ENVIHEI

Titel van de PGO-uitdaging:

Dieper graven: duurzaamheidsuitdagingen in de grondstoffensector

Naam van de verantwoordelijke docent

Marinella Passarella en Michael Tost

Universiteit / Departement / Opleiding

Technical University of Leoben / Chair of Mining Engineering and Mineral Economics / International Master's Degree in Advanced Mineral Resources Development (Internationale masteropleiding Geavanceerde ontwikkeling van minerale grondstoffen)

Cursus / Vak waarin geïmplementeerd

1e / Mineral Economics and Project Management (Mineraaleconomie en projectmanagement)

Implementatieperiode (datums)

26 oktober 2025 – 30 januari 2026

Totale duur (weken/uren)

16 weken / 150 uur

Aantal betrokken studenten

38 studenten

Alle resultaten die binnen ENVIHEI zijn ontwikkeld, zijn beschikbaar onder Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal.

Medegefinancierd door de Europese Unie. De geuite standpunten en meningen zijn echter uitsluitend die van de auteur(s) en weerspiegelen niet noodzakelijk die van de Europese Unie of van de Spaanse Dienst voor de Internationalisering van het Onderwijs (SEPIE). Noch de Europese Unie noch SEPIE kan hiervoor verantwoordelijk worden gesteld. [2024-1-ES01-KA220-HED-000246733]

Erasmus+ Enriching lives, opening minds. Co-funded by the European Union

P. No.: 2024-1-ES01-KA220-HED-000246733

1. Projectontwerp

1.1 Korte beschrijving van het project en de voorgestelde uitdaging

De les biedt een basisinleiding tot de verschillende conceptuele grondslagen van duurzame ontwikkeling en duurzaamheid, en tot de huidige toepassingen ervan in uiteenlopende reële casestudy's rond grondstoffen. De les is gebaseerd op een innovatieve aanpak die probleemgestuurd onderwijs (PGO) combineert met artificiële intelligentie (AI). Actieve deelname van de studenten aan de onderstaande activiteiten wordt sterk aangemoedigd. De les is als volgt georganiseerd:

1. De studenten krijgen een kennisbasis aangereikt over de complexe onderwerpen duurzaamheid en duurzame ontwikkeling, zoals de basisgeschiedenis, kernconcepten en theorie (Passarella) en actuele toepassingen die specifiek zijn voor mijnbouw en grondstoffen (Tost). Dit omvat hoorcolleges, opgenomen colleges, video's, leesmateriaal (geselecteerde wetenschappelijke literatuur en handboeken), enz.
2. Er wordt een aantal 'wicked problems' op het gebied van duurzame ontwikkeling voorgesteld, gebaseerd op reële casestudy's rond minerale grondstoffen. De studenten worden in groepen verdeeld en werken aan een bepaald probleem of een bepaalde casestudy, waarbij zij de kennisbasis toepassen en AI als een van de teamleden inzetten.
3. Elke groep stelt een eindrapport over het groepswerk op en elke student een leerlogboek (details worden afzonderlijk meegedeeld), en zij presenteren aan de hele groep (de presentatievorm wordt afzonderlijk meegedeeld). Bij die gelegenheid modereren de docenten een afsluitende sessie.

De kennisbasis omvat de concepten duurzame ontwikkeling en duurzaamheid, met bijzondere aandacht voor de toepassing ervan op niet-hernieuwbare grondstoffen. Deze concepten worden kort herleid tot hun oorsprong (belangrijke VN-processen zoals de Brundtland-commissie, de millenniumdoelstellingen van de VN (MDG's), de SDG's, enz.). Er wordt een overzicht gegeven van onderliggende fundamentele concepten (bijv. welzijn, zwakke vs. sterke formuleringen van duurzaamheid, waardige levensstandaarden, planetaire grenzen, enz.) en kaders (bijv. donuteconomie, MCA,

enz.) vanuit een multidisciplinair perspectief, met inbegrip van ethiek, economie en sociale en milieuwetenschappen. De les bespreekt ook actuele toepassingen van concepten en principes van duurzame ontwikkeling in de mijnbouw en de grondstoffenindustrie, in het bijzonder de duurzameontwikkelingsdoelen van de VN (SDG's) en lopende uitbreidingen daarvan (bijv. The World in 2050 Initiative); voorgestelde beleidskaders (sectoraal vs. integratief) voor de implementatie worden eveneens kritisch geëvalueerd. Er wordt bijzondere aandacht besteed aan de bespreking van de extractieve industrie.

Zowel de structuur als het materiaal van de cursus zijn georganiseerd met begeleide ondersteuning van AI. Daarnaast moeten studenten AI opnemen als lid van de groep en gedurende de hele looptijd van de les (kritisch) gebruikmaken van AI-tools ter ondersteuning van hun groepswerk.

De les is zo georganiseerd dat de belangrijkste capaciteiten die nodig zijn om duurzaamheid te bevorderen in de cursus aan bod komen (bijv. capaciteiten voor duurzame ontwikkeling volgens Harly and Clark-Harvard).

De les wordt gedeeltelijk online gegeven. Ten minste één week vóór elke les, zoals vermeld in de syllabus, worden al het relevante lesmateriaal (slides, literatuur) en een video van het college online geplaatst. Op de vastgelegde lesdatum en het vastgelegde tijdstip brengt een Webex-call docenten en studenten samen voor discussies en een vraag-en-antwoordsessie. Van de studenten wordt verwacht dat zij vóór elke online discussiesessie de betreffende collegevideo hebben bekeken en het geplaatste lesmateriaal hebben bestudeerd. De studenten worden ondersteund via groepswerk en interactie via Moodle voor discussie, en interactie via vragen en antwoorden wordt aangemoedigd. Specifieke weblinks en softwaretools voor online discussie worden afzonderlijk meegedeeld.

***Tabel 1**. Voorgestelde uitdagingen, verantwoordelijke docenten en aantal studenten per groep.*

Groep	Titel	Docent	Nº studenten
1	The Jadar Project - Team 1	Marinella Passarella	5
2	The Jadar Project - Team 2	Marinella Passarella	5
3	The Salar de Atacama Challenge - Team 1	Michael Tost	4

4	The Salar de Atacama Challenge - Team 2	Michael Tost	4
5	The Simandou Gambit	Michael Tost	4
6	The Glencore Coal Controversy	Michael Tost	4
7	The Fen Complex Investment	Michael Tost	4
8	Planetary Boundaries - Team 1 (Europe)	Marinella Passarella	4
9	Planetary Boundaries - Team 2 (Dubai)	Marinella Passarella	4

1.2 Verwachte leerresultaten (academische en transversale competenties)

Systeemdenken begrijpen en beginnen te ontwikkelen

- Belangrijke duurzaamheidsconcepten definiëren en toelichten (duurzameontwikkelingsdoelen, planetaire grenzen, waardige levensstandaarden, verschillende vormen van kapitaal en zwakke vs. sterke duurzaamheid, enz.).
- Belangrijke duurzaamheidsprincipes en hun relevantie voor hernieuwbare vs. niet-hernieuwbare hulpbronnen toelichten.
- De duurzaamheidsconcepten toelichten aan de hand van voorbeelden uit de context van grondstoffen/ mijnbouw.
- De onderlinge verbondenheid van systemen toelichten (systeemdenken).

Systeemdenken toepassen/analyseren en ontwikkelen

- Reële complexe duurzaamheidsproblemen in de context van grondstoffen/mijnbouw onderzoeken/analyseren.
- Verschillende duurzaamheidsaspecten van complexe reële problemen rond grondstoffen/mijnbouw tegenover elkaar plaatsen.
- Het juiste duurzaamheidskader / de juiste definitie /het juiste concept/de juiste methode kiezen en toepassen voor de analyse van complexe reële problemen rond grondstoffen/mijnbouw.
- Verschillende situaties in complexe reële problemen rond grondstoffen/ mijnbouw vergelijken in relatie tot duurzame ontwikkeling (bijv. overwegingen van billijkheid: mondiale Zuiden vs. mondiale Noorden, baten vs. kosten/externaliteiten van ontginning).
- De uiteenlopende standpunten van verschillende stakeholders begrijpen en vergelijken (bijv. bedrijf vs. gemeenschap; lokaal vs. nationaal vs. mondiaal).

