available online: <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019> (accesat în 10 februarie 2022).
3. Legea nr. 121 / 2014 privind eficiența energetică în România.
4. Task O1-A2, RecoverIND project - Ecological and Innovative technologies for recovering industrial areas from LCA and Energy Efficiency point of view - 2020-1-RO01-KA203-080223, [www.recoverind.eu](http://www.recoverind.eu).
5. Educational for Drone (eDrone) - 574090-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP, <https://bit.ly/3xTsPWY>.
6. <https://uavcoach.com/drone-laws-in-romania/>
7. Agisoft Metashape user manual, [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_5\\_en.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf).