إطار العمل الإقليمي لخفض انبعاثات الكربون في سان دييغو

ملخص لصانعي السياسات

SDG POLICY INITIATIVE

School of GLOBAL POLICY & STRATEGY

فريق المشروع

المدير الإداري للمشروع

Gordon C. McCord
عميد مساعد وأستاذ مساعد في الاقتصاد
مدير الإداري، مبادرة سياسة أهداف التنمية المستدامة
كلية السياسات والاستراتيجيات العالمية، جامعة كاليفورنيا سان دييغو (UC San Diego)

مدير المشروع

Elise Hanson، مقاطعة سان دييغو، مجموعة البيئة واستخدام الأراضي (LUEG)

ممثلو مقاطعة سان دييغو

Murtaza Baxamusa
Rebeca Appel
Sarah Aghassi
Yasamin Rasoulzadeh
Michael De La Rosa
Donna Durckel
Nicole Boghossian Ambrose
Jennifer Lawson
Renee Loewer

مؤلفو فصل

مقدمة

Murtaza H. Baxamusa، مجموعة LUEG

منهج الدراسة

Ryan A. Jones، أبحاث الطاقة المتطورة

التحليل الجغرافي المكاني لإنتاج الطاقة المتجددة

Emily Leslie، شركة Montara Mountain Energy
Joseph Bettles، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو

تسريع خفض انبعاثات الكربون بعمق في قطاع وسائل النقل

Katy Cole، شركة Fehr & Peers
Chelsea Richer، شركة Fehr & Peers
Eleanor Hunts، شركة Fehr & Peers

خفض انبعاثات الكربون في المباني

Philip Eash-Gates، شركة Synapse Energy Economics

Jason Frost، شركة Synapse Energy Economics

Shelley Kwok، شركة Synapse Energy Economics

Jackie Litynski، شركة Synapse Energy Economics

Kenji Takahashi، شركة Synapse Energy Economics

Asa Hopkins، شركة Synapse Energy Economics

حلول المناخ الطبيعي واعتبارات استخدام الأراضي الأخرى

Elise Hanson، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو

Emily Leslie، شركة Montara Mountain Energy

آثار التوظيف من خلال خفض انبعاثات الكربون في منطقة سان دييغو

Robert Pollin، معهد ابحاث الاقتصاد السياسي (PERI) في جامعة ماساتشوستس أمهرست

Jeannette Wicks-Lim، قسم PERI في جامعة ماساتشوستس أمهرست

Gregor Semieniuk، قسم PERI في جامعة ماساتشوستس أمهرست

Gregor Semieniuk، قسم PERI في جامعة ماساتشوستس أمهرست

الاعتبارات الرئيسية للسياسات في منطقة سان دييغو

Joseph Bettles، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو

Gordon C. McCord، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو

David G. Victor، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو

Emily Carlton، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو

تحليل فرص السياسات المحلية

Scott Anders، مركز مبادرات سياسة الطاقة (EPIC) في كلية الحقوق بجامعة سان دييغو

Nilmini Silva Send، مركز EPIC في كلية الحقوق بجامعة سان دييغو

Joe Kaatz، مركز EPIC في كلية الحقوق بجامعة سان دييغو

Yichao Gu، مركز EPIC في كلية الحقوق بجامعة سان دييغو

Marc Steele، مركز EPIC في كلية الحقوق بجامعة سان دييغو

منطقة سان دييغو كنموذج

Elena Crete، شبكة حلول التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة (SDSN)

Julie Topf، شبكة حلول التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة (SDSN)

الملحق (أ): ملخص لنمذجة نظام الطاقة على مستوى الولاية

Ryan Jones، الطاقة المتطورة

الملحق (ب): مراجعة صلاحيات السلطات القضائية المحلية والوكالات للتأثير على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتنظيمها

Joe Kaatz، مركز EPIC في جامعة سان دييغو

شكر وتقدير

شكر خاص لمجلس المشرفين بمقاطعة سان دييغو: الرئيس Nathan Fletcher، نائب الرئيس Nora Vargas، المشرف Terra Lawson Remer، والمشرف Jim Desmond، على توجيهاتهم وقيادتهم في الإعداد لهذا الإطار.

يشكر المؤلفون David Victor على دوره الاستشاري في المشروع، بالإضافة إلى Bettles Joseph و Tyler Spencer و Emily Carlton) و Elissa Bozhkov و Jeffrey Myers على الدعم البحثي والتحريري، و Isaac Wang على الدعم في إدارة المشروع.

