

# X-MINE

## Real-Time Mineral X-Ray Analysis for Efficient and Sustainable Mining

<http://www.xmine.eu/>

Proiectul X-MINE folosește o combinație a senzorilor pentru fluorescență de raze X de mare energie, a senzorilor pentru transmisie de raze X și a senzorilor optici cu scopul de a contribui la analizarea carotelor de foraj (în sprijinul activității de explorare pentru minereuri) și pentru sortarea minereurilor (în exploatarea miniere). Prin acestea, proiectul urmărește o mai bună caracterizare și estimare a resurselor minerale precum și o extracție mai eficientă a minereurilor din minele aflate în activitate, cu scopul de a face posibilă exploatarea unor zăcăminte mici sau a unora cu condiții complicate, sporind astfel potențialul de resurse minerale al Uniunii Europene (în special cu privire la materiile prime critice).

Proiectul X-MINE reunește 15 parteneri din 9 țări (Fig. 1), cu profil variat:

- institute de cercetare și academice de stat: Centrul de Cercetări Tehnice al Finlandei-VTT, Serviciul Geologic al Suediei, Universitatea din Uppsala, Institutul Geologic al României;
- producători privați de senzori și aparatură analitică: Advacam Oy (Finlanda), Antmicro Sp. zo.o. și Comex Polska Sp. zo.o (Polonia), Advacam s.r.o. (Cehia) și Orexplore AB (Suedia);
- companii miniere care vor folosi tehnica produsă în proiect: Assarel Medet Jsc., din Bulgaria, Hellas Gold S.A., din Grecia, Hellenic Copper Mines Ltd, din Cipru, și Lovisagruvan AB, din Suedia.
- organizații din domeniul serviciilor pentru industria minieră: Bergskraft Bergslagen AB, din Suedia, și Swick Mining Services Ltd., din Australia.



Figura 1. Componența consorțiului de proiect și distribuția geografică pe țări a partenerilor.

Perioada de implementare a proiectului este 1 iunie 2017-31 august 2021.

Bugetul proiectului: 12 milioane de Euro

Grant nr. 730270

## Beneficiari

Rezultatele proiectului sunt aplicate de cele patru companii miniere participante la proiect (Assarel Medet Jsc., din Bulgaria, Hellas Gold S.A., din Grecia, Hellenic Copper Mines Ltd, din Cipru, și Lovisagruvan AB, din Suedia) în mine active din Suedia, Grecia, Bulgaria și Cipru, selectate pentru a cuprinde operațiuni miniere de mărimi diferite (de la scară mică la scară mare) și minereuri de tipuri diferite (zinc-plumb-argint-aur, cupru-aur, aur) incluzând și investigarea conținuturilor unor metale critice (indiu, galiu, germaniu, metale din grupul platinei și elementele pământurilor rare). Testările pilot aflate în desfășurare, vor fi evaluate în funcție de performanțele științifice și tehnice, aspectele socio-economice, durabilitate, condiții de siguranță a muncii etc. Proiectul realizează modelări 3D ale unor zăcăminte care se vor integra în sistemele de planificare ale exploatărilor miniere.

## Rezultate

Rezultatele proiectului sunt aplicate în patru zone miniere: Lovisagruvan (Suedia), Assarel (Bulgaria), Mavres Petres-Piavitsa (Grecia) și Skouriotissa-Apliki (Cipru). În scopul unei explorări inteligente, proiectul X-MINE a construit modele geologice tridimensionale în aceste zone miniere (Fig. 1), pe baza integrării datelor geologice, geochimice și geofizice provenite din studii de suprafață, din foraje și din lucrări miniere. Informații mai detaliate despre modelarea 3D în proiectul X-MINE se găsesc la [https://www.youtube.com/watch?v=56iuQZ\\_jVcY](https://www.youtube.com/watch?v=56iuQZ_jVcY) și <http://www.xmine.eu/wp-content/uploads/2020/03/D1.2-FINAL.pdf>.