- Complexe duurzaamheidsproblemen in de grondstoffensector analyseren door systemische onderlinge afhankelijkheden tussen de ecologische, economische en sociale dimensie te identificeren.

Creëren/evalueren

- De eigen standpunten (en die van de groep) over de voorgestelde wetenschappelijke/technische duurzaamheidsoplossing beargumenteren en verdedigen tegenover medestudenten.
- De duurzaamheidsoplossingen en methoden die medestudenten kozen om complexe reële problemen rond grondstoffen/mijnbouw aan te pakken, kritisch beoordelen.
- Een wetenschappelijk en/of technisch rapport opstellen over de duurzaamheidsvraagstukken in het behandelde complexe reële grondstoffen-/mijnbouwproject.
- Innovatieve oplossingen voorstellen voor een of meer duurzaamheidsvraagstukken van complexe reële problemen rond grondstoffen/mijnbouw.

Kritisch denken, verantwoordelijkheid, toekomstgericht denken en samenwerking ontwikkelen:

- De duurzaamheidsimpact van mijnbouwstrategieën evalueren door alternatieven te vergelijken op basis van ethische, ecologische, sociale en economische criteria, met behulp van gestructureerde besluitvormingsinstrumenten.
- Via interdisciplinaire samenwerking en stakeholderanalyse samen haalbare oplossingen ontwikkelen voor duurzaamheidsuitdagingen in de grondstoffen- en mijnbouwsector.

Een omslag in mindset, handelingsvermogen en empowerment ontwikkelen

- Een kritische mindset ontwikkelen om niet-duurzame ontwikkelingstrajecten om te vormen tot duurzame.
- Kennis koppelen aan actie voor duurzaamheid.

- Bij de besluitvorming rekening houden met billijkheid binnen en tussen generaties bij het ontwikkelen van innovatieve oplossingen voor een of meer duurzaamheidsvraagstukken van complexe reële problemen rond grondstoffen/mijnbouw.
- Reflecteren op de eigen rol als actieve verandermaker en een persoonlijk of groepsgebonden actieplan opstellen om duurzame praktijken in de eigen loopbaan te bevorderen.

Soft skills/proces

- Doeltreffend werken in teams, inclusief besluitvorming in groep en conflicthantering.
- Doeltreffend werken in multiculturele omgevingen en rekening houden met verschillende perspectieven.
- Multicultureel bewustzijn ontwikkelen.
- Projecten van één semester beheren.
- Meerdere deadlines beheren.
- Ideeën doeltreffend communiceren en presenteren in verschillende formats (bijv. mondelinge presentaties, posters).
- AI kritisch en reflectief gebruiken voor het zoeken van informatie, het beoordelen van bronnen en onderzoeksresultaten en gezamenlijk groepswerk, inclusief het toewijzen van gepaste rollen aan AI en het beoordelen van de bijdragen ervan.

1.3 Beoogde duurzaamheidscompetenties

De verantwoordelijke les had tot doel om (waar mogelijk) de duurzaamheidscompetenties van de onderzoekers van Harvard (Clark and Harley, 2020) te integreren in de verwachte leerresultaten:

1. Capaciteit om vooruitgang richting duurzame ontwikkeling te meten.
2. Capaciteit om ontwikkelingstrajecten aan te passen om het menselijk welzijn te beschermen bij schokken.

3. Capaciteit om niet-duurzame ontwikkelingstrajecten om te vormen tot duurzame.
4. Capaciteit om billijkheid binnen en tussen generaties te bevorderen.
5. Capaciteit om te besturen, d.w.z. om samenwerkingsrelaties op te bouwen en te onderhouden met het oog op duurzame ontwikkeling.
6. Capaciteit om kennis te koppelen aan actie voor duurzaamheid.

