สามเทคโนโลยีเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เพราะเหตุใดการผลิตปูนซีเมนต์ระหว่างปัจจุบันถึงปี 2030 จึงมีความสำคัญต่อมวลมนุษยชาติ และเราจะทำอะไรได้บ้าง

การผลิตปูนซีเมนต์เป็นเรื่องสำคัญของมวลมนุษยชาติ

การผลิตปูนซีเมนต์เป็นเรื่องสำคัญของมนุษย์ ถือเป็นภาคส่วนที่สำคัญที่สุดของกิจกรรมทางอุตสาหกรรมที่ต้องลดการปล่อยคาร์บอน ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนหลักในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อน โดยมีส่วนรับผิดชอบต่อการปล่อยคาร์บอนมากกว่าการตัดไม้ทำลายป่า การขนส่งทั่วโลก และการบินรวมกัน

ความต้องการผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์จะยังคงดำเนินต่อไปตามแนวโน้มการขยายตัวของเมือง ซึ่งซีเมนต์เป็นสารออกฤทธิ์ในคอนกรีต และคอนกรีตเป็นวัสดุที่มนุษย์ใช้กันอย่างแพร่หลายรองจากน้ำ

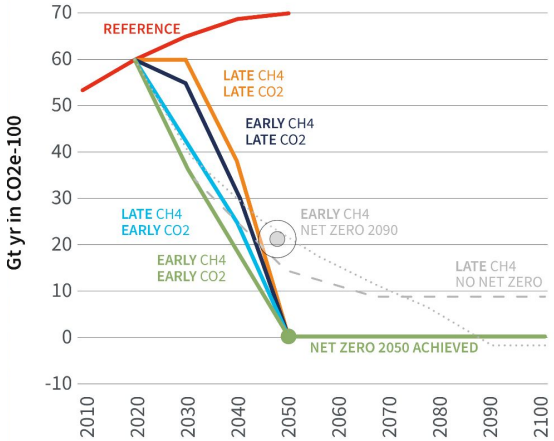
> “อาคารและโครงสร้างแบบอเนกประสงค์ที่มีอายุการใช้งานยาวนานที่สร้างจากคอนกรีต เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการปลูกสร้างที่ต้องการความทนทานต่อสภาพอากาศ แต่ว่าคอนกรีต มี Carbon Footprint หรือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมหาศาล อุตสาหกรรมซีเมนต์เพียงอย่างเดียวปล่อยก๊าซอย่างน้อย 8% จากการปล่อยก๊าซที่เกิดจากมนุษย์ทั้งหมด เราต้องลดการปล่อยคาร์บอนจากการผลิต

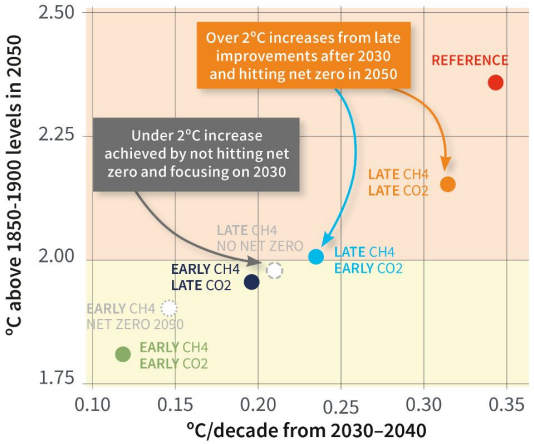
วารสาร **Nature** บทนำ **28** กันยายน **2521**
https://www.nature.com/articles/d41586-021-02612-5#ref-CR3

การลดการปล่อยก๊าซให้สำเร็จภายในปี **2030** สำคัญกว่าการก้าวสู่ **Net Zero** ในปี **2050**

สายเกินไปที่จะมัวรีรอการปรับปรุงที่จำเป็นจนถึงปี 2040: การทำให้บรรลุการลดก๊าซได้ภายในปี 2030 สำคัญกว่าการรอให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี 2050

งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสาร Nature ในปี 2021 แสดงให้เห็นว่าการไม่แตะค่าสุทธิเป็นศูนย์ (แต่มีความก้าวหน้าที่ดีภายในปี 2030) ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแตะค่าสุทธิเป็นศูนย์ด้วยการปรับปรุงครั้งใหญ่ระหว่างปี 2040 ถึง 2050





ที่มา: https://www.nature.com/articles/s41598-021-01639-y

การบรรลุเป้าหมายของเราในปี **2030** มีความสำคัญไม่ต่างกัน หรืออาจสำคัญกว่าในปี **2050** เนื่องจากผลกระทบจาก **Radiative Forcing**

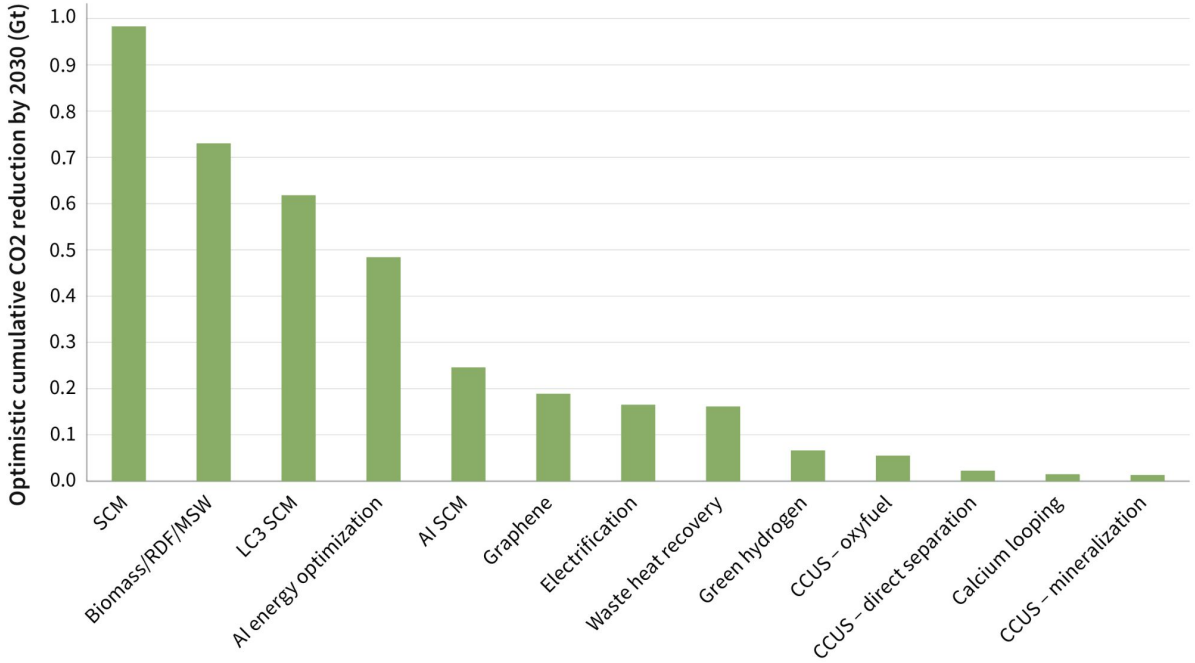
เราประเมิน 20 เทคโนโลยี ที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในตอนนี้

รายงานของเรามีการประเมิน 20 เทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยคาร์บอนของการผลิตซีเมนต์ และอีก 13 แบบจำลอง ที่มีศักยภาพในการสร้างความเปลี่ยนแปลงในทศวรรษหน้า เราสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินศักยภาพของแต่ละเทคโนโลยีในการลดการปล่อยคาร์บอนภายในปี 2030 และต้นทุนที่คาดการณ์ของแต่ละเทคโนโลยี รายงานของเราประเมินผลลัพธ์ของแบบจำลองและให้คำแนะนำสำหรับผู้ผลิตปูนซีเมนต์ ผู้กำหนดนโยบาย และนักลงทุน

