

出國報告（出國類別：開會）

參加「2025 年歐洲地熱大會
(2025 European Geothermal Congress)」
出國報告

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：江俞萱 地熱開採工程師

派赴國家/地區：瑞士 蘇黎世

出國期間：114 年 10 月 05 日至 10 月 13 日

報告日期：114 年 11 月 05 日

摘要

歐洲地熱大會 ((2025 European Geothermal Congress, EGC) 為每三年舉辦一次，並以地熱為主軸的大型國際研討會。作為能源轉型的關鍵活動，EGC 旨在將地熱能融入歐洲的能源結構，對於促進創新、推動地熱議題與實踐都有舉足輕重之影響。EGC 是一個綜合性的平台，用於展示和討論歐洲地熱能領域在市場、技術、科學、工業和政策等方面的最新發展。

本次出國的目的包括與專家學者交流台灣地熱案場開發現況，建立聯繫管道，開拓日後合作交流契機。獲取先進地熱鑽井技術、地熱田生產開發等最新相關資訊。蒐集並參考國際開發地熱案場的經驗，借鏡他國的技術與執行面評估本公司案場，提高研究成果與日後案場開發規劃之實務可行性。藉由出國參加研討會行程，與儀器設備商或顧問公司進行討論，了解技術發展現況與新創產品資訊。透過蒐集並彙整會議重要資訊、地熱案場案例與參展廠商簡介，有助於公司掌握最新國際地熱發展趨勢、調整團隊研發方向。所學新知亦可應用於未來研究計畫，為日後案場開發和生產技術等研究量能增加助力。

目次

摘要	1
壹、目的	3
貳、過程	4
參、具體成效	10
肆、心得與建議	34

壹、目的

為提升本公司先進鑽井技術研究能力、增強地熱開發技術，需多加瞭解當今國際上地熱開發技術相關資訊。本出國計畫參加於 2025 年 10 月 7 日至 9 日於瑞士蘇黎世舉行的歐洲地熱大會 EGC (2025 European Geothermal Congress)，本會議為三年舉辦一次，並以地熱為主軸的大型國際研討會。作為綜合交流平台，展示歐洲地熱能市場、政策、技術與產業的最新概況，對於促進創新、推動地熱議題與實踐都有舉足輕重之影響。歐洲地熱大會匯聚歐洲乃至於世界各國的地熱研究人員、產業領袖、政策制定者、金融業人士的盛會，藉此機會與各方人士互相交流國際上地熱發展的現況與技術，會議議程如附件一所示，研討主題包括：資源評估與開發(探勘與鑽井)；增強型地熱系統(Enhanced Geothermal System)等。

在研討會所獲取之資訊可運用於大屯火山、宜蘭等各區地熱開發案場，短期內亦可應用於 115 年研究計畫「地熱電廠流體結垢及腐蝕潛勢之監測與分析」，長期而言能擴展對地熱開發技術與研究方法/主體的認知。

貳、過程

本次出國的日程如表 1 所示，共計 7 天。114 年 10 月 5 日從桃園機場搭機至瑞士蘇黎世機場，10 月 7 日至 10 月 9 日參加 2025 年歐洲地熱大會(2025 European Geothermal Congress)；10 月 12 日至 10 月 13 日則從瑞士蘇黎世機場搭機回台。研討會地點為瑞士的蘇黎世會議中心，位於蘇黎世市區，蘇黎世湖畔旁(如圖 1)，大眾運輸交通便利，可搭乘電車、公車到達。

表 1 出國行程

日期	地點	工作內容
10/5~10/6	桃園機場-維也納機場(轉機)-瑞士蘇黎世機場	啟程
10/7~10/9	瑞士蘇黎世會議中心	參加 2025 年歐洲地熱大會 (2025 European Geothermal Congress)
10/12~10/13	瑞士蘇黎世-維也納機場(轉機)-泰國曼谷機場(停留)-桃園機場	返程

歐洲地熱大會 EGC (European Geothermal Congress)，為三年舉辦一次，並以地熱為主軸的大型國際研討會，今年在瑞士蘇黎世的蘇黎世會議中心（Kongresshaus Zürich）舉行。蘇黎世作為瑞士的金融與創新中心，積極推動再生能源之發展。瑞士自 1970 年代以來，便在淺層地熱應用方面積極投入，並在 2025 年能源策略中，將地熱作為重要的再生能源來源。蘇黎世的環保與創新氛圍，使其成為舉辦 EGC 2025 的理想城市(圖 1)。

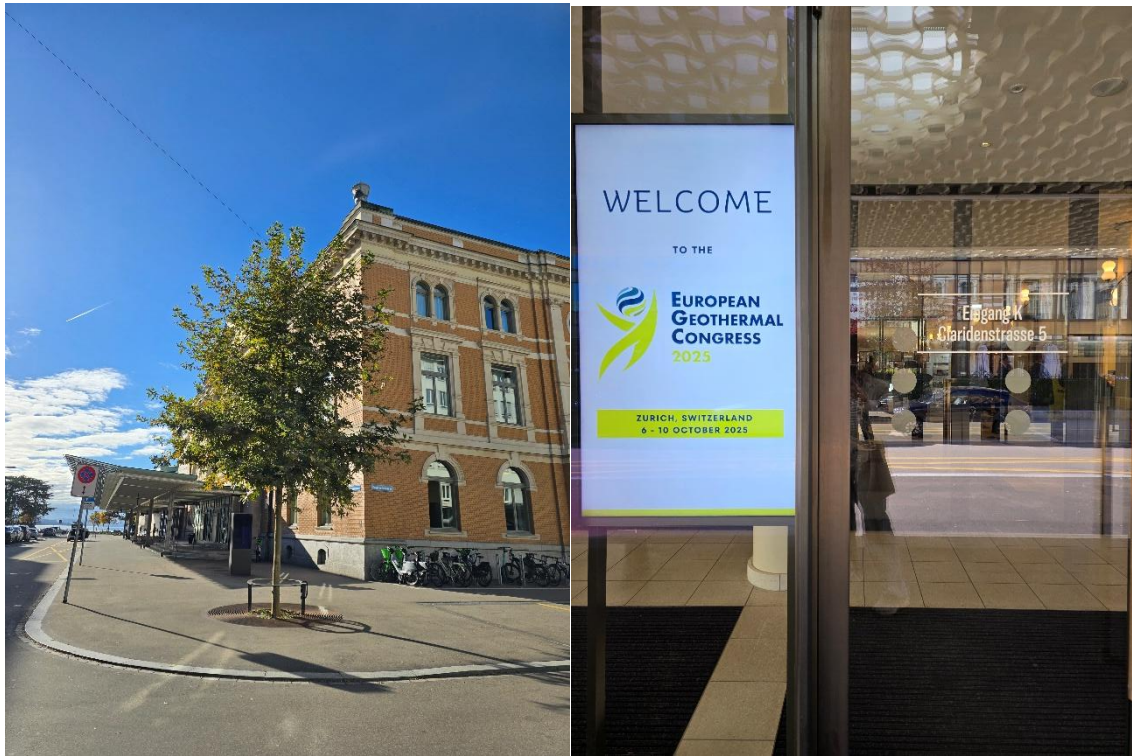


圖 1 會場建築物外觀(左)；會場門口的研討會公告(右)

本屆大會由歐洲地熱能源理事會(EGEC)與瑞土地熱協會(Geothermie-Suisse)共同主辦，旨在推動地熱能源在歐洲能源轉型中的關鍵角色，促進去碳化與能源自主。今年報名人數高達一千多人次。作為綜合交流平台，展示歐洲地熱能市場、政策、技術與產業的最新概況，對於促進創新、推動地熱議題與實踐都有舉足輕重之影響。該研討會有以下特色：

- 多元議程：大會將涵蓋口頭報告、海報展示、技術與政策論壇、專題工作坊、業務發展活動、社交活動、以及地熱實地考察等。與會者可參與一對一會議、單位交流與社交活動，促進跨領域合作與創新。
- 展覽與贊助機會：大會設有展覽區，提供企業展示產品與服務的機會。本次會議共有 46 個展位，分為標準與高級展位。此外還提供多種贊助方案，協助企業提升品牌能見度。

- 學術與研究交流：大會徵集涵蓋地熱發電、供熱與冷卻、地下熱儲存、礦物提取等議題的摘要，並在會議期間進行展示。

為利研討會參與者隨時掌握議程資訊與進行交流，主辦單位創建一個名為「b2match」的免費手機 APP(圖 2)，在此應用程式登錄，可按時間條列個人行程安排，顯示個人訂閱會議的議題、時間與地點，亦可線上隨時更改，方便參與者檢視與調整。另有一對一會議的邀請與私訊功能，參與者隨時可和感興趣的人員發出會談邀請，促進不同領域或單位之間的人士進行交流與合作。

本屆 2025 European Geothermal Congress (EGC 2025) 主要分為四個部分，同時或分時段進行。第一部分為口頭報告，包括第一天的開幕式、41 個研討主題、6 場半全體會議，每位報告者（含討論時間）被分配到約 15 分鐘；第二部分為海報發表，在 10/7~10/9 展出，總計近 80 篇海報；第三部分為廠商攤位，參與單位包含地熱探勘與鑽井服務公司、地球物理與監測設備商、能源顧問公司及研究機構等。各廠商於現場展示最新的技術成果與產品，並與學術界及產業界交流專業知識、分享應用經驗與洽談合作機會。第四部分則為特別論壇與小型座談，針對歐洲地熱政策、能源轉型策略與永續利用等議題進行討論。會議的議程如表 2。

本次研討會的論文與報告主題可歸納為九大類，分別如下：

- (1) 地熱資源探測與評估 (Geothermal resource exploration and assessment)
- (2) 鑽井技術與儲層工程 (Drilling technology and reservoir engineering)
- (3) 地熱能轉換與發電技術 (Geothermal power conversion technologies)
- (4) 熱能直接利用與區域供熱 (Direct use and district heating)
- (5) 地熱地球化學與地球物理監測 (Geochemistry and geophysics monitoring)
- (6) 地熱系統的永續經營與環境影響 (Sustainability and environmental impact)