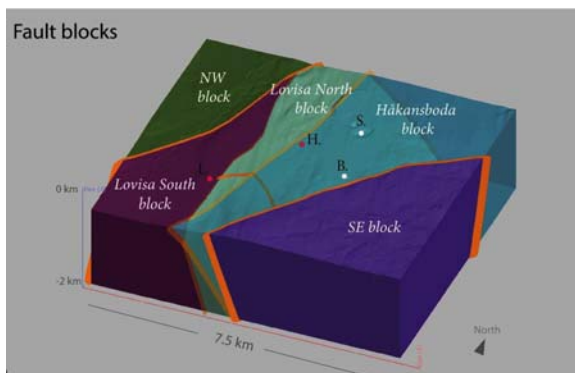


Figura 1a. Model tectonic în zona minei Lovisagruvan (Suedia) cu zonele de deformare colorate în portocaliu (Luth et al. 2019).

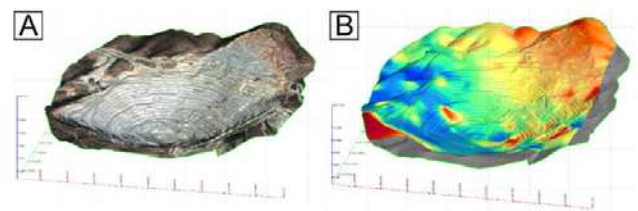


Figura 1b. Modelare 3D a minei Assarel (Bulgaria); A. Fotografie aeriană a carierei. B. Variația câmpului magnetic în carieră.

Proiectul X-MINE a produs două instrumente: unul pentru scanarea carotelor de foraj (Geo-Core X10) și un altul integrat în linia de sortare a minereului.

Aparatul de scanare cu raze X pentru carote, construit de OREXPLORE AB și perfecționat în cadrul proiectului X-MINE, este prevăzut cu patru suporturi cilindrice de câte 1 m lungime, în care se introduc carotele (Fig. 2, <https://orexplore.com/what-we-do/geocore-x10/>). Cu ajutorul unui program software specializat (<https://orexplore.com/download-orexplore-insight/>) aparatul generează imagini tomografice tridimensionale ale carotelor (Fig. 3), furnizează date asupra compoziției chimice ale carotelor (cu limita de detecție a elementelor de până la 1 g/t), determină

densitatea medie a unei probe de 1 m lungime, asigură vizualizarea trăsăturilor structurale ale rocii, determină orientarea elementelor planare și liniare precum și distribuția dimensională a granulelor din rocă (<https://www.youtube.com/watch?v=hgP0Z0eeiul>).

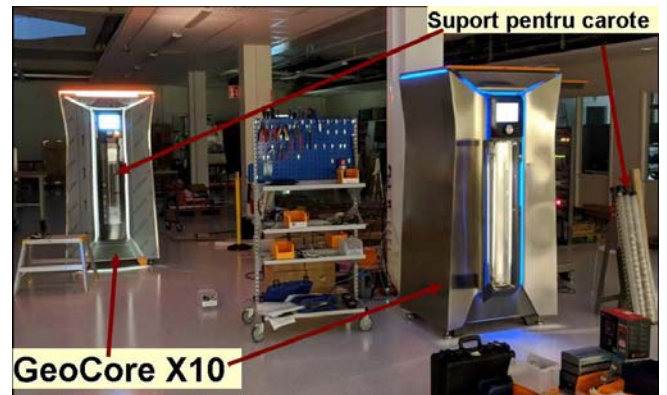
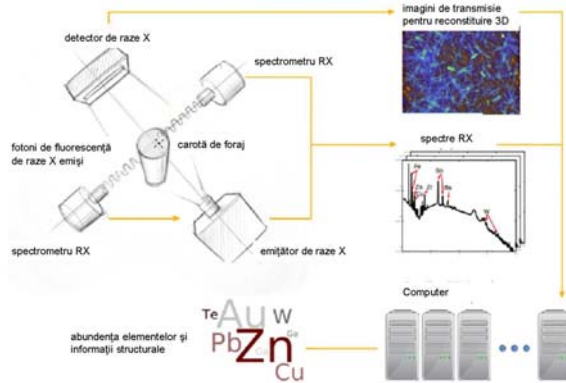


Figura 2a. Principiul metodei de scanare a carotelor.