1.4 Duurzaamheidsbenadering en de manier waarop deze in het project is geïntegreerd

Studenten krijgen een kennisbasis over de belangrijkste aspecten van duurzaamheid en duurzame ontwikkeling aangereikt in de vorm van videocolleges (bijv. SDG's, planetaire grenzen, het duurzaamheidskader van MCA en de toepassingen ervan op minerale grondstoffen en de mijnbouwsector, zoals de Social License to Operate).

1.5 Gebruikte methodologieën en tools (PGO-structuur, facilitatietechnieken, enz.)

Elke groep kreeg een mentor toegewezen. Het werk was georganiseerd volgens de zevensprong (Maastrichts model):

1. Onbekende begrippen verhelderen.
2. Het probleem definiëren.
3. Brainstormen (voorkennis, ideeën).
4. Het probleem analyseren (verklaringen + hypothesen bespreken).
5. Leerdoelen formuleren.
6. Zelfstudie.
7. Bevindingen rapporteren.

Bij complexe problemen kunnen iteraties en extra rondes worden herhaald.

1.6 Organisatie van het project (groepsvorming, tijdlijn, mijlpalen)

Bij het begin van de les werden de studenten geïnformeerd over de operationele werkregels van de PGO-les, inclusief opleveringen, beoordelingscriteria, tijdlijnen en mijlpalen, om een vlotte werkstroom te garanderen (voor elke oplevering golden

verplichte tussentijdse mijlpalen, bijv. een ontwerp indienen en feedback krijgen van zowel mentoren als medestudenten). De uitdagingen werden toegelicht en de studenten werden in groepen verdeeld volgens het criterium van zo groot mogelijke diversiteit op het vlak van gender (ten minste 1 vrouw per groep), nationaliteit en internationale vs. lokale studenten.

1.7 Van studenten gevraagde opleveringen (type, formaat, deadlines)

Opleveringen (zie tabel 2):

Portfolio van het leertraject van de studenten

- Leerlogboek: de stappen van de zevensprong volgen en regelmatig rapporteren over wat je hebt geleerd (bijv. groepsvorming, samenwerking halverwege, leerdoelen, einde, reflectie)
- Technisch rapport
    - Systeemkaart
    - Literatuurstudie
    - Eerste ontwerprapport
    - Eindrapport
- Wetenschappelijke poster
    - Ontwerp van de wetenschappelijke poster – presentatie
    - Presentatie van de wetenschappelijke poster

***Tabel 2**. Planning van de colleges en opleveringen. De verplichte fysieke bijeenkomsten zijn in het rood gemarkeerd, de consultatiemomenten voor groepsmentoring met vragen en antwoorden (online of fysiek) in het zwart.*

Datum	Collegetijd	Oplevering
6 oktober (Marinella + Michael)	14:00-15:30	
9 oktober (Marinella + Michael)	14:30-16:00	(Start leerlogboek)
13 oktober (Marinella + Michael)	14:00-15:30	Uiterlijk 15 oktober • Groepscontract
20 oktober (Marinella + Michael)	13:00-15:30	• Systeemkaart • Leerlogboek bijwerken
27 oktober (Michael)	15:30-17:00	
30 oktober (Marinella)	14:00-15:30	
3 november (Michael)	15:30-17:00	• Leerdoelen • Leerlogboek bijwerken
6 november (Marinella)	14:00-15:30	