- (7) 政策、法規與經濟面分析 (Policy, regulation, and economics)
- (8) 新興技術與創新應用 (Emerging technologies and innovation)
- (9) 公眾參與與社會接受度 (Public engagement and social acceptance)

從議程內容可觀察到，本屆研討會特別聚焦於深層地熱系統開發、地熱直接利用(供暖、製冷及工業應用)、以及地熱發展策略與經濟分析等議題。這反映出近年歐洲地熱研究與產業發展的趨勢：從單一能源開發逐步轉向綜合性、區域性的永續能源策略。此外，多場專題報告也針對鑽井成本降低、熱流監測與儲層建模等實務挑戰提出最新研究成果，顯示地熱能在能源轉型與淨零碳排目標下的重要角色日益受到重視。

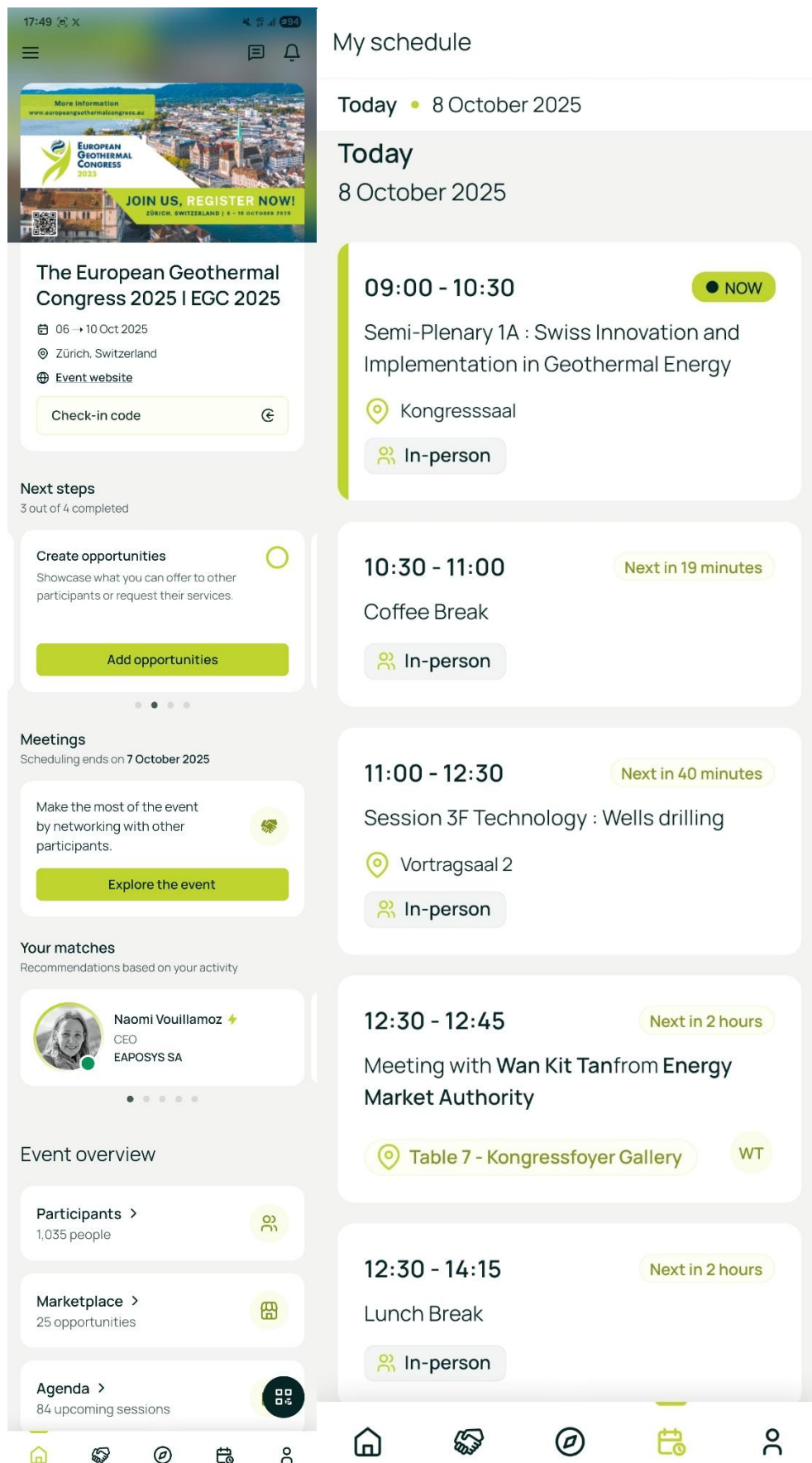


圖 2 研討會手機應用程式畫面

表 2 會議議程

日期	時間	議程
10/7 Tuesday	09:40 - 11:15	Opening Ceremony Session 1 : Introduction EGC2025 、Welcome Address
	11:45 - 13:00	Opening Ceremony Session 2 : Perspectives from a European to a Local Approach
	13:45 - 14:15	Poster Session 1
	14:15 - 15:45	Session 1A Science : Research in drilling technologies
	16:20 - 17:50	Session 2F Science : Lab/field experiments
10/8 Wednesday	09:00 - 10:30	Semi-Plenary 1A : Swiss Innovation and Implementation in Geothermal Energy
	11:00 - 12:30	Session 3F Technology : Wells drilling
	14:15 - 15:45	Session 4A Science : Reservoir Characterization and Optimization
	16:00 - 16:30	1 to 1 meetings during breaks with Wan Kit Tan (Energy Market Authority Singapore, Singapore)
	16:30 - 18:00	Session 5F Science : Well Integrity and Performance Optimization
10/9 Thursday	09:00 - 10:30	Semi-Plenary 2C : Developing and Financing Successful Project & Market
	11:00 - 12:30	Session 6C Technology : EGS technologies
	13:55 - 15:25	Session 7C Technology : Induced seismicity monitoring

參、具體成效

本次前往瑞士參加歐洲地熱大會的目的之一，為瞭解當今國際上尤其歐洲的地熱產業發展動向與策略；其二，蒐集國際開發地熱案場的經驗與技術，藉以拓寬並加深本公司先進鑽井技術、增強地熱開發技術等的研究能力；其三，是建立國際性友善聯繫管道：與國際上的地熱專家、研究機構或潛在合作廠商交流並分享各自想法，藉此機會宣傳本公司在地熱領域的成果，並鋪墊日後技術合作、聯合研究的機會，提升公司國際視野與競爭力。以下就三大面向說明本次參與歐洲地熱大會的成果與效益。

一、歐洲地熱產業發展動向與策略

研討會第一天(10/7)上午為開幕式(全體會議)，講者多為歐洲地熱發展相關的機構代表，例如：歐洲地熱能源理事會主席(EGEC)、瑞土地熱協會主席(Geothermie-Suisse)、瑞士聯邦能源局副局長(SFOE)、蘇黎世聯邦理工學院校長(ETH Zurich)、國際能源總署能源分析師(IEA) (圖 3)、蘇黎世市議員、瑞土地熱能源公司執行長(Geo-Energie Suisse AG)、能源服務公司 Baker Hughes、鑽井設備商 Herrenknecht Vertical GmbH、發電機組公司 Exergy 等相關人士。主要談論歐洲地熱發展現況與挑戰，講者講述的重點摘錄如下：

地熱能源的用途非常多元，但在全球能源需求中所占比例仍然很小，主要分佈在熱泵、工業、農業以及約 21% 的電力生產上(圖 4)。傳統地熱雖在持續成長，但在全球電力組合中的占比仍然偏低。在 2024 年版《世界能源展望》(World Energy Outlook)提到，即使按照目前各國政策，地熱裝置容量在 2050 年前也可能增加至三倍。截至 2023 年底全球約有 16 GW 的電力來自地熱。做為比較，一座核能或燃

煤電廠約為 1 GW，也就是說地熱相當於 16 座大型電廠，預計在未來 10 年內還會翻倍。

不過，若要顯著提升地熱在全球發電中的比例，仍需要更多政策支持與投資誘因。在近幾年之間，全球及歐洲地熱領域都出現了許多正面的發展。地熱能源越來越受到媒體與公眾關注，甚至許多原本對地熱一無所知的業界人士(私募基金、基礎建設投資機構)如今也開始想要深入了解。這對整個產業來說是良好的現象，原因在於下列一連串事件的共同推動：

供給面：新型地熱開發技術的興起，包括「增強型地熱系統」(Enhanced Geothermal Systems, EGS)與「先進型地熱系統」(Advanced Geothermal Systems, AGS)。這些技術在近年獲得了顯著的進展，許多具代表性的示範專案正在全球各地展開——例如美國的 Fervo Project、德國的 Ever Project，以及瑞士 Geo Energy Swiss 去年進行的 EGS 試驗計畫。這些專案顯示，地熱能源的供應潛力正在擴大，且地理與地質條件的限制也相對減少。



圖 3 國際能源總署講者與其他貴賓

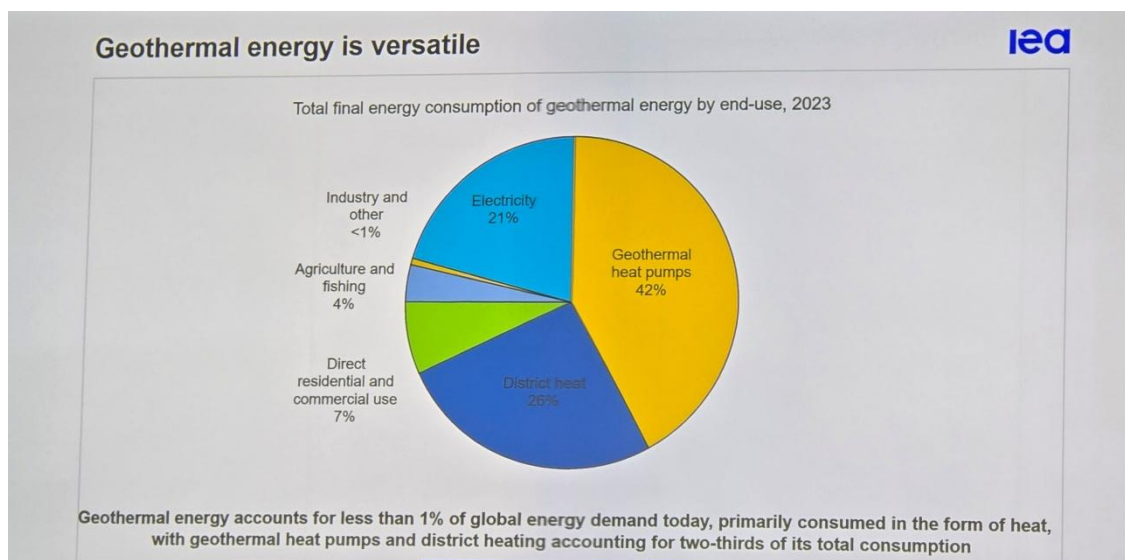


圖 4 地熱應用類型與佔比(2023 年)