GROUP #1 ลดปริมาณการใช้ปูนเม็ด	‘ปูนเม็ด’ คือหินปูนที่ผ่านการบดแล้วและได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงมาก เป็นส่วนผสมหลักที่ ‘ออกฤทธิ์’ ในปูนซีเมนต์ รวมทั้งเป็นแหล่งปล่อยคาร์บอนสูงจากการผลิตปูนซีเมนต์
GROUP #2 ปรับปรุงกระบวนการ	กระบวนการที่ใช้ในการสร้าง 'ปูนเม็ด' ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญมากว่า 100 ปี
GROUP #3 ลดปริมาณการใช้คอนกรีต	คอนกรีตเป็นวัสดุผสมหลักสำหรับซีเมนต์ โดยซีเมนต์ทำหน้าที่เป็น 'สารยึดเกาะ' ที่ยึดวัสดุไว้ด้วยกันเพื่อให้มีความแข็งแรง

การลดปริมาณการปล่อยมลพิษสะสม 19% ตลอดระยะเวลาไปจนถึงปี 2030

การลดปริมาณ CO2 สะสมจากปี 2023 ถึง 2030 (gt) ในสถานะการณ์ 'เชิงบวก'
ที่มา: การวิเคราะห์ของ Carbon Re



เทคโนโลยีที่เรากำลังพิจารณาอยู่สำหรับสถานการณ์นี้ โดยรวมแล้ว จะสามารถลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการผลิตซีเมนต์ในช่วงเวลาดังกล่าวสะสมกันได้ 19% ในแง่ของประสิทธิภาพรายปี จากเทคโนโลยีที่ระบุ ยอดรวมสะสมที่เราสามารถลดการปล่อยก๊าซ CO2 จาก 2.5 กิกะตัน ในปี 2022 จะเหลือ 1.7 กิกะตัน ในปี 2030 คิดเป็นอัตราส่วน 34%

ซึ่งเป็นการลดลงมากกว่าสองเท่าเมื่อเทียบกับเป้าหมายของสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ

ภาพรวมของ **13** เทคโนโลยีที่ถูกจำลองขึ้น

GROUP #1 **Reducing the use of clinker**	1. วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ (SCMs)	ลดปริมาณปูนเม็ดของซีเมนต์ และแทนที่ด้วยของเสียจากการผลิตเหล็กและโรงไฟฟ้าถ่านหิน
	2. AI เพื่อสนับสนุนวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ (SCMs)	ความท้าทายที่สำคัญในการใช้วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์คือ การได้ส่วนผสมซีเมนต์ที่ได้มาตรฐานและวางใจได้ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะที่แปรปรวนตามธรรมชาติเมื่อเทียบกับระดับคุณภาพของปูนเม็ดปกติ AI ช่วยจัดการกับความท้าทายในการรักษาคุณภาพและความแข็งแรงของซีเมนต์
	3. Limestone Calcined Clay (LC3)	สารดูดความชื้นชนิดเม็ดและหินปูน ถูกผสมโดยตรงลงในซีเมนต์ผสม แทนที่ปูนเม็ดถึงครึ่งหนึ่งที่ใช้ตามปกติ ในการทำให้วัสดุดินเหนียว "เกิดปฏิกริยา" จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 800°C ซึ่งต่ำกว่า 1,500°C สำหรับการผลิตปูนเม็ด
GROUP #2 **Improved process**	4. เชื้อเพลิงทางเลือกที่ใช้เตาเผาโรตารี่ที่มีอยู่: ชีวมวล เชื้อเพลิงขยะ (RDF) และขยะมูลฝอยชุมชน (MSW)	การแทนที่การใช้เชื้อเพลิงถ่านหินกับเตาเผาซีเมนต์ที่มีอยู่ด้วยเชื้อเพลิงทางเลือก ใช่ว่า 'เชื้อเพลิงทางเลือก' ทั้งหมดจะช่วยลดการปล่อยคาร์บอน ผู้ผลิตปูนซีเมนต์สามารถรับเงินเพื่อเผาวัสดุเหลือใช้ของหน่วยงานของรัฐ หรือตัดค่าใช้จ่ายการกำจัดขยะได้โดยการให้เปล่า
	5. เชื้อเพลิงทางเลือกที่ใช้เตาเผาใหม่: ไฮโดรเจนสีเขียว	การให้ความร้อนแก่เตาเผาซีเมนต์ด้วย “ไฮโดรเจนสีเขียว” ที่มีคาร์บอนเป็นกลาง แทนที่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจากไฮโดรเจนก่อให้เกิดเปลวไฟที่แตกต่างจากเชื้อเพลิงผสมถ่านหิน โรงงานปูนซีเมนต์แต่ละแห่ง จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานใหม่ เพื่อให้ไฮโดรเจนเป็น "สีเขียว" จำเป็นต้องสร้างผ่านกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสในน้ำ ซึ่งขับเคลื่อนโดยแหล่งพลังงานไฟฟ้าหมุนเวียน
	6. เตาเผาใหม่ที่ใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อน: เตาเผาไฟฟ้า	โครงการนำร่องที่ประสบความสำเร็จในการออกแบบเตาเผาใหม่ในฟินแลนด์ แสดงให้เห็นวิธีการใช้ไฟฟ้าหมุนเวียน เพื่อให้ได้อุณหภูมิกระบวนการสูง ซึ่งจำเป็นสำหรับการผลิตซีเมนต์
	7. AI เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนและไฟฟ้า: ระบบควบคุมการใช้พลังงานด้วย AI	การผลิตปูนซีเมนต์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและมีความต้องการในการแข่งขัน ซึ่งควบคุมแบบแมนนวลโดยผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน ด้วยเทคโนโลยี AI และ Machine Learning (ML) ทำให้สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิตซีเมนต์ได้ ทำให้ได้กระบวนการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
	8. การกู้คืนความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่	“การกู้คืนความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่” การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปในขั้นตอนการอบร้อนและขั้นตอนการลดอุณหภูมิของปูนเม็ดในการผลิตซีเมนต์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้ที่อื่นในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ได้
	9. การดักจับคาร์บอน การใช้ประโยชน์ และการจัดเก็บ (“CCUS”) Oxyfuel	การดักจับคาร์บอน การใช้ประโยชน์ และการจัดเก็บ (CCUS) เป็นเทคโนโลยีในการกักกันการปล่อยก๊าซ CO2 ที่อาจถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ จากนั้นจึงกักก๊าซเอาไว้หรือนำไปใช้ในทางที่เป็นประโยชน์ Oxyfuel ใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์สูงเพื่อแทนที่ก๊าซในชั้นบรรยากาศในเตาเผาที่ออกแบบเป็นพิเศษและมีการปิดล้อม
	10. CCUS direct separation	สำหรับการแยกโดยตรง การปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาเผาจะถูกแยกออกจากการปล่อยจากปฏิกิริยาเคมี คาร์บอนบริสุทธิ์สูงที่ปล่อยออกมาจากปฏิกิริยาการเผาจะถูกดักจับได้อย่างง่ายดาย
	11. CCUS mineralization	คาร์บอนที่ปล่อยออกมาถูกดักจับไว้ โดยมีการสัมผัสกับคอนกรีตในระหว่าง/ก่อนการหล่อ ก๊าซ CO2 จะทำปฏิกิริยาและแยกตัวอยู่ในวัสดุคอนกรีต เทคโนโลยีนี้มีความสามารถในการทำให้การผลิตคอนกรีตกลายเป็นอ่างกักเก็บคาร์บอน และเป็นเทคโนโลยีเดียวที่เราพิจารณาถึงศักยภาพนี้
	12. CCUS calcium looping	การดักจับคาร์บอนที่ปล่อยออกมาในก๊าซไอเสียจากเตาเผาแบบหมุน ทำปฏิกิริยากับตัวดูดซับที่มี CaO เป็นพื้นฐาน วัสดุที่ได้คือแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งสามารถนำไปใช้หรือรีไซเคิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เป็นตัวเติมหินปูนให้เป็น SCM ในส่วนผสมของซีเมนต์
GROUP #3 **Reducing use of concrete**	13. คอนกรีตผสมกราฟีน	สามารถเพิ่มกราฟีนลงในส่วนผสมคอนกรีตได้โดยตรง โดยที่เกล็ดนาโนของกราฟีนจะเสริมความแข็งแรงให้กับคอนกรีต กราฟีนช่วยลดความพรุน เพิ่มความเป็นฝลึก และทำหน้าที่เป็นพื้นผิวนิวเคลียส คอนกรีตที่ได้จะมีความแข็งแรงสูงขึ้นอีกมาก ดังนั้น จากการศึกษาจึงแนะนำว่า ต้องใช้คอนกรีตน้อยลง 20% เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดในการรับน้ำหนักเท่าเดิม และอาจต้องใช้ซีเมนต์น้อยลงถึง 50% ด้วย