يعرب فريق المشروع عن امتنانه للأشخاص التالية أسمائهم على نصائحهم الاستراتيجية التي قدموها إلى ممثلي مقاطعة سان دييغو: Elizabeth King (وكالة حماية البيئة في كاليفورنيا)، Jamal Russell Black (المركز الإقليمي للسياسة والابتكار في سان دييغو)، Christiana DeBenedict (مؤسسة سان دييغو)، Everett Au (مؤسسة سان دييغو)، Amenah Gulamhusein (مؤسسة سان دييغو)، Susan L. Guinn (المركز الإقليمي للسياسة والابتكار في سان دييغو).

يرغب فريق المشروع أيضًا في الإعراب عن شكره لمجموعة العمل التقنية وجميع المشاركين وأصحاب التعليقات، ممن أجادوا بوقتهم ومعرفتهم من خلال تقديم تعليقات كتابية/شفهية وحضور الاجتماعات وورش العمل لدينا.

إخلاء مسؤولية

تم تمويل هذا التقرير من قِبل مقاطعة سان دييغو. لا يقرّ المؤلفون بأي مصالح تنافسية مع الكيانات ضمن منطقة سان دييغو.

ينبغي الإشارة إلى هذا التقرير الموجز على النحو التالي:

McCord, Gordon C., Elise Hanson, Murtaza H. Baxamusa, Emily Leslie, Joseph Bettles, Ryan A. Jones, Katy Cole, Chelsea Richer, Eleanor Hunts, Philip Eash-Gates, Jason Frost, Shelley Kwok, Jackie Litynski, Kenji Takahashi, Asa Hopkins, Robert Pollin, Jeannette Wicks-Lim, Shouvik Chakraborty, Gregor Semieniuk, David G. Victor, Emily Carlton, Scott Anders, Nilmini Silva Send, Joe Kaatz, Yichao Gu, Marc Steele, Elena Crete, and Julie Topf.

إطار العمل الإقليمي لخفض انبعاثات الكربون في سان دييغو: ملخص لصانعي السياسات. مقاطعة سان دييغو، كاليفورنيا 2022.

المقدمة

الإجماع العلمي العالمي لا لبس فيه: العالم يواجه أزمة مناخية من صنع الإنسان، ونافذتنا تنغلق بالنسبة لتقليل انبعاثات الغازات بشكل فعال.[i] أدت أنشطة البشر إلى تدفئة الكوكب من خلال التراكم السريع لغازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي والمحيطات، مما تسبب في حدوث تغييرات سريعة ومقلقة. تدرك الاتفاقات العالمية، مثل اتفاقية باريس للمناخ، وسياسات كاليفورنيا من التشريعات والأوامر التنفيذية الحاجة الفورية إلى خفض انبعاثات الكربون في مختلف الصناعات. في حين فشلت الجهود الدبلوماسية السابقة في تحقيق تقدم كافٍ بشأن تغير المناخ، يمكن أن تمثل النماذج الإقليمية لحل المشكلات التي تراعي الالتزامات العالمية والاحتياجات المحلية نهجًا أكثر فعالية.

يوفر التقرير الفني إطار العمل الإقليمي لخفض انبعاثات الكربون (RDF) *مسارات فنية وسياسية لخفض انبعاثات الكربون على المدى المتوسط لإحاطة صنع السياسات على المدى القريب* في الحكومات الإقليمية وحكومات المقاطعات والمدن. يضع التقرير نماذج للمسارات العلمية لتحقيق صافي انبعاثات كربونية صفرية لمنطقة سان دييغو بحلول عام 2045، وهو ما يتوافق مع اتفاقية باريس للمناخ وتكليفات ولاية كاليفورنيا (الولاية). توفر المسارات رؤية مشتركة لمنطقة سان دييغو من أجل تخفيض صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بشكل جماعي بما يتماشى مع هدف الولاية لصافي الانبعاثات الصفرية. هذا التقرير عبارة عن تحليل فني لكيفية مساهمة القطاعات المختلفة في نظام الطاقة في خفض انبعاثات الكربون، لكنه لا يحدد المسار "الصحيح". ويُظهر بدلاً من ذلك طرقًا متعددة لتحقيق أهداف المنطقة فيما يخص الانبعاثات في قطاعات مختلفة لتسليط الضوء على المقايضات والمزايا المشتركة ونقاط القرار والمخاطر وعمليات التظافر. ينبغي تحديث التحليلات والمسارات كلما تطورت التقنيات أو تم حل أوجه عدم اليقين أو تم توضيحها. لتحقيق هذه الغاية، يتناول التقرير عمليات السياسة، من أجل مساعدة الهيئات القضائية الإقليمية في التعرف على أوجه عدم اليقين وتعديل الاستراتيجيات عند ظهور معلومات.