此外，封閉式循環系統（Closed-loop system）也是近兩年在德國迅速進展的技術。然而，若要在歐洲推動更多鑽井數量，重點不僅是添購更多設備，而是如何「縮短非鑽進時間（flat time）」，也就是水泥封固、測井與準備作業所花的時間。這部分的改善潛力甚至比加快鑽速更大。減少損耗時間，意味著降低成本與促進更多項目的可行性。

需求面：人工智慧（AI）的興起推動了高耗能資料中心的快速成長，這些設施不僅需要大量電力，同時也產生大量廢熱並需要冷卻。據估計，一次 AI 查詢的耗電量是普通 Google 搜尋的五到十倍。而這些企業用戶通常也有使用綠色能源的要求。

經濟面：地熱專案的報酬與融資機制演變從 2010 ~2024 年，多數專案依靠固定電價（feed-in tariffs）或國營電力公司的支持；之後則逐漸轉向「雙邊電力購售協議（bilateral power purchase agreements, PPAs）」與市場化合約，讓地熱開發更具靈活性與吸引力。目前固定電價仍具吸引投資的效果，但整體趨勢正朝多元化發

展。

政策面：法國與德國的地熱專案已被列為歐盟關鍵原料法案（EU CRM Act）下的「戰略性項目」，這大大提升了投資信心。波蘭去年創下歷史新高的地熱專案申請量，而這其實得益於波蘭政府自 2016 年起全額補助地熱探勘費用。此外，多國政府建立了地熱數據公開資料庫，並由歐洲地質資料平台提供支援，進一步降低了早期探勘風險。Baker Hughes 的地熱部門執行長 Ajit Meon 提及，在選址時最重要的條件之一，為是否已有充足的地質資料。這對於新興地熱之應用尤其關鍵。

探勘方面：歐洲近期也啟動了多項新計畫，例如冰島、瑞士北部、克羅埃西亞的場址勘查專案等。Baker Hughes 參與德國聯邦經濟與能源部資助的 DemoCell 專案，與布拉恩施魏格大學（TU Braunschweig）合作，成功鑽探薩克森州第一口深層地熱井，為降低區域開發風險提供了寶貴經驗。運用最新的導向鑽井技術、可控彎曲設備、先進鑽頭與固井技術，展示技術如何顯著提升鑽井的品質與效率。

從全球角度來看，地熱的「均化成本（LCOE）」也持續下降。2024 年全球平均每度電僅為 0.06 美元，較前一年下降 60%。這使得地熱在長期與其他再生能源相比更具競爭力。與兩年前相比，如今有更多歐洲國家制定了全國性地熱發展計畫，並設定遠大的目標。儘管仍有挑戰與未達成的目標，但這些政策與技術突破，已大幅提升了整體關注與支持。

此外，地熱能源的直接利用（例如供暖、製冷及工業應用）在歐洲一直佔有重要地位，現今也在北美快速興起。歐洲目前也有許多地熱與鋰開發專案啟動，特別是在法國與德國。歐洲幾乎所有類型的地熱應用都在發展中——從淺層傳統型、增強型地熱系統(EGS) 到熱能共生。這些專案面臨的共同挑戰是：如何以符合成本

效益的方式完成專案、高效率鑽井與運營，並確保產能達標。因此，Ajit Meon 認為地熱專案應被視為一個整體系統，從地層(subsurface)到地面發電與供熱(surface power and heat generation)都需一體化規劃。

從全球角度來看，地熱發電項目主要集中在美國、東非與遠東地區。Herrenknecht Vertical 的常務董事 Ulrich Hahne 提及地熱開發往往先從某個國家起步，隨後擴散至鄰國，這不僅適用於發電，也包括供熱(圖 5)。地熱供熱主要集中在歐洲與中國地區。最初在東歐幾個國家起步，如今瑞士、匈牙利、奧地利、德國、丹麥與冰島等國都展開許多新計畫。潛力相當可觀，Ulrich Hahne 認為現在歐洲應該邁入下一階段，像美國和部分國家一樣，地熱發電與供熱項目同時並進。歐洲的焦點主要放在供熱市場，例如荷蘭、德國與奧地利等國，預期未來幾年將大幅發展地熱供熱系統。

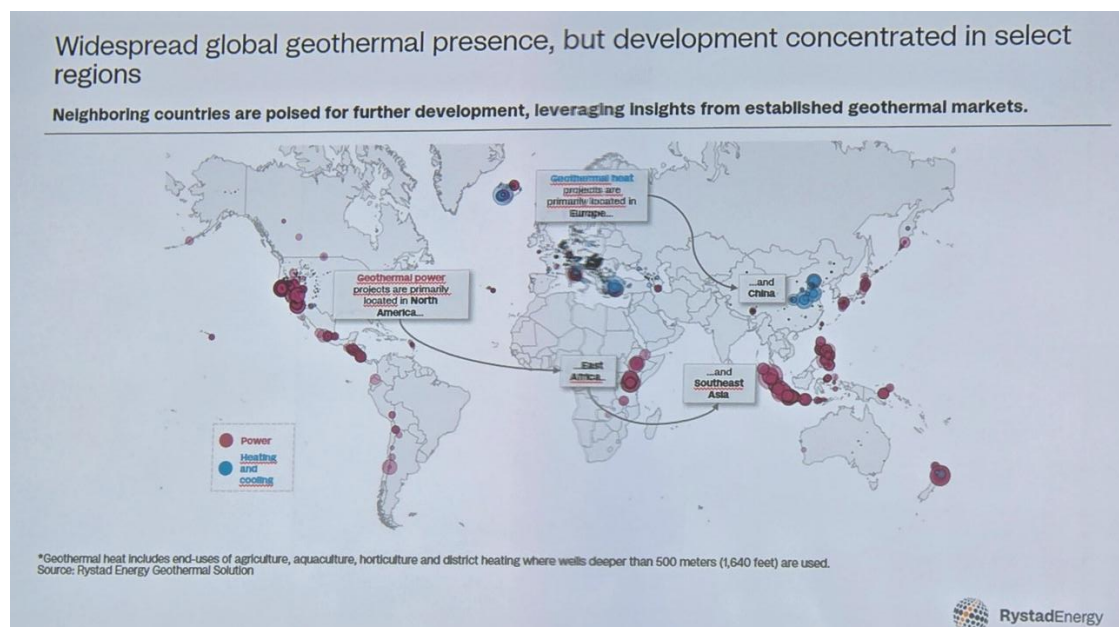


圖 5 全球地熱開發分布區域與使用類型

二、開發地熱案場的經驗與新型技術

1. 瑞士汝拉州（Jura）Haute-Sorne EGS 先導計畫

講者：Olivier Zingg, Geo-Energie Suisse

這項計畫由 Geo-Energie Suisse 自 2012 年起便開始籌劃，歷史相當久遠。過去幾年由於法律訴訟而停滯，直到三年前才重新啟動。計畫的目標是開發並建設一座地熱發電廠，最大發電輸出為 5 MW，年發電量可達 5,400 MWh。主要目標是發電，其次是有效利用所產生的熱能。這項計畫同時也是一個 EGS 技術安全性的示範性試點專案（pilot project），旨在證明在瑞士以「增強型地熱系統（EGS）」進行發電的可行性。

該專案配備多重監測系統，並不僅限於地區性發展，而是被視為「具有創新示範意義的國家級參考計畫」。每一個里程碑都帶來新的知識，對學術界與產業界都極具價值。此計畫的創新之處也在於風險管理方式。講者提及過去曾在波蘭與瑞士巴塞爾看到地熱開發因地震風險而被迫中止，因此在推進此專案時採取三項關鍵決策：

- (1) 調整注水液裂方法：採取與以往不同的作法，以降低地震風險。
- (2) 逐步增加注入量：非一次全功率運作，而是採漸進式控制，以便即時掌握地下反應。
- (3) 即時線上監測：建立全方位即時監控系統，隨時追蹤地層與地表狀況。

目前所有監測結果都相當正面，專案「所有指標皆為綠燈」。若最終成功，將可在瑞士全國推展更多地熱專案，以達成聯邦政府設定的 2035 年與 2050 年能源目標。這也將促進地熱產業在瑞士本土的成長。依據講者的觀察，若要推動地

熱產業在瑞士持續發展，必須具備以下五項條件：

- (1) 聯邦財政支持：這是推動產業的首要條件。
- (2) 州層級法規調整：各州必須更新相關法規，允許深層地熱開發。
- (3) 企業持續投入：若沒有企業的投資與創新，產業無法成長。
- (4) 培養本地專業人才：地熱技術屬高科技領域，講者團隊需要更多具備專業知識的本地專家。
- (5) 社會溝通與民眾參與：必須與居民保持對話、定期說明、聆聽意見，提升專案的社會接受度。

該計畫的探勘策略極具特色，其核心並非「尋找」斷層，而是「規避」區域性的活動斷層。透過詳細的地球物理調查，團隊旨在選擇一個遠離已知主要斷裂帶的區域進行鑽探與儲層激勵，從根本上降低誘發大規模地震的風險。第一口深達 4,000 米的探勘井已順利完成(圖 6)。此井未來可作為生產井或注入井。鑽井作業進行順利且快速，僅耗時不到三個月。目前探勘階段尚未完全結束，目前仍在分析數據並撰寫報告，須提交給股東、州政府與瑞士能源局以獲得下一階段核准。同時，Geo-Energie Suisse 也開始構思後續更大型的計畫，將此試點成果擴展至 20 – 30 MW 級的商業地熱電廠。根據初步分析，未來若規模化發展，預期均化成本 (LCOE) 約 15 電流比/度 (Ct/kWh)，若同時回收熱能則成本可進一步降低。其鑽井成果與關鍵發現如下：