10 november (Michael)	15:30-17:00		
13 november (Marinella)	14:00-15:30		
17 november (optioneel)			
20 november (Marinella)	14:00-15:30		
24 november (Michael + Marinella)	13:00-15:30	2,5h	• Literatuurstudie • Leerlogboek bijwerken
1 december (Michael)	14:00-15:30		
1 december (Marinella)	15:30-17:00		
9 december (Marinella)	15:30-17:00		
10 december (Michael)	15:30-17:00		
15 december (Michael + Marinella)	13:00-15:30	2,5h	• Eerste ontwerprapport • Leerlogboek bijwerken
12 januari (Marinella)	13:00-14:30		
12 januari (Michael)	14:30-16:00		
19 januari (Michael + Marinella)	14:00-15:30		• Eindrapport • Ontwerpposter in PPT • Leerlogboek bijwerken
26 januari (Michael + Marinella)	13:00-15:30	2,5h	• Wetenschappelijke poster • Leerlogboek bijwerken
30 januari (Michael + Marinella)	13:00-15:30	2,5h	• Definitief leerlogboek

1.8 Betrokken externe partners (mentoren, bedrijven, experts…) en hun rol

De docenten traden op als gespecialiseerde mentoren voor de onderzochte sector. Elke groep kreeg één mentor toegewezen die de groep gedurende de hele cursus ondersteunde bij technische en organisatorische vragen. De toegewezen uitdagingen zijn reële casestudy's.

2. Projectevaluatie

2.1 Gebruikte beoordelingscriteria en -methoden

De beoordelingscriteria en de weging worden hieronder weergegeven (figuur 1).

% of the overall grade	Deliverable	Group	Individual	Results	Process	AI	Grade / accomplished	Who is the grader?
25%	Portfolio of your learning path		X		X	X	Accomplishment	Teachers
35%	Technical Report	X		X		X	Grade (track where AI was used and include it in an appendix of the report)	Teachers
15%	Scientific Poster	X		X		X		Peer assessment
10%	Overall Participation		X		X		Level of participation? (minus or red flags + neutral)	Teachers
15%	Group Participation / collaboration		X		X		Grade	Peers verified by the teacher

Figuur 1. *Beoordelingscriteria en -methoden gebruikt voor het PGO.*

2.2 Bewijs van het leren van studenten (voorbeelden, output, resultaten)

Het bewijs van het leren van de studenten omvat de afgewerkte opleveringen, de aanwezigheid bij fysieke colleges en bijeenkomsten, en actieve deelname en samenwerking in groepsactiviteiten.

3. Reflecties en aanbevelingen

3.1 Belangrijkste resultaten en sterke punten van het project

De studenten voelden zich versterkt en toonden een hoge mate van betrokkenheid en inzet bij het groepswerk. Uit hun feedback bleek dat werken in een internationale omgeving, in het Engels, aan complexe reële uitdagingen een waardevolle en verrijkende ervaring was.

De studenten ontwikkelden hun vermogen om in groep een project van meerdere maanden te beheren. Zij waardeerden vooral de mijlpalen die voor elke oplevering waren vastgelegd, inclusief de tussentijdse inzendingen, die hen hielpen hun werk te structureren en hun voortgang gedurende het project op te volgen.

Het project zorgde ook voor sterke banden tussen de groepsleden en hielp de studenten strategieën te ontwikkelen om uitdagingen samen te overwinnen. Via het leerlogboek

werden de studenten aangemoedigd te reflecteren op hun leerproces, uitdagingen, voortgang en persoonlijke ontwikkeling gedurende het project.

De band tussen de mentoren/docenten en elke studentengroep was een ander belangrijk sterk punt. Vanuit het perspectief van de mentoren was het een verrijkende ervaring om de studenten te begeleiden tijdens hun PGO-traject, door ondersteuning, advies en suggesties te bieden en hen tegelijk geleidelijk verantwoordelijkheid te laten nemen voor hun werk.

Vanuit het perspectief van de docenten vergde het project een aanzienlijke initiële investering in tijd, middelen en voorbereiding. Zodra het materiaal en de structuur echter waren ontwikkeld, kan de aanpak in de komende jaren gemakkelijk met nieuwe studenten worden herhaald.

Het project hielp de studenten ook de complexiteit en het belang van duurzaamheid in te zien. Zij ontwikkelden inzicht in belangrijke duurzaamheidsconcepten en -kaders en leerden die toe te passen op ecologische duurzaamheidsuitdagingen, rekening houdend met de verbanden met de sociale en economische dimensie.