إطار عمل الدراسة والاعتبارات الرئيسية للسياسات

ينظر هذا التقرير في كيفية التوصل إلى خفض انبعاثات الكربون بعمق في نظام الطاقة الإقليمي في سان دييغو، والذي يتم تعريفه على أنه إجمالي إنتاج واستهلاك الطاقة في قطاعات الطاقة الكهربائية ووسائل النقل والمباني، للتوافق مع مسارات الولاية والمسارات الوطنية للوصول إلى صافي الانبعاثات الصفرية. يشير مصطلح الخفض العميق للكربون إلى عملية الخفض الكبير لغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وغيره من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على مستوى الاقتصاد.

[i] الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، "تغير المناخ لعام 2022: الآثار والتكيّف والتخفيف. ملخص لصانعي السياسات". تقرير التقييم السادس لمجموعة WGII، فبراير 2022. تتوفر على:
https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf

يعني "صافي انبعاثات صفرية" في هذا التقرير بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يسببها الإنسان من نظام الطاقة تساوي إزالة وتخزين ثاني أكسيد الكربون التي يسببها البشر، وهكذا يكون صافي الانبعاثات في نظام الطاقة صفرًا.[i] لا يعتمد التقرير الفني لإطار RDF على التعويضات خارج المنطقة للوصول إلى أهداف صافي الانبعاثات الصفرية. من المهم الإشارة إلى أنه تم الاستبعاد من هذا التحليل الانبعاثات الناتجة عن قطاعات أخرى مثل المخلفات، نظرًا إلى وجودها خارج نطاق نظام الطاقة المحدد، وهو ما يعادل 80% من الانبعاثات الإقليمية.[ii] مع ذلك، هناك عدد هائل من المنافع المشتركة التي ترتبط بالخفض الكبير للانبعاثات الناتجة عن قطاعات أخرى. وقد تتماشى عمليات خفض الانبعاثات أو المنافع المشتركة أو كليهما مع أهداف الولاية أيضًا، مثلما هو الحال مع خفض الانبعاثات من النفايات عبر تحويل النفايات وتحويلها إلى سماد.

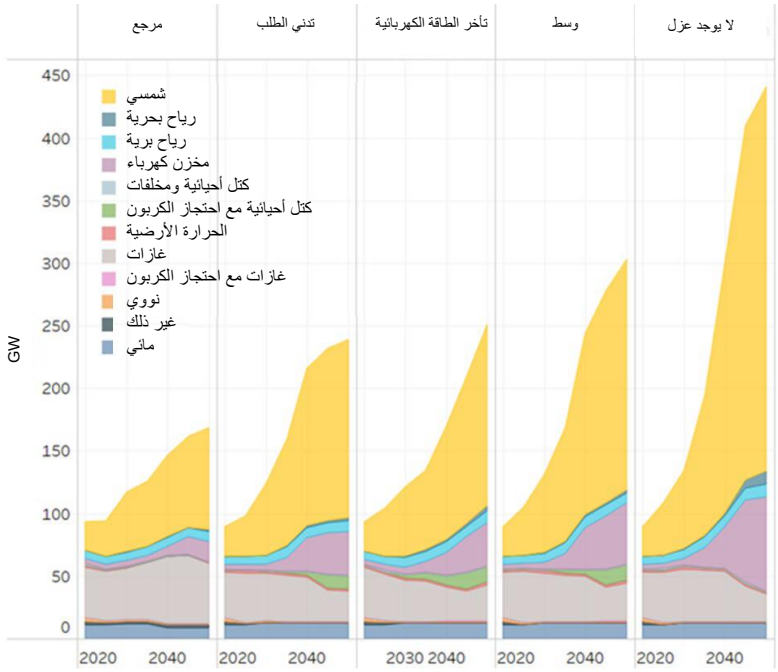
تم تصميم مسارات خفض انبعاثات الكربون الخاصة في التقرير التقني لإطار RDF من سيناريوهات أكبر للخفض العميق لانبعاثات الكربون على المستوى الوطني وعلى مستوى الولاية، بهدف التأكد من التوافق مع المسارات على مستوى الولاية لخفض انبعاثات الكربون. خفضت أبحاث الطاقة المتطورة (EER) نطاق النماذج الوطنية وعلى مستوى الولاية، من أجل وضع نماذج إقليمية مقسمة وفقًا لخمسة سيناريوهات (يُشار إليها أيضًا بالحالات النموذجية).[iii] تسمح نماذج الخفض العميق لانبعاثات الكربون بإجراء تحليلات تقدم مقارنة كمية لخيارات السياسة الإقليمية، وتقدم نتائج خفض انبعاثات الكربون في قطاعات مختلفة. يوضح مثال على مخرجات نمذجة أبحاث الطاقة المتطورة لقطاع الطاقة كيفية تأثير الدراسات النموذجية المختلفة على خفض انبعاثات الكربون على مستوى الولاية في كل من إجمالي سعة الكهرباء المركبة المطلوبة (الشكل 1) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تنجم عن معالجات الطاقة والصناعة حتى عام 2050 (الشكل 2). استخدام هذه النماذج المصغرة أمر مهم أيضًا لأن أنظمة الطاقة ووسائل النقل المحلية مترابطة مع مناطق وولايات أخرى. لذلك، ينبغي أن تتعاون السلطات القضائية الإقليمية مع السلطات القضائية الإقليمية والولائية الأخرى أثناء خفض انبعاثات الكربون.