- **鑽井效率：** 採用 PDC 鑽頭，鑽井速度顯著超越預期模型，在不到三個月的時間內即完成作業，證明了在結晶岩中高效鑽井的技術可行性。
- **地質確認：** 成功證實了深部存在富含天然裂隙的結晶岩（花崗岩），符合 EGS 開發的地質前提。
- **溫度梯度：** 在結晶岩中測得 31.5°C/公里的正常地溫梯度，確認了該地區的熱源潛力。

- **儲層激勵測試：** 透過注水測試，成功將目標儲層的導水率 (transmissivity) 提升了 120 至 150 倍，證明了岩體的可改造性。
- **地震響應：** 岩石對注水的地震響應比過去的巴塞爾專案低了 60 至 70 倍，顯示出該區域的岩石特性具有顯著較低的誘發地震風險。

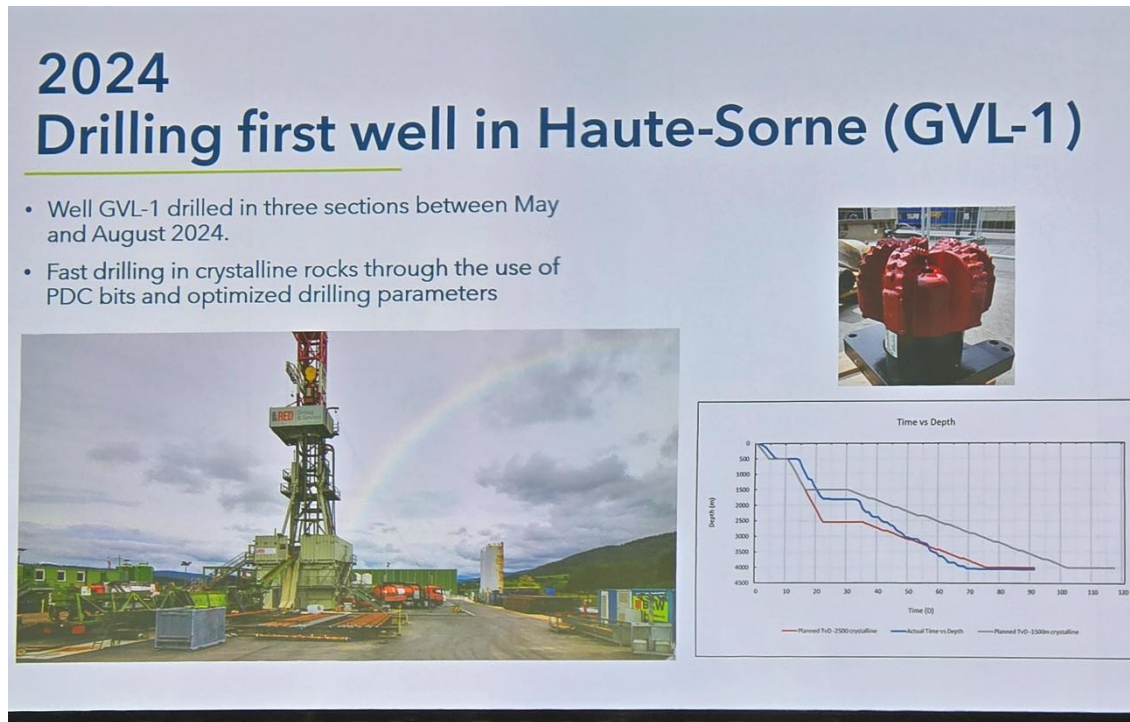


圖 6 第一口探勘井於去年（2024）5 月至 8 月間垂直鑽至 4,000 公尺

2. Geo-Energy 公司經驗分享

講者：Peter Meier

講者 Peter 是蘇黎世聯邦理工學院的地質工程師，並擁有關於高異質性地層之地質統計與數值建模的博士學位。大約十五年前，Peter 成為 Geo-Energy 公司的總監，該公司負責開發多項地熱專案，其中包括「Ossingen 專案」。他同時也是 Geo-Energy 協會委員會的積極成員長達十年，憑藉在地熱能源與地質學方面的專

業，為協會做出了重要貢獻。他不僅在技術層面提供建議，也在能源政策與法規議題上扮演顧問角色，持續努力改善地熱發展的整體環境條件。

Peter 分享從 Basel 專案學到的主要教訓是：不要進行大規模的水力液裂。在 Basel 專案，曾在六天內注入約 12,000 立方公尺的高壓流體，導致地震活動。在 2012 年採用了不同的方法——「多階段液裂法（multi-stage stimulation）」，這種方式以多次小規模注入取代一次大量注入，不僅大幅降低風險，也顯著提升了能量產出，其產能約為初始 Basel 專案設計的十倍。

在 2012 年，使用地震風險危害圖（hazard map），篩選超過 120 個潛在鑽井地點。圖 7 的綠色與黃褐色標示的區域主要位於瑞士西北部。最後選出五個場址進行評估。當時刻意避開了城市密集區，選擇地震活動自然偏高但人口較稀少的地區。事實證明，這項策略是正確的。最近在 Ossingen 的試驗顯示，其地震活動度比 Basel 專案低了約 60 倍。去年，Geo-Energy 鑽完第一口深井，目前也有一口 400 公尺的探井正在進行測試，未來將轉為生產井。講者提及該公司使用在美國能源部 FORGE 計畫中開發的新型 PDC 鑽頭，該技術投入超過 2.2 億美元研發。透過這樣的國際合作，能更有效率地鑽進結晶岩層。從深度—時間曲線來看，僅用 75 天就完成鑽井，速度明顯快於以往的幾個對照專案。這口井花費約 8000 萬瑞士法郎(約 9,881 萬美元)，而在美國類似條件下成本約為 500 萬美元，可見仍有三到四倍的降本空間。

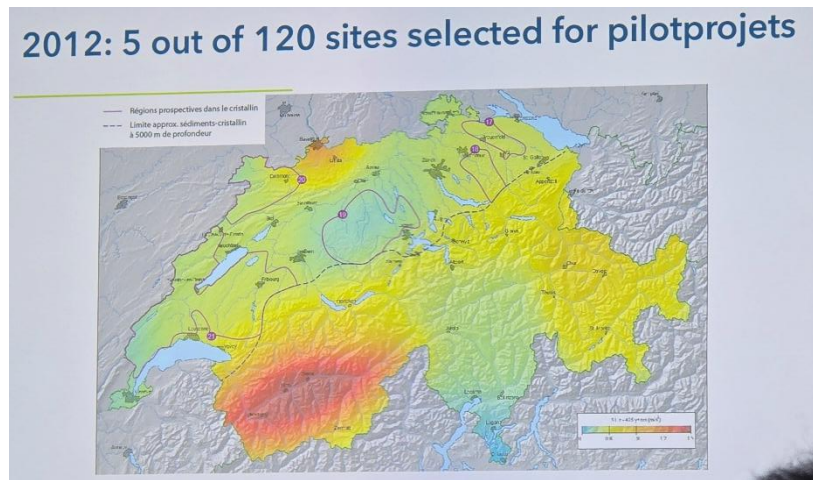


圖 7 利用地震風險危害圖選出 5 個場址進行評估

3. 匈牙利地熱能源現況與未來發展策略

講者：Viktor Horváth, deputy state secretary for energy, Hungary

本場次由匈牙利能源部代表演說，主題聚焦於該國地熱資源潛能、法規改革、實際應用案例及未來政策方向。匈牙利擁有相當優越的地熱條件，其平均地溫梯度約為每公里 45°C，為歐洲平均值的兩倍。過去百年間，已鑽探超過 9,000 口井(以石油與天然氣井為主)，累積的地層資料使其得以建立全國性「地熱資訊平台」，於 2020 年正式上線，供公眾與研究單位免費使用。

目前匈牙利地熱總裝置容量約為 1 GW，其中約 40% 用於農業溫室加熱，25~30% 用於區域供熱系統，其餘多用於溫泉休閒設施。整體而言，地熱僅佔最終能源消耗約 1%，開發潛力仍極大。匈牙利政府於 2024 年提出「2035 地熱戰略願景」，目標為使地熱能占熱能市場比率提升至 25~30%(圖 8)，以取代部分天然氣消耗(相當於每年約 10 億立方公尺)。