อุปสรรคในการบรรลุสถานะการณ์ 'เชิงบวก'

- การมุ่งเน้นไปที่เทคโนโลยีใหม่สำหรับปี **2050** บั่นทอนความพยายามในการเปลี่ยนแปลงในตอนนี้
- **ความต้องการของตลาด**สำหรับซีเมนต์คาร์บอนต่ำ
- **ข้อกำหนด**ด้านคุณภาพและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์t
- **ผลประโยชน์ทางการค้า**ของบริษัทปูนซีเมนต์ ขึ้นอยู่กับต้นทุน สถานะทางการแข่งขัน เช่น กราฟีน LC3 และ SCMs (ทฤษฎี 'Innovator's Dilemma' กรณีธุรกิจการลงทุน และต้นทุนจม เป็นต้น)
- ความพร้อมทาง**การเงิน**สำหรับการจ่ายลงทุนด้านสินทรัพย์ Capital Investment

รวมถึง…

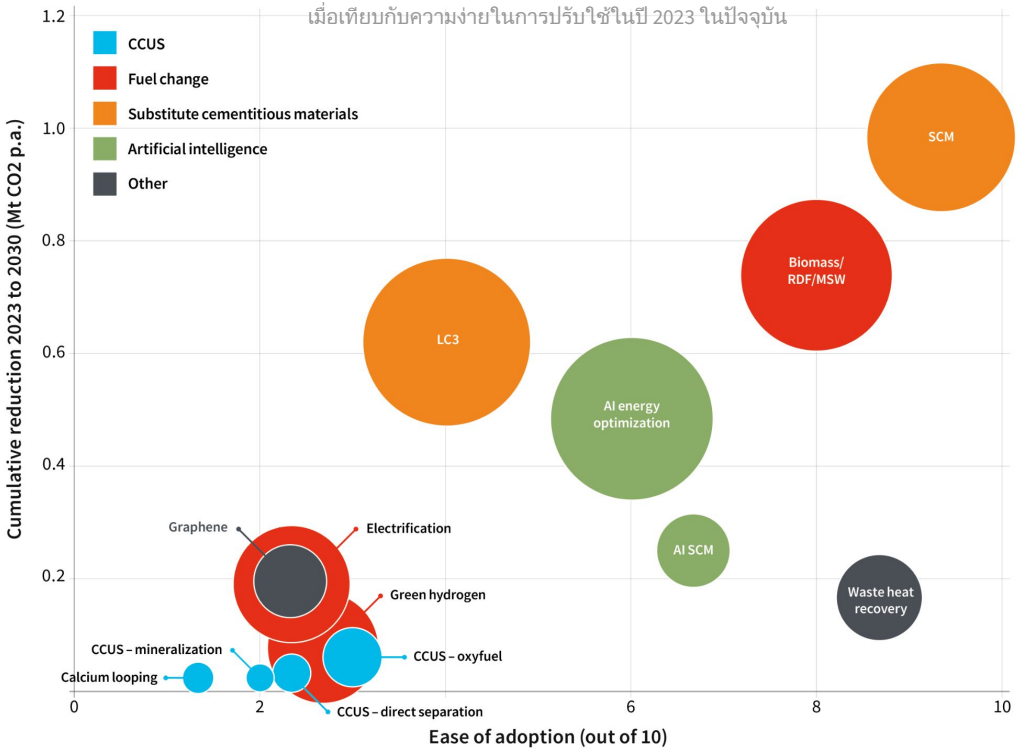
- ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเมื่อมีการ**ปรับขนาด** – เป็นไปตามระดับนำร่องหรือไม่
- **การตระหนักรู้ถึง** 'ความเป็นกลางของคาร์บอน' เช่น ชีวมวล
- **การแข่งขันแย่งชิงทรัพยากรที่หายาก** เช่น ไฟฟ้าหมุนเวียน ไฮโดรเจนสีเขียว SCMs และ ชีวมวล