---

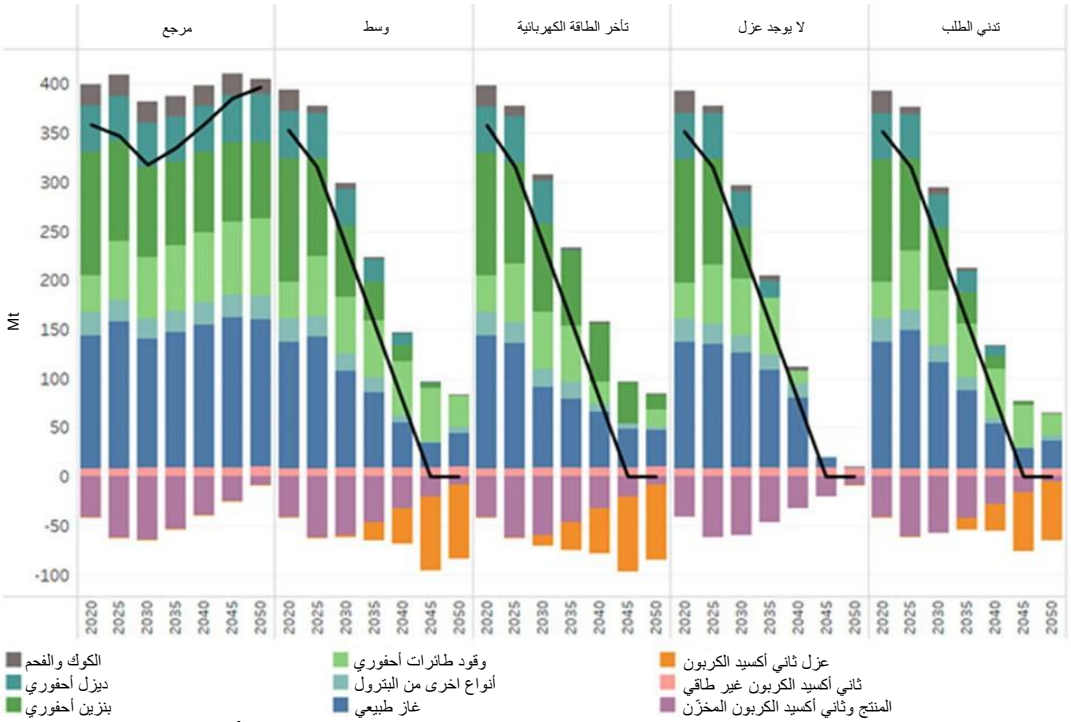
[i] لاحظ أن نمذجة نظام الطاقة تأخذ في الاعتبار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون فقط، حيث تراعي حلول المناخ الطبيعي وتحليلات خطة العمل المناخية غازات الاحتباس الحراري الأخرى أيضًا، (مثل الميثان وأكاسيد النيتروز، وما إلى ذلك).
يتم تحويل غازات الاحتباس الحراري هذه إلى "مكافئ ثاني أكسيد الكربون" (CO_2e) لسهولة المقارنة.