Figura 2b. Prototipul GeoCore X10.

GeoCore X10 scanează de la suprafața carotei până în centru ei, arătând și partea internă a carotei nu numai suprafața ei. Tomografia de raze X efectuată de GeoCore X10 rezultă din combinarea fluorescenței de raze X cu atenuarea razelor X printr-o metodă originală brevetată. Într-un ciclu de măsurare de o oră, aparatul poate scana carotele din cele 4 suporturi de câte 1 m fiecare, scanarea putând fi efectuată imediat după extragerea carotelor, fără niciun fel de procesare a acestora.

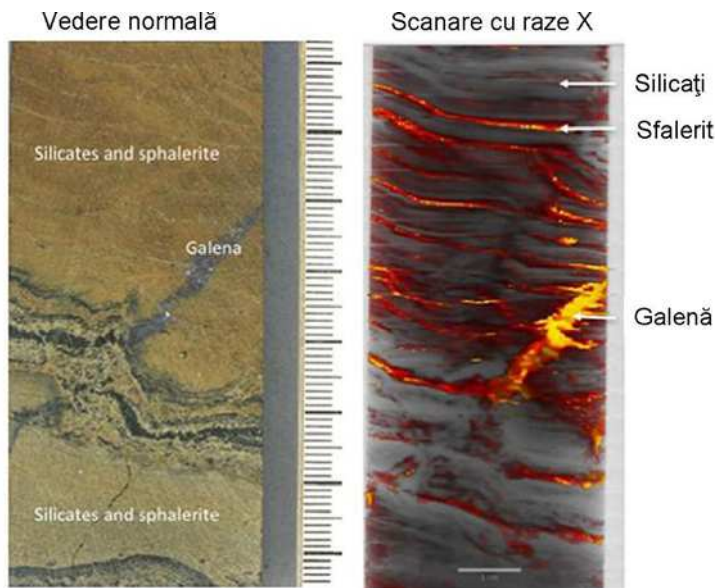


Figura 3a. Stânga: imagine în spectrul vizibil a unei bucați de carotă din zăcămintul Lovisagravan (Suedia). În dreapta este imaginea tomografică tridimensională obținută pe baza atenuării diferențiate a razelor X, a aceleiași bucați de carotă. Zone care par uniforme la o examinare vizuală se dovedesc a fi foarte neomogene în tomografia cu raze X, cu variații de la porțiuni de rocă având densități mici și conținând elemente cu numere atomice mici (silicați, redați prin nuanțe de cenușiu) până la zone cu elemente având numere atomice mari (sulfură de zinc, redată prin culoarea roșu) sau foarte mari (sulfură de plumb, redată prin culoarea galben).

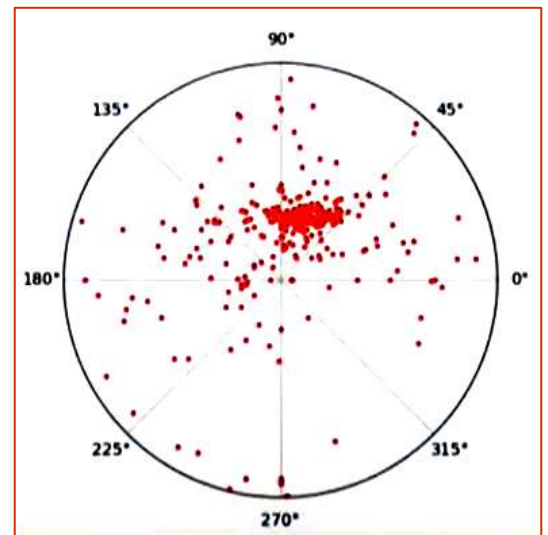


Figura 3b. Proiecție stereografică a unor elemente liniare dintr-o carotă scanată.

Un alt instrument produs în proiectul X-MINE este un detector integrat într-o stație de sortare construită de COMEX POLSKA SP. Z O.O. (X-AnalySorter) care este folosit la separarea fragmentelor de minereu de cele de steril din materialul extras în exploatările miniere (Fig. 4).