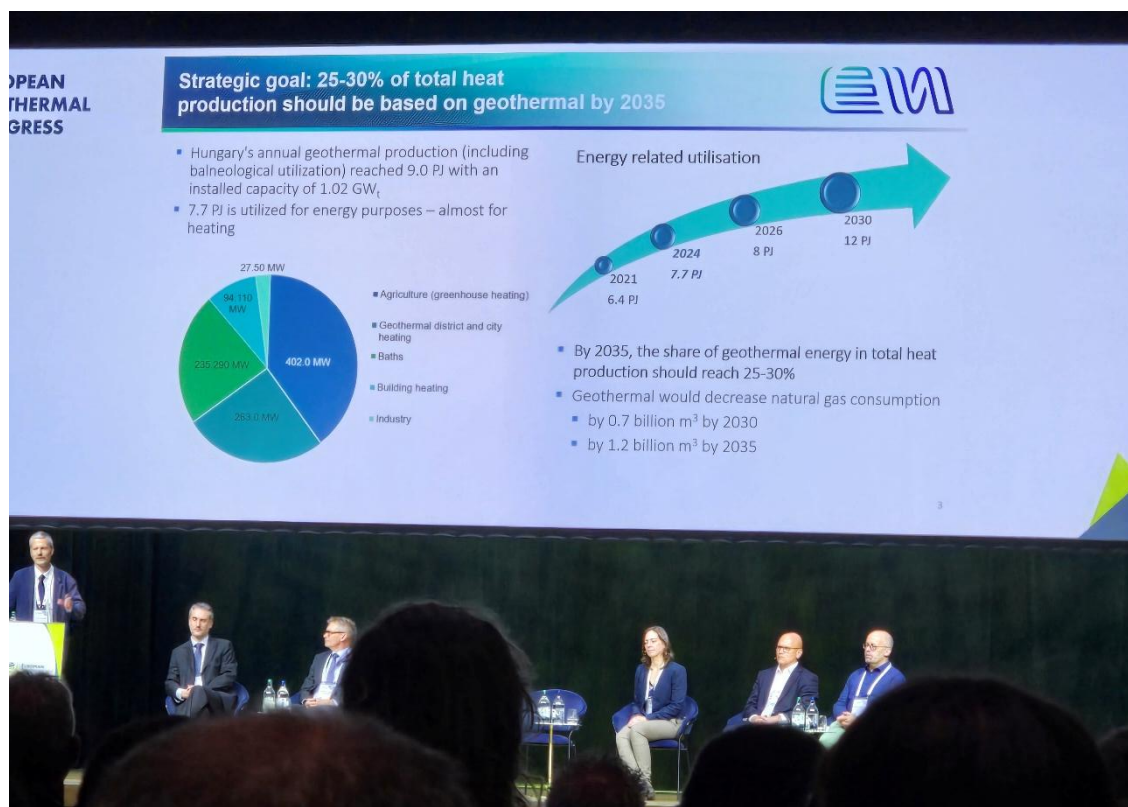


圖 8 匈牙利的 2035 年地熱發展目標與願景

為推動地熱應用，匈牙利近兩年完成地熱法規與許可制度全面簡化，現已核准超過 130 件開發申請。開發成功者可獲長達 35 年使用合約。政府同時提供五項補助措施，包括區域供熱投資補助(總額超過 2.5 億歐元)、地熱鑽井風險分攤機制(補助失敗井 50% 成本)以及零利率貸款方案等。

工業應用部分，目前已有五項地熱供熱計畫投入運轉，其中丹麥 LEGO 公司在匈牙利的生產基地即採地熱供能。全國約有 15 座城市具地熱區域供熱系統，其中賽格德(Szeged)被列為歐洲前五大地熱供熱案例之一。政府亦鼓勵地方推動淺層地熱，用於建築及社區供暖，預期未來十年將大幅成長。

在教育與研究方面，匈牙利已有三所大學設立地熱與水文地質工程專業課程，並於 2025 年新成立「地熱科學研究院」，專責推動地熱研究與技術發展。此外，

國內地熱主管機關定期舉辦專題研討與交流，形成產官學研究能量的整合網絡。

目前匈牙利約有 18% 的人口使用區域供熱，其中約 70% 的熱源仍來自天然氣，僅有 9~10% 來自地熱。匈牙利政府希望大幅提高這一比例。目前全國約有 15 個城市的區域供熱系統採用地熱能源，其中賽格德（Szeged）的系統是歐洲前五大地熱供熱案例之一。此外，匈牙利政府也鼓勵小規模地熱應用，例如在鄉鎮建築中使用淺層地熱供暖。目前淺層熱能利用在增加中，希望未來 10 年內能擴大這類應用。

講者提及匈牙利政府希望能善用腳下蘊藏的能源(energy under our feet)推動匈牙利的永續能源轉型，結合產學研與政策誘因，正積極轉型為地熱能源應用的示範國之一。這項理念與我國近年來能源發展方向相近，推動地熱之策略值得借鑑。

4. 開發中深層與深層地熱資源的新型鑽井技術概述

講者：Andreas Reinicke

講者任職於瑞典 RISE 永續地能中心（Center for Sustainable Geoenergy），正與 Canopus 及 DEEP 專案合作，進行多項新型鑽井技術的整合與實測。這項研究由國際能源總署技術合作計畫(IEA TCP)、日本金屬能源機構（JOGMEC）與瑞士聯邦能源署（SFOE）資助。

地熱鑽井技術呈現出明顯的多樣化與分化（diversification）。不同應用需求推動了技術在各種深度與條件下的發展：都市地區鑽井（Urban drilling）需要體積小、電氣化、低排放、低噪音的鑽井設備，以便在城市中鑽井並供應熱能；工業與農業

用熱 (Industrial & Agricultural Heat) 在荷蘭等地區，地熱被應用於溫室與農業供熱。儘管發展快速，但最大的挑戰仍是高昂的鑽井成本。降低井深建造與生產成本仍是關鍵。高溫與深層地熱發電 (High-grade heat & power generation) 深層地熱開發面臨地質與技術挑戰。鑽井成本可佔整體專案成本的 70%，同時系統耐久性與失效率亦是關鍵問題。

根據美國研究的分析，當鑽深超過 1 公里時，可利用的地熱能量與面積迅速增加，而潛在的專案數量在經濟門檻（如每 MWh 成本低於 100 美元）以下會顯著上升。這顯示若能有效降低鑽井成本，地熱產業規模化的潛力極大。美國 FORGE 計畫 (Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy) 展示 PDC 鑽井在深層花崗岩的最佳化成果：單鑽頭平均鑽進速率達 23 公尺每小時；單鑽頭可達 850 公尺水平井段；在最後一口井中，僅用兩個鑽頭便完成整個 EGS 水平井。這說明了透過持續學習與調整，可以顯著降低鑽井成本。然而，這並非可在所有地質條件下輕易複製的結果，而是一種應該被推廣的研發思維模式。講者亦介紹其他創新技術：

- HydroOLF 技術：使用特殊的雙動力鑽頭結構，結合擊打與剪切作用，可使穿透速率提高一倍。
- Pulse Plasma (脈衝電漿)：不同於高能量融化岩石的傳統觀念，脈衝電漿利用低能量放電在岩石中形成高壓電漿通道，使岩石張裂剝離。這種「非接觸式鑽井」方式使鑽頭壽命更長，雖非最快速，但能連續鑽進長距離。

- Steel Shot 鋼丸鑽井技術：利用高速噴射小鋼丸撞擊岩石，使其破碎或削弱。該技術可整合至現有鑽井系統，已有與 BDT、Canopus 等公司合作開發的專用鑽頭設計。

- 熱能鑽井 (Thermal Drilling)：包含融化 (melting)、氣化 (evaporation) 與剝離 (spallation) 三種機制。剝離型熱鑽井能量密度較低但效率高。其中包括兩項重要計畫：Microwave Drilling (微波鑽井)：利用微波能量使岩石表層氣化或剝離。DPU Project (歐洲熱鑽研究計畫)：探索高功率 (達 1 MW) 熱鑽井能鑽深度與直徑的上限。

5. DEPLOI 開發專案：新型鋼丸(Steel Shot)鑽井技術的催化推進者

講者：Vedran Zikovic

鋼丸鑽井技術 (Steel Shot Drilling Technology)，是由荷蘭新創公司 Canopus 與荷蘭應用科學研究組織 (TNO，Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) 以及多家產學合作夥伴共同研發的成果。講者說明這項技術的開發歷程、經歷的各個階段，以及如何將其推進至目前的成熟程度。這項技術的開發主要透過兩個「DEPLOY」發展計畫完成。

要讓地熱產業成功擴張，必須克服幾項關鍵挑戰，其中之一就是鑽井成本過高。我們必須能夠鑽得更快、更有效率；提升每口井及整個儲層的生產力；降低專案開發過程中的總體風險。這正是著手開發「定向鋼丸鑽井技術 (Directional Steel Shot Drilling)」的原因。該技術最早由 Canopus 發起，TNO 及多個產業與學術機

構共同參與，展開了兩個名為 DEPLOY 的開發專案，全名為「Demonstrate Production Enhancement with Low-Cost Site Training」（低成本現地增產示範計畫）。

第一階段計畫始於 2020 年，主要針對荷蘭地熱開發環境。隨後又展開了歐洲層級的第二階段計畫 DEPLOY the Heat（屬於 Geothermica 計畫的一部分），進一步推進該技術的成熟化。團隊大部分測試都在瑞典永續地能中心（Center for Sustainable Geoenergy）進行，該中心設有地熱井技術實驗室。

這項技術的原始概念可追溯到 1970 年代美國的 Sandia 國家實驗室，最初基於高壓噴射鑽井原理。Canopus 在此基礎上進行改良，將微小鋼丸（直徑約 0.5 毫米）加入傳統的 PDC 鑽井系統，形成一種混合式破岩原理。其運作方式如下：

- (1) 鋼丸從地面注入單元（Injection Unit）以控制速率注入泥漿；
- (2) 鋼丸隨循環流體通過鑽柱抵達井底；
- (3) 高壓噴流攜帶鋼丸撞擊岩石，使其侵蝕破裂；
- (4) 同時搭配 PDC 鑽頭切削作用，大幅提升破岩效率；
- (5) 減少鑽頭對岩石施加的重量負荷。

此外，Canopus 還加入了「定向控制模組（Steering Sub）」，可調整侵蝕強度，使鑽井能夠定向導向（directional steering），因此命名為「定向鋼丸鑽井」。整體技術開發可分為兩個主要階段(圖 9)：

(1) 第一階段 DEPLOY 專案（2020–2022）

初始技術成熟度約為 TRL 3（僅概念驗證階段）；釐清研究的核心課題：鑽井液流體力學與井壁清潔；鋼丸注入控制；鑽頭性能評估；系統整合測試。進行了多項性能實驗與理論建模，最終達到 TRL 6（具備實際操作環境驗證）。