[ii] تتوفر المزيد من التفاصيل عن نطاق الدراسة في الفصل 1 والملحق (أ). كما تتوفر تفاصيل أكثر عن إسهامات القطاعات في إجمالي الانبعاثات الإقليمية في الفصل 8 وفي الملحق (خ) في الخطة الإقليمية لعام 2021 الصادرة عن رابطة سان دييغو للحكومات (https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional- plan/appendix-x-2016-greenhouse-gas-emissions-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65_2).

[iii] يمكن العثور على المزيد من التفاصيل حول حالات النماذج في الفصل 1 والملحق (أ).



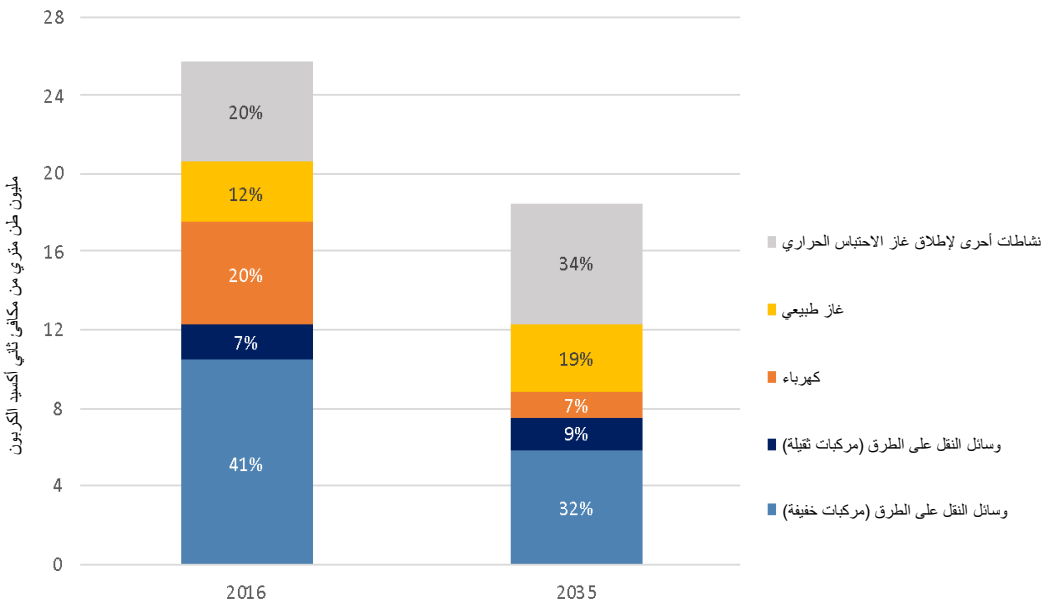
الشكل 1. نتائج إجمالي سعة الكهرباء المركبة المطلوبة في ولاية كاليفورنيا للوصول إلى صافي انبعاثات صفرية على مستوى الولاية بحلول عام 2050 بموجب خمسة سيناريوهات (أو حالات) نماذج مختلفة في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة. يوفر الملحق (أ) المزيد من المعلومات حول نموذج أبحاث الطاقة المتطورة، والتصغير، والسيناريوهات النموذجية.



الشكل 2. نتائج انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الطاقة والعمليات الصناعية في كاليفورنيا من نموذج أبحاث الطاقة المتطورة لخمس سيناريوهات (أو حالات) مختلفة. تمثل الألوان الموجودة فوق المحور السيني انبعاثات موجبة، وتمثل الألوان الموجودة بالأسفل انبعاثات موازنة للانبعاثات السالبة. يشير الخط الأسود إلى صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. "المنتج وثاني أكسيد الكربون المخزّن "هو إما ثاني أكسيد الكربون - الذي ينتهي به المطاف إلى العزل في مواد (على سبيل المثال، الأسفلت يعزل ثاني أكسيد الكربون أثناء إنتاجه) أو كمية التخفيض لثاني أكسيد الكربون المخفضة غير محسوبة في قوائم الجرد الحالية (على سبيل المثال، لا يتم تضمين كمية التخفيض الطيران بين الولايات في حساب انبعاثات ولاية واحدة، إلا انه يُحتسب لانبعاثات الطيران داخل الولاية).