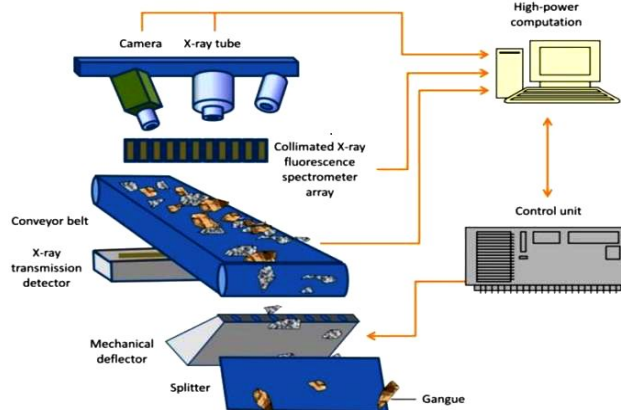


Figura 4a. Folosirea detectorului cu raze X la sortarea minereului.

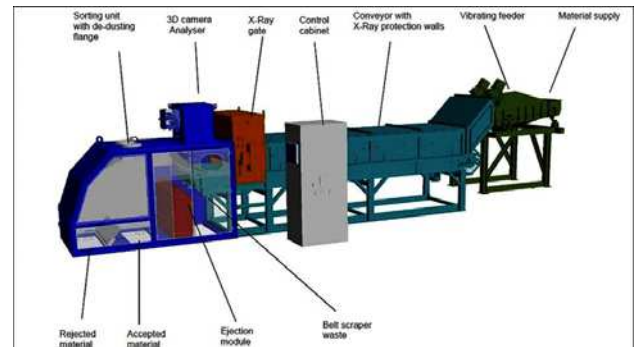


Figura 4b. Stația de sortare a minereului pe care este montat detectorul cu raze X.

Fragmentele de rocă extrase din mină se deplasează pe o bandă transportoare și trec printr-o unitate cu senzori care folosește scanere bazate pe transmisia de raze X și fluorescența de raze X. Unitatea cu senzori identifică fragmentele de rocă sterilă și cele de minereu și stabilește poziția lor pe banda transportoare. Când fragmentele de steril ajung la capătul benzii, jeturi de aer comprimat le împing făcându-le să cadă dincolo de o placă separatoare, în timp ce fragmentele de minereu cad de cealaltă parte a plăcii separatoare (Fig. 4a).

Atât GeoCore X10 cât și detectorul cu raze X pentru sortarea minereurilor sunt în faza de testare în cadrul celor patru companii miniere care participă la proiect.

O testare industrială a liniei de separare cu folosirea X-AnalySorter la mina Lovisagruvan a indicat că 75% din fracțiunile dimensionale sunt potrivite la sortare, însă sfărâmarea suplimentară sau cernerea pot să crească procentajul de material sortabil (o condiție necesară pentru folosirea eficientă a dispozitivului de detectare este ca fragmentele de rocă supuse sortării să nu fie mai mici de 1 cm). Probele efectuate până acum, au arătat că, la o viteză de sortare de 17-20 tone/oră, cantitatea de steril poate fi redusă cu până la 22% pentru unele materiale.

Datele obținute în proiectul X-MINE folosind tehnologia cu raze X vor fi folosite pentru a perfecționa modelele tridimensionale ale minelor, prin aceasta demonstrând aplicabilitatea soluțiilor tehnice dezvoltate în proiect.

Rezultatele proiectului X-MINE au ca efect:

- cantități mai mici de deșuri miniere printr-o selectare mai bună a minereului;
- creșterea profitabilității minelor prin consumuri de mai mici energie și de substanțe chimice și o planificare mai bună a operațiunilor miniere (mai puține foraje de explorare, mai puține reziduuri care trebuie transportate și depozitate), prin această făcând ca exploatarea zăcămintelor mici, sau cu conținuturi scăzute și cu geologie complicată să devină rentabilă economic;
- un minerit mai “verde” prin reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> și NO<sub>2</sub>;
- procurarea suplimentară de materii prime critice pentru Uniunea Europeană;
- creșterea eficienței resurselor.