(2) 第二階段 DEPLOY the Heat（2022–2026）

著重於系統整合、鑽頭優化與現場試驗準備；目前已完成第二次試驗階段，預計於 2026 年在荷蘭進行第二次現場試驗，目標達 TRL 8（接近商

轉)。

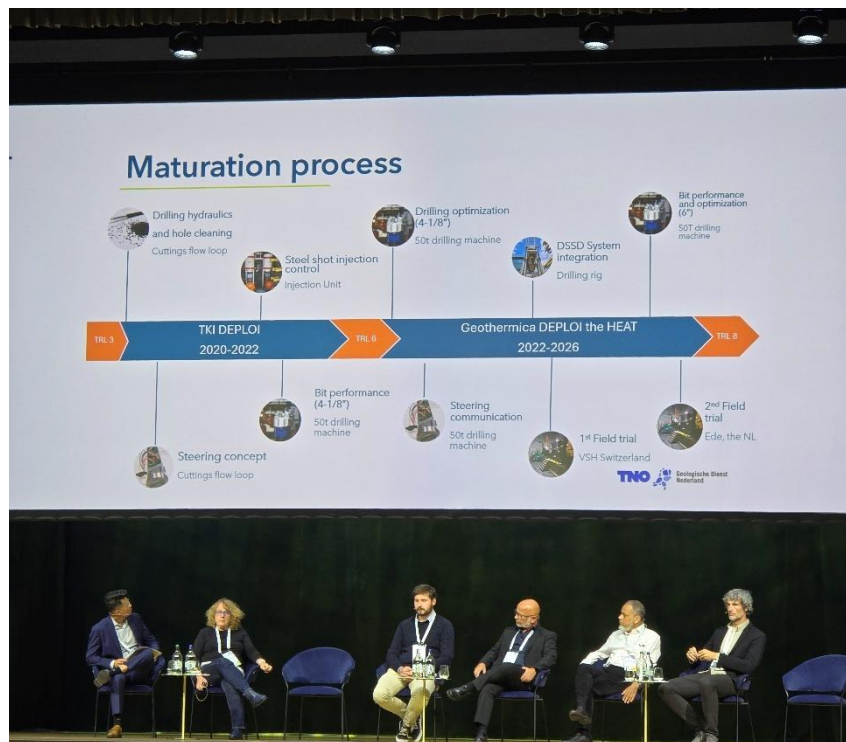


圖 9 DEPLOY 計畫的技術開發時程

開發工作可歸納為四個主要領域：

(1)鑽井液體力學與井清潔 (Drilling Hydraulics & Hole Cleaning)

- 傳統油氣產業對此已有充分研究，但鋼丸屬於非典型固體顆粒，需重新建立模型。
- 在 TNO 的流體循環實驗裝置 (Flow Loop) 中，測試了旋轉速度、傾角等操作參數對清孔效率與壓力循環的影響。
- 研究結果能建立固體運輸行為模型並推估鋼丸鑽井的最大可行水平井長度。

(2)定向控制與鋼丸注入系統 (Steering & Injection Control)

- 開發「定向控制子 (Steering Sub)」與「地面注入單元 (Injection Unit)」。
- 分別進行低壓概念驗證、高壓作動與現場原型測試。
- 逐步提升電子控制與結構耐久性。

(3)鑽頭性能與最佳化 (Bit Performance Optimization)

- 在 TNO 的 RCSG 實驗室進行 50 次以上鑽井測試。
- 測試岩樣包括混凝土、砂岩、花崗岩與石灰岩。
- 鑽頭尺寸涵蓋 4½ 吋至 6 吋。
- 結果顯示：鋼丸濃度僅 0.3% 時，穿透速率（ROP）提高 20 – 30%；當濃度達 約 2% 時，ROP 提升可達 4.5 倍。

(4)系統整合與現場測試（System Integration & Field Testing）

- 在 TNO 的鑽井模擬環境進行完整系統整合。
- 驗證其在傳統鑽機中的可操作性與安全性。
- 於 Harbach 礦場（德國） 進行首次現場試驗，成功鑽出兩段水平井。
- 實測結果顯示，穿透速率與方向控制能力均顯著提升。

經歷這兩個 DEPLOY 專案後，歸納出幾項推動技術成熟化的關鍵因素：

- (1) 穩定的資金支持 —— 兩個大型歐盟與國家級計畫提供了充足經費。
- (2) 跨領域合作 —— 與學術、產業與技術夥伴的密切協作。
- (3) 高品質實驗設施 —— 能在可控環境下模擬實際井下條件。
- (4) 系統化的研發管理 —— 以明確階段目標推進技術成熟度（TRL）提升。

總結來說，鋼丸鑽井技術證實能有效：提升穿透速率；降低鑽頭磨損；支援定向控制；並可整合於現有鑽機環境。講者團隊即將展開下一階段的現場試驗（field pilot），預期能進一步驗證該技術在實際地熱開發中的應用潛力。

6. 二氧化碳先進型地熱系統（AGS）全國規模應用的途徑——以瑞士為例的技術經濟與生命週期評估研究

講者：Morteza Esmailpour, ETHZ

地熱系統主要分為四大類：

- (1) **傳統水熱型系統 (Hydrothermal system)** ——利用天然高滲透帶讓流體在地下循環以提取能量。
- (2) **增強型地熱系統 (Enhanced Geothermal System, EGS)** ——透過人工方式（例如水力、化學或熱液裂）創造裂隙網路。
- (3) **二氧化碳地熱系統 (CO₂ Geothermal System, CPG)** ——注入超臨界 CO₂，同時進行發電與碳封存。
- (4) **先進封閉式地熱系統 (Advanced Geothermal System, AGS)** ——本次報告的主題，也稱為深層封閉環路系統 (Deep Closed-Loop System)。顧名思義，它利用封閉的迴路，在其中循環 CO₂ 或水作為工質流體以萃取熱能。

其中先進封閉式地熱系統具備多項獨特優勢，包括：

- 操作彈性高：可輕易調整流量，以符合需求；甚至能暫停運轉，而不必擔心像開放式系統那樣堵塞。
- 發電穩定：即使長期運轉，出口溫度與功率仍保持穩定。
- 資源普遍性高：不需要高滲透性地層，因為熱傳導是主要機制；幾乎可在任何地方建造，靠近電網節點。
- 環境風險低：沒有流體與外界交換，因此不會造成地下水污染或誘發地震，是極具環保潛力的技術。

然而，挑戰在於高鑽井成本與導熱效率有限。因此，AGS 的經濟可行性一直存在爭議。為了更科學地評估其經濟性，講者團隊使用 ETH 開發的數值工具 TANGO，可對各類地熱系統（含封閉式系統）進行技術與經濟分析。假設(圖 10)：

- 深度 5 公里、水平環路長 6 公里；
- 工作流體為 CO₂；
- 地溫梯度為 30°C/km；
- 熱導率為 2.5 W/m·K。

在這種條件下，輸出溫度超過 80°C，發電功率約 500 kW。

以每公里 360 萬美元鑽井成本與 30 年壽命估算，得出：

- 單位裝置資本成本 (Specific Capital Cost) ≈ 123 美元/kWh；

- 均化成本（LCOE） ≈ 2.29 美元/kWh。顯然過高，不具經濟競爭力。

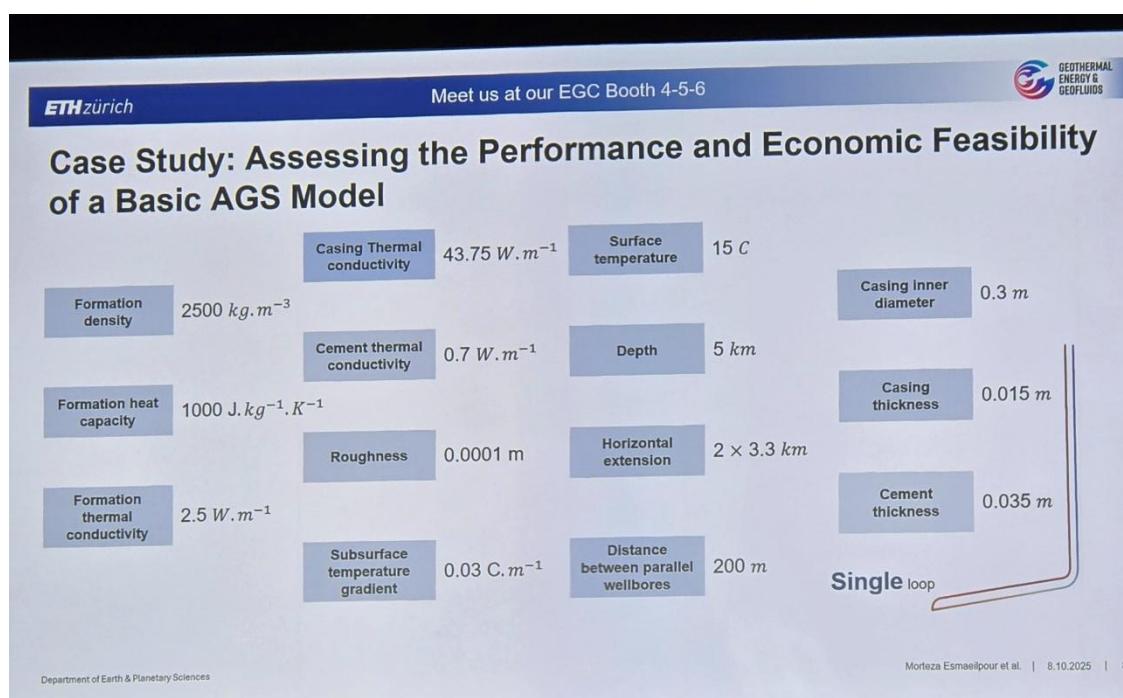


圖 10 團隊使用 TANGO 的參數假設

因此講者團隊嘗試優化設計與操作參數。例如增加水平環路數量，可容許更高流量，使發電顯著提升。最佳情況是 6 條環路、流量 100 kg/s，資本成本降至約 6.5 萬美元/kW，LCOE 約 1.2 美元/kWh（以 CO_2 為工質流體）。若使用水，效能更差。

CO_2 明顯優於水，原因包括：

- (1) 密度對壓力與溫度更敏感 → 可自發循環、降低抽送能耗；
- (2) CO_2 發電循環效率高 → 約為傳統水循環的三倍。

但即使使用 CO_2 ，成本仍偏高，因此關鍵在於降低鑽井成本。美國 Utah FORGE 計畫與 Fervo Energy 公司在高溫低滲透地層中鑽井技術的突破，提供了寶貴經驗——藉由最佳化鑽頭壓力、泥漿力學、液壓參數與鑽頭設計等操作技術，成功在 240°C 條件下高效鑽進。這些並非革命性理論，而是「精準執行的工程實

踐」，瑞士也應借鏡這些經驗。目前在講者團隊設計的 AGS 中，60% – 90% 成本來自鑽井。若能完全最佳化迴轉鑽井技術，成本將可大幅下降，使其具經濟可行性。而未來的新技術——如電漿脈衝鑽井（Plasma-Pulse Drilling）——採用高電壓脈衝破岩、毫米波蒸發岩石，不需機械接觸，速度更快。雖然尚未大規模測試，但若成功，成本有望降低 10 倍，AGS 將真正成為可行的地熱選項。