สามเทคโนโลยีที่มอบโอกาสถึง 81%

โดยพิจารณาจากแผนภูมิด้านบน เราสามารถจัดกลุ่มเทคโนโลยีออกเป็นสามกลุ่ม ซึ่งรวมกันแล้วสามารถลดปริมาณ CO2 ได้ 81% ของทั้งหมด 3.4 กิกะตัน ในสถานการณ์
'เชิงบวก' และยังเป็นโอกาสในการประหยัดต้นทุนอีกด้วย:

1. วัสดุทดแทนซีเมนต์ (SCMs): มาตรฐานและ LC3 (สีส้ม)
2. เชื้อเพลิงทดแทนชีวมวล RDF และ MSW (สีแดง)
3. AI ปรับปรุงการควบคุมกระบวนการ ครอบคลุมการปรับพลังงานให้เหมาะสม และการผสม SCM (สีเขียว)

การลดปริมาณ CO2 สะสมจากปี 2023 ถึง 2030 (เมตริกตันต่อปี) ในสถานการณ์ 'เชิงบวก'
เมื่อเทียบกับความง่ายในการปรับใช้ในปี 2023 ในปัจจุบัน



ขนาดของวงกลมแสดงถึงศักยภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนประจำปีในปี 2030 ในหน่วยกิกะตัน