قام خبراء في إنتاج الطاقة المتجددة ووسائل النقل، والمباني بوضع نماذج لمسارات خفض انبعاثات الكربون ذات الجدوى الفنية للمنطقة لإنشاء خارطة طريق علمية لخفض انبعاثات الكربون الإقليمي إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول منتصف القرن. ركزت هذه النماذج على تقنيات مثبتة وقابلة للتطوير لخفض انبعاثات الكربون في أكبر بواعث غازات الاحتباس الحراري في المنطقة (الشكل 3) التي تقع ضمن السلطات القضائية للحكومات والوكالات المحلية. لا تتضمن هذه النماذج تقنيات في المراحل التجريبية أو المبكرة، نظرًا إلى عدم قدرة السلطات الإقليمية على تطبيقها فورًا على نطاق واسع. وبالمثل، لم يتم تضمين تطوير الطاقة المتجددة في مياه الولاية والمياه الفدرالية في مجال جهود النمذجة، باستثناء من أجل تحديد سياق توفر الموارد في منطقة سان دييغو.

وعلاوة على ذلك، يعمل التقرير الفني لإطار RDF على تسليط الضوء على الشكوك في عملية خفض انبعاثات الكربون وعلى الحاجة إلى عمليات تخطيط مستمرة والتي يمكن أن تتكيف مع تطور التكنولوجيا ومعالم السياسة. على سبيل المثال، قد تؤثر زيادة توافر الطاقة المتجددة من مقاطعة إمبيريال أو المكسيك على مزيج الطاقة المتجددة في منطقة سان دييغو، مما قد يتفادى الحاجة إلى بناء بنية تحتية للطاقة المتجددة محليًا ذات تكلفة أعلى. وبالمثل، فإن تطوير الولاية و/أو التنمية الفدرالية للرياح البحرية يمكن أن يقلل من الحاجة إلى تطوير البنية التحتية المتجددة البرية في منطقة سان دييغو.



الشكل 3. تقديرات انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد (CO_2e) الكربون مقاسة بمليون طن متري. تشمل فئة "غير ذلك" الانبعاثات من المصادر الصناعية، والنقل على الطرق الوعرة والنفايات والطيران والمياه وما إلى ذلك، والتي لم يتم أخذها في الاعتبار في التقرير الفني لإطار RDF. لاحظ أن القيم لعام 2035 تمثل آثار بعض الإجراءات الفدرالية وفي الولاية. المصدر: الملحق X من خطة SANDAG الإقليمية لعام 2021 يتوفر هنا: https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x2016-greenhouse-gas-emissions-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65_2

الاعتبارات الرئيسية للسياسات

يحدد التقرير الفني لإطار RDF الاستراتيجيات "ذات المردود الجيد"، التي تقدم أفضل تقييم لأفضل الحلول الفعالة وأقلها تكلفة في تقليل الانبعاثات في كل قطاع على المدى القريب. تمثل هذه الاستراتيجيات إجراءات قوية لخفض انبعاثات الكربون على المدى القريب، بغض النظر عن كيفية معالجة أوجه عدم اليقين، وسواء ظل من غير المعروف ما إذا كانت هي أفضل المسارات على المدى الطويل (جدول 1).

سيتطلب خفض انبعاثات الكربون الناجح حلولاً فنية بالإضافة إلى استراتيجيات في السياسة، يمكنهما التكيّف مع التغيرات في الفهم العلمي والظروف السياسية والاقتصادية المحلية. يتطلب التعلم الفعال وتعديل السياسة أن تقوم الجهات الفاعلة المحلية - القادة والأفراد في الخطوط الأمامية على حد سواء - بتنفيذ الحلول الأولية أولاً ثم الانخراط في مراجعة منهجية ومستمرة للنتائج للتوجيه نحو تعلم هادف حول ما ينجح وما لا ينجح. يمكن "لأفضل" الحلول والمسارات وينبغي لها أن تتطور بمرور الوقت مع تقدم العلم والتكنولوجيا ومع تعلّم الجهات الفاعلة المحلية عما هو فعال في منطقة سان دييغو.

جدول 1 أمثلة على الاستراتيجيات "ذات المردود الجيد" في المسارات القطاعية الأربعة.