此外，能源價格的不確定性也是關鍵因素。近三年歐洲電價從每百萬瓦時 50 歐元暴漲到 1500 歐元(註：歐元/百萬瓦時，EUR/MWhe，為歐洲 1 年期電力期貨價格)，俄烏戰爭只是其中一個原因。核電停運、地緣政治、基礎設施瓶頸都可能造成劇烈波動。因此，目前不具經濟優勢的技術，未來可能因能源價格變化而轉為可行。AGS 還具有戰略價值——它能提供「價格穩定性」。因為 80 – 90% 成本為前期鑽井投資，後期運維幾乎可忽略，不受燃料與市場波動影響，LCOE 在長期內近乎固定。

另外，它在電網調節上也具潛力。隨著太陽能與風能佔比上升，系統需要快速調整供需平衡的能力。在輔助服務市場中，調節電價每 15 分鐘波動劇烈，有時高達每百萬瓦時 300 – 400 歐元(EUR/MWhe)。AGS 可透過調整流量快速改變輸出功率，靈活支撐電網。

總結來說，AGS 幾乎不受地層滲透性限制，萃取熱能機制穩定，不會污染地下水，也不誘發地震。雖然目前尚未與傳統能源成本競爭，但依據成本下降與技術發展趨勢，在不久的將來，它有望成為經濟上可行的綠色能源方案。

三、建立國際性友善聯繫管道

本次研討會有幸能與新加坡能源管理局陳分析師 (圖 11)交流新加坡與台灣地熱產業的現況，陳分析師說明新加坡由於土地資源有限，因此當局若要發展地熱等能源事業，必須向外尋求投資合作機會。陳分析師提到上個月(九月)才來過台灣，當時與台電窗口接洽交流，她表示對台灣地熱的現況與發展有興趣了解，故向她簡單說明我國地熱開發的情形。陳分析師好奇我國開發地熱對於實施 AGS 與 EGS 誘發地震議題的看法，我向她說明目前公司以 EGS 為主，AGS 仍屬研究階段尚未實施在案場。而目前 EGS 案場仍會優先選擇人較少的郊區，並長期進行微震監測，掌控地下情形。最後與陳分析師介紹說到台灣地熱一定會想到的學者台灣大學宋聖榮老師，以及多年涉獵 AGS 研究的成功大學謝秉志老師。原本預期幾分鐘簡短的談話，最終因交談甚歡，聊了半小時才交換名片後道別，是一次很愉快的交流經驗。

除了原先規劃聆聽有興趣的議題之外，亦利用休息時間到海報區瀏覽海報內容。其中一張海報特別引人注目，恰巧是近期才採購的地熱流體特性分析軟體的原廠海報，而海報上的題目與未來幾個月即將著手研究的主題有相關性，故在遠處觀察一番後即上前與負責人攀談，廠商的代表是 Giulia Ness 博士(圖 12)，是 OLI Systems 公司的資深應用工程師(圖 13)。與之對談並說明公司近期採購的軟體與應用的方向，Giulia Ness 博士了解情況後表示很樂意提供這篇海報的檔案與相關資訊讓我方參考，也很願意在日後提供相關技術上的協助。回國後 Email 與博士確認相關資源，博士分享線上諮詢資源的聯繫窗口與海報文獻如圖 14 和圖 15。

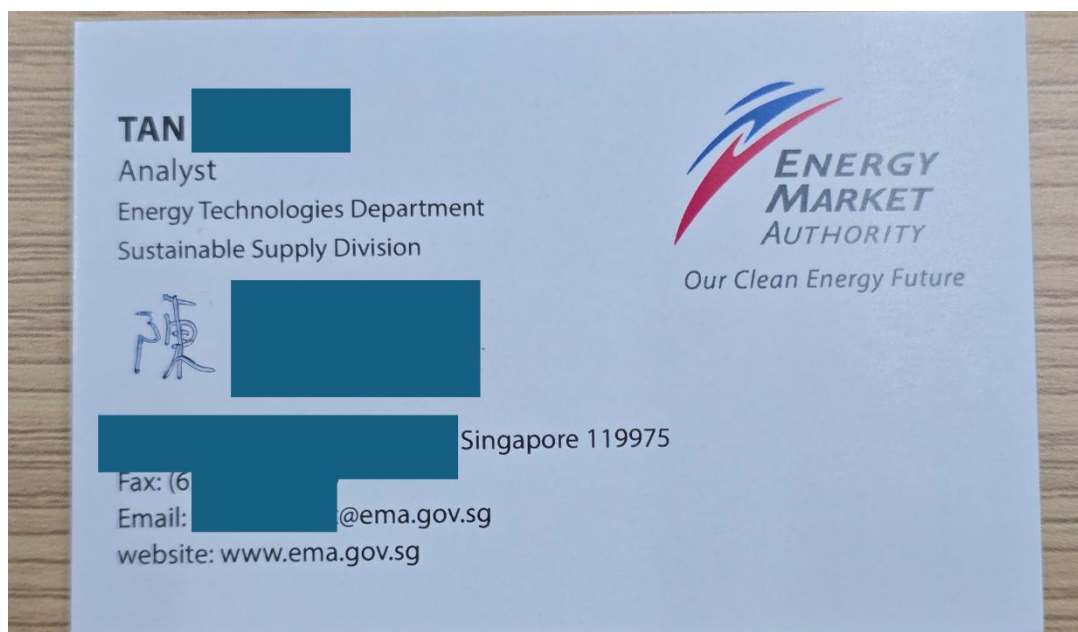


圖 11 新加坡能源管理局陳分析師名片



圖 12 OLI 的 Giulia Ness 博士名片

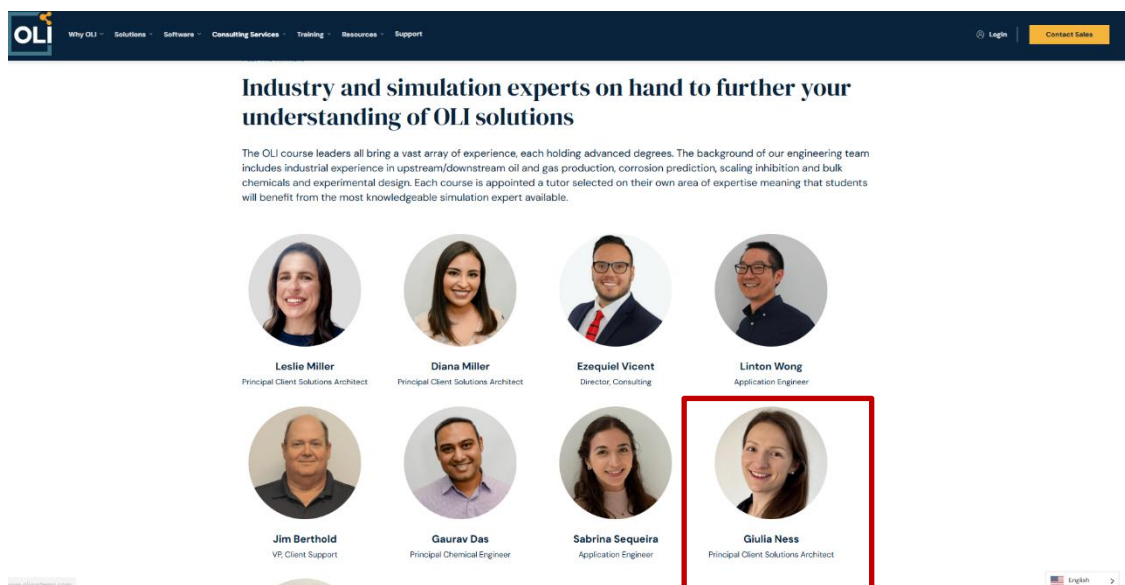


圖 13 在 OLI 官網的技術支援頁面列表有 Giulia Ness 博士的資訊

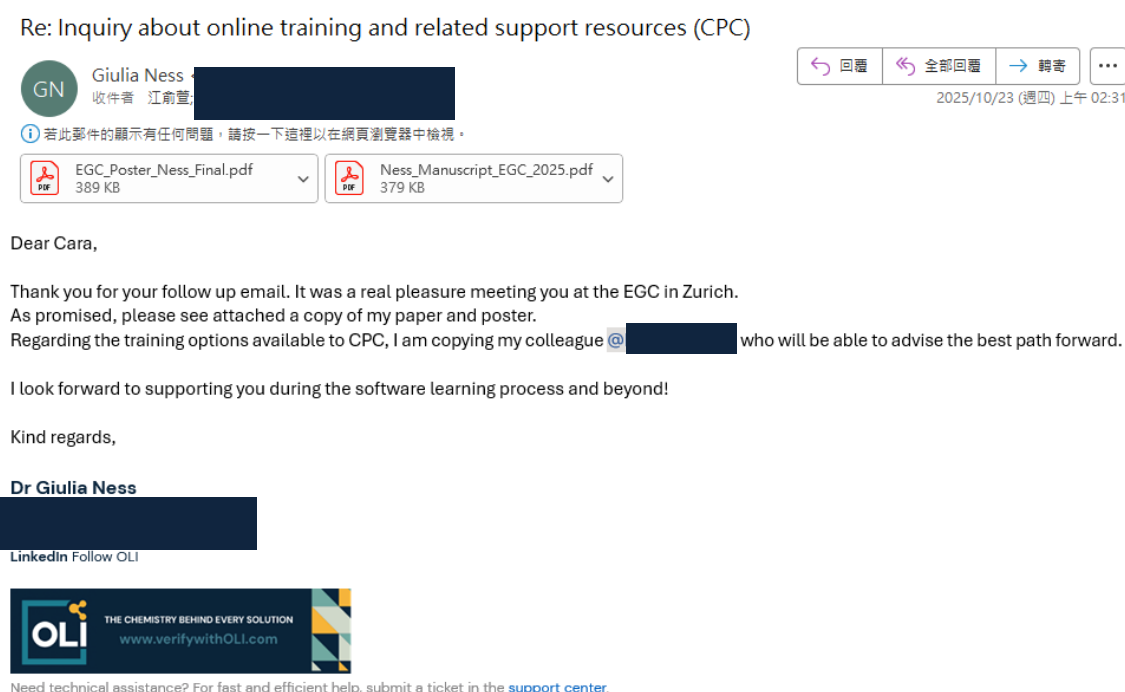


圖 14 Giulia Ness 博士的回覆內容

Introduction

Mineral scaling represents one of the most persistent challenges facing geothermal power plants today, resulting in significant production losses, equipment damage, and elevated maintenance costs. Addressing these challenges effectively requires a rigorous, multi-phase equilibrium approach that captures the complex interplay of thermodynamics, kinetics, and rock-fluid interactions within geothermal systems.