Source: Carbon Re analysis

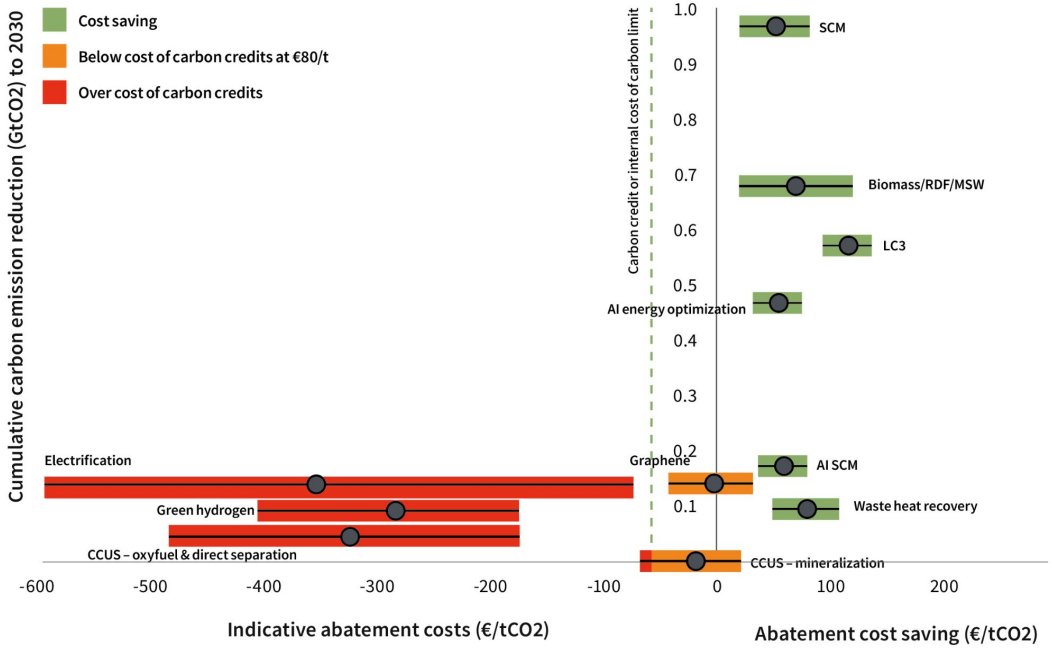
ขอบเขตของเทคโนโลยีตั้งแต่การประหยัดต้นทุนไปจนถึงการใช้เงินทุนสูงมาก

ในการดำเนินงานต่ำ ย่อมเป็นเทคโนโลยีที่อุตสาหกรรมซีเมนต์และผู้ให้บริการเทคโนโลยีจะให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก

ในตลาดปัจจุบัน ไม่มีความได้เปรียบในการแข่งขัน หรือราคาที่สูง สำหรับการผลิตซีเมนต์คาร์บอนต่ำในภูมิภาคใดทั่วโลก

'ระบบซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก' มอบคุณค่าภายนอกให้แก่ปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยออกมา และเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างกรณีศึกษาทางธุรกิจสำหรับ CCUS และเทคโนโลยีที่ใช้เงินทุนสูงในการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า

ดรรชนีค่าใช้จ่ายในการลดการปล่อยคาร์บอน เปรียบเทียบกับศักยภาพการลดการปล่อยคาร์บอนสะสมระหว่างปี 2023 ถึง 2030



Source: Carbon Re analysis

เทคโนโลยีอื่นที่ควรพิจารณา

ซีเมนต์คอมโพสิต วัสดุทดแทนจากสาหร่าย	ในปี 2016 ทีมศาสตราจารย์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรม แห่งมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ ได้พัฒนาวัสดุทดแทนซีเมนต์แบบดั้งเดิม โดยใช้ 'สาหร่ายขนาดเล็ก' เพื่อสร้างบล็อกคอนกรีตที่ปราศจากซีเมนต์ แม้จะมีรายงานว่าเทคโนโลยีนี้ผลิตเชิงพาณิชย์แล้ว แต่ยังมีปริมาณจำกัด
Carbicrete	วัสดุทดแทนซีเมนต์ที่สมบูรณ์ เช่น บริษัท “Carbicrete” มักจะใช้ขยะ ซึ่งคล้ายกับ SCM และสิ่งที่มีอยู่ บวกกับเทคโนโลยีที่สมบูรณ์ และกระบวนการผลิตที่อาจแตกต่างกันมาก ซึ่งหมายความว่า วัสดุทดแทนเหล่านี้ จะไม่มีปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในปี 2030 ได้
Concrete down-cycling	การนำคอนกรีตกลับมาใช้ใหม่ คือการนำคอนกรีตเก่ามาบดอัด และใช้แทนมวลรวมในคอนกรีตใหม่ เราไม่ได้สร้างแบบจำลองเทคโนโลยีนี้ เนื่องจากมวลรวม ไม่ใช่แหล่งสำคัญของการปล่อยมลพิษในคอนกรีต และคอนกรีตแบบดาวน์ไซเคิล อาจทำให้ต้องใช้ซีเมนต์มากขึ้นเพื่อจัดการกับมวลรวมคุณภาพต่ำ
สารเติมแต่งทางเคมี	สารเติมแต่งทางเคมีสามารถเติมได้ทั้งซีเมนต์และคอนกรีต ซึ่งช่วยลดการปล่อยคาร์บอนได้หลายวิธี ได้แก่: เพิ่มประสิทธิภาพการบด ใช้น้ำในปริมาณน้อยลง ใช้ปูนเม็ดและซีเมนต์น้อยลง เนื่องจากขาดข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณชนเกี่ยวกับสารเคมีอ้างอิง หรือการศึกษาของบุคคลที่สามที่เป็นผู้ตรวจสอบประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้เราประเมินความสามารถในการปรับขยายได้ เราจึงไม่สามารถรวบรวมข้อมูลเหล่านี้ไว้ในการประเมินของเราได้
Electrolysis	แนวทางใหม่ในการผลิตปูนเม็ดที่สามารถแทนที่กระบวนการให้ความร้อนได้ทั้งหมด ซึ่งตีพิมพ์ในบทความจาก MIT ในปี 2019 การผลิตซีเมนต์ผ่านกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสนั้นยังไม่มีการทดลองนอกห้องทดลองของ MIT ดังนั้นจึงมีความรู้จำกัดเกี่ยวกับต้นทุน ความสามารถในการปรับขนาด และข้อด้อยอื่นที่อาจเกิดขึ้นได้
สารเติมหินปูน	หนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าสนใจ และเกี่ยวข้องกับการทดแทนซีเมนต์จากปูนเม็ด ด้วยหินปูนที่ไม่ผ่านการเผา แม้ว่าเทคโนโลยีนี้จะมีประโยชน์ในการผลิตได้รวดเร็วเป็นจำนวนมาก แต่ไม่ใช่ตัวเลือกที่ดีเมื่อเทียบกับซีเมนต์ LC3 (ซึ่งใช้หินปูนที่ไม่ผ่านการเผาเช่นกัน)
ปอซโซลานธรรมชาติ	วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ประเภทพิเศษ รวมถึงหินที่มาจากภูเขาไฟ ดินตะกอน และหินดินดาน ตัวอย่างเฉพาะที่ใช้ในซีเมนต์ ได้แก่ เถ้าภูเขาไฟและดินเผา โดยที่ชนิดหลักของปอซโซลานธรรมชาติ รวมอยู่ในการประเมิน LC3 ของเรา (ประกอบด้วยดินที่ผ่านการเผา) และเถ้าภูเขาไฟ ที่รวมอยู่ในวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์

ผลการวิจัยที่สำคัญ

1. การดักจับคาร์บอน การใช้ประโยชน์ และการจัดเก็บ (CCUS) จะไม่อยู่ในระดับที่กำหนดภายในปี 2030
2. เทคโนโลยีการลดปริมาณปูนเม็ด (SCM) ร่วมกับการผสมซีเมนต์ LC3 ใหม่ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด
3. ชีวมวลมีศักยภาพสูงสุดในระยะสั้น อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อสภาพอากาศอาจมีจำกัดหรือถึงขั้นติดลบ ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาและผลกระทบในวงกว้างของการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเหล่านี้
4. AI มีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาสั้น ๆ เนื่องจากมันปรับให้เข้ากับกระบวนการที่มีอยู่และช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก
5. เราไม่สามารถใช้เทคโนโลยีทั้งหมดร่วมกันได้ บางเทคโนโลยีจะลดอิทธิพลและ/หรือประสิทธิผลของเทคโนโลยีอื่น
6. การจ่ายลงทุนด้านสินทรัพย์ หรือ Capital Investment จะยับยั้งการใช้เทคโนโลยีมากมาย: เตาเผาไฟฟ้า ไฮโดรเจนสีเขียว การดักจับคาร์บอน (CCUS) และกระบวนการ Calcium Looping

Join the

Carbon Revolution

cement@carbonre.com