Over het geheel genomen was het project een zeer lonende en verrijkende ervaring voor zowel studenten als docenten, waarin gezamenlijk leren, reële uitdagingen, duurzaamheid en persoonlijke ontwikkeling samenkwamen.

3.2 Ondervonden uitdagingen en hoe deze werden aangepakt

Bij het begin van de cursus was het een uitdaging om het Moodle-platform volledig klaar te hebben met al het nodige materiaal. Dit werd aangepakt door prioriteit te geven aan het meest essentiële materiaal dat bij de start van de cursus nodig was, zoals de beschrijvingen van de uitdagingen, en dat eerst voor te bereiden. Het overige materiaal werd tijdens de eerste maand van de cursus ontwikkeld, parallel met de implementatie.

Ook het voorbereiden van alle video's voor de flipped-classroomaanpak was een uitdaging. Dit werd aangepakt door de laatste video op te nemen nadat de cursus al was begonnen, aangezien de studenten die pas in november nodig hadden.

Een andere uitdaging was dat één mentor verschillende groepen tegelijk moest ondersteunen. Om dit op te vangen, werd meer tijd aan mentoringactiviteiten besteed dan aanvankelijk gepland.

3.3 Lessen voor toekomstige implementaties

De studenten gaven in hun feedback aan dat zij graag meer formele colleges in de klas hadden gehad over de theorieën, kaders en concepten van duurzaamheid en duurzame ontwikkeling. De studenten hadden toegang tot videocolleges in een flipped-classroomformat, maar zij hadden liever live colleges gehad, omdat zij het gevoel hadden dat zij veel meer leerden uit de weinige sessies die fysiek werden gegeven.

De opleveringen gelijkmatiger over de cursus spreiden, met meer deadlines naar het einde toe. De studenten vonden dat het tempo tijdens het eerste deel van de cursus, tot half november, te hoog lag en dat zij niet genoeg tijd hadden om de kernconcepten uit de kennisbasis te begrijpen voordat zij die op hun projecten toepasten.

4. Ondersteunend materiaal

4.1 Materiaal van de docenten en projectdocumentatie

Het materiaal van de docenten en de projectdocumentatie zijn beschikbaar via de volgende link:
https://drive.google.com/drive/folders/1zVf8NVo86EeKvQcYep1lPMmSW-Xk62Wu?usp=drive_link

4.2 Door studenten geproduceerde opleveringen, eindpresentaties of pitchmateriaal

Sommige studenten toonden interesse om de inhoud van hun technische rapporten en posters te publiceren. Daarom worden de technische rapporten, posters en andere gerelateerde opleveringen pas openbaar gemaakt wanneer de studenten de kans hebben gehad hun werk te publiceren. Tot slot worden de leerlogboeken niet openbaar gemaakt, omdat zij persoonlijke reflecties van individuele studenten bevatten.

Een voorbeeld van door studenten geproduceerde opleveringen is beschikbaar via de volgende link:
https://drive.google.com/drive/folders/1_4iWAocbkoPuXH_EG7PbjyFItRCEoY4r?usp=drive_link

De eindpresentaties van de studenten zijn beschikbaar via de volgende link:
https://drive.google.com/drive/folders/1nIbrHmMgMMF_3HQIqHF1Z_j_jeiWlw3m?usp=drive_link

4.3 Afbeeldingen/video's (met toestemming)

Foto- en video-opnamen werden gemaakt met de uitdrukkelijke toestemming van de deelnemende studenten en zijn beschikbaar via de volgende link:
https://drive.google.com/drive/folders/18x19T8k4bCjGAmB50MobbuXbP9OVj4Py?usp=drive_link

4.4 Overig relevant materiaal

Al het materiaal, inclusief dit rapport, is beschikbaar via de volgende link:
https://drive.google.com/drive/folders/1nKjMkwkTf7BZCzWY40b7798mHpfyM3um?usp=drive_link