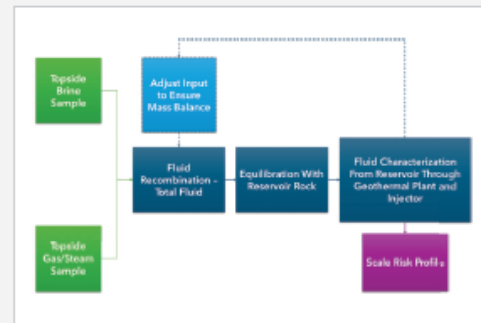
Scale Prediction Modeling Approach

Scale formation in geothermal systems occurs mainly through three mechanisms: pressure and temperature changes that drive minerals out of solution, mixing of chemically incompatible fluids that trigger oversaturation, and kinetic effects that govern how quickly and extensively precipitation actually occurs.

Geothermal fluids flowing at high velocity may carry supersaturated solutions without immediate precipitation if nucleation is slow or deposition hindered by fluid dynamics. The kinetics of scale formation are complex as they are influenced by many factors which are not all well studied and hard to predict.

Effective scale prediction requires a structured approach beginning with reconstruction of reservoir fluids by combining brine and steam/gas samples, recalculating dissolved gases, and adjusting for mass balance and gas-liquid ratio. This is followed by rock-brine equilibrium modeling at downhole conditions to prevent bias from topside sample artifacts.

Multi-phase equilibrium modeling tracks gas/brine partitioning and handles carbonate, sulphide, and silicate speciation. Forward simulation applies a stepwise pressure-temperature profile from reservoir to injection points, predicting where and when supersaturation leads to precipitation.

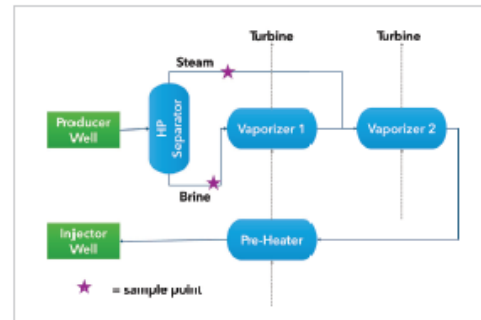


Real World Application – Scale in Geothermal Binary Plant

In a field application of OLI Studio: ScaleChem, a binary cycle geothermal operator faced persistent scaling in pre-heaters and vaporizers. Solid scale samples had been analysed, while topside water samples suggested little risk despite visible buildup. A structured workflow—fluid recombination, thermodynamic modeling, and pressure-temperature profiling—was applied to uncover the true causes.

The process began by saturating non-condensable gases with water vapor at separator conditions to restore full steam composition, ensuring mass balance for accurate predictions. Initial results showed CO_2 dropped from 22.5% to 13.6% after recombination due to partitioning into the brine, a discrepancy traced to missing dissolved CO_2 data. Adjusting the brine $\text{CO}_2(\text{aq})$ closed the mass balance and aligned modeled results with field measurements. Corrected fluids were then equilibrated with reservoir minerals (calcite, quartz) at downhole conditions to reflect realistic in-situ chemistry. This prevented bias from solids that may have precipitated during production. With a reliable starting point, simulations tracked fluid evolution along the production path under varying pressure and temperature.

Results showed significant silica scaling risk starting at the wellhead and peaking in the vaporizer, alongside rapid calcite precipitation in the first vaporizer stage, with a theoretical induction time of just seven seconds. OLI Studio: ScaleChem enabled detailed monitoring of pH, CO_2 , and alkalinity, providing insights into scaling drivers and supporting sensitivity tests. Together, this workflow established a robust basis for targeted scale management and operational optimization.



Location	Temperature °C	Pressure bar	pH	SiO_2 SR Pre-ST	SiO_2 Excess solute mg/L	CaCO_3 SR Pre-ST	CaCO_3 Excess solute mg/L	CaCO_3 Induction time sec
Reservoir	200	40	8.29	1.0	0	1.0	0	
Downhole	200	30	8.29	1.0	4	1.0	1	
Wellhead	180	20	8.12	1.2	122	0.5	0	
HP Sep	167	10	8.15	1.3	197	0.4	0	
Vaporizer 1 (OUT)	136	8	8.80	6.2	3011	2.9	204	7.21
Vaporizer 2 (OUT)	114	2	8.54	2.2	484	0.3	0	
Pre-heater (OUT)	78	1	8.40	3.3	616	0.1	0	
Injector	70	70	8.38	3.5	635	0.1	0	

Conclusions

Accurate prediction of mineral scaling in geothermal systems requires a rigorous, science-based workflow that combines thermodynamic modeling, fluid reconstruction, and multi-phase equilibrium analysis. Critical steps include reconstructing the reservoir fluid by re-equilibrating topside samples with reservoir rock, properly accounting for gas partitioning, and modeling pH and aqueous speciation. By simulating the fluid path from reservoir to injection, engineers can anticipate where and when scale will form and test operational adjustments. This structured approach, demonstrated in a field application, provides a practical and validated framework to predict, prevent, and mitigate scaling, improving plant reliability, reducing maintenance, and supporting sustainable geothermal operations.

圖 15 OLI 張貼在會場上的海報內容

肆、心得與建議

1. 歐洲地熱大會 EGC (2025 European Geothermal Congress)，為三年舉辦一次，並以地熱為主軸的大型國際研討會。作為綜合交流平台，不僅展示歐洲地熱能市場、政策、技術與產業的最新概況，還探討地熱產業面臨的挑戰與機遇。通過匯集各種觀點和專業知識，大會促進地熱產業的增長和整合，確保它在歐洲再生能源的未來中扮演關鍵角色，對於促進創新、推動地熱議題與實踐都有舉足輕重之影響。歐洲地熱大會匯聚歐洲乃至於世界各國的地熱研究人員、產業領袖、政策制定者、金融業人士的盛會，藉此機會與各方人士互相交流、瞭解國際上地熱發展的現況與技術實有裨益。
2. 若將此次大會研討的議題粗略分為兩部分，第一部分為地熱產業的政策、經濟與社會面向探討；第二部分為地熱開發新型技術或研究成果的分享。就地一部分產業發展方面，不同於台灣地熱發展以發電為主，歐洲各國由於地理位置緯度較高，冬季供暖需求大，此次講者涵蓋產官學研各領域的代表人物，所提及的重點除了著眼於發電效益，亦將區域性供暖需求納入開發計畫的一環，顯見歐洲對於地熱開發的規劃更重視綜合性的效益，而非僅有發電本身。第二部分開發技術的研討議題，多為增強型地熱系統(EGS)、先進型地熱系統(AGS)與微震監測模擬。傳統型地熱系統本身並無太多討論，而是細分成新型鑽井技術、儲層風險管理、經濟分析與開發策略等細項進行討論。顯示當今歐洲開發地熱的焦點轉向增強型地熱系統(EGS)、先進型地熱系統(AGS)甚至結合碳封存的二氧化碳地熱系統。由於地熱發展日新月異，短期內仍有極大發展空間，建議公司考量廣納地熱人才，並鼓勵上述相關議題的研究。

3. 印象深刻的部分是在本次大會中，講者不單僅就技術面向與利益導向分享看法，而是強調合作的核心價值觀，例如在全體會議中，多位講者們提到以下類似理念：

- 信任：合作夥伴之間建立互信，是順暢溝通與高效決策的前提。
- 合作：強調跨部門、跨領域的協同作戰，共同應對複雜的技術與社會挑戰。
- 透明：對內對外保持資訊的公開透明，贏得公眾與利益相關者的支持。
- 永續性：以長期、可持續的方式開發地熱資源，兼顧環境與經濟效益。
- 適應性：在專案推進過程中保持彈性，根據新的發現與挑戰靈活調整策略。

若開發計畫只著重目標、技術、經濟、案場等可行性，而忽略執行計畫所需的價值觀、核心精神與韌性，則容易使計畫出現非預期可見的問題，例如民眾嚴重的陳情抗議事件導致計畫被迫延宕或中止。這類思考值得我國借鏡，尤其跨單位、跨領域合作，在日後開發新計畫時，需保留彈性空間，凝聚共識，多加重視合作之核心價值觀，以利達成預期成效。

4. 依據 Olivier Zingg 的觀察，若要推動地熱產業在瑞士持續發展，必須具備以下五項條件，其概念可作為相關人士決策參考，以利我國穩健發展地熱產業：

- 聯邦財政支持：這是推動產業的首要條件。
- 州層級法規調整：各州必須更新相關法規，允許深層地熱開發。
- 企業持續投入：若沒有企業的投資與創新，產業無法成長。
- 培養本地專業人才：地熱技術屬高科技領域，團隊需要更多具備專業知識的本地專家。

- 社會溝通與民眾參與：必須與居民保持對話、定期說明、聆聽意見，提升專案的社會接受度。
5. 參與國際研討會，最重要的是語言能力。出國後深刻體會英文聽力與口說是必備的技能，要瞭解對方的意思並與之交流，都少不了英文。而聆聽各種議題亦須具備基本的英文聽力，才能快速吸收與理解內容。不只研討會期間，從踏上飛機後直到返回國門，生活上都需要與人用英文溝通，因此建議公司可多鼓勵員工外文學習，例如讓同事組織英文學習小組並設立鼓勵機制，日常工作訓練口說與聽力，以此增進英文實力。亦建議公司多多鼓勵同事參與國際會議、研討會、訓練課程等，有助提升公司在國際上的視野與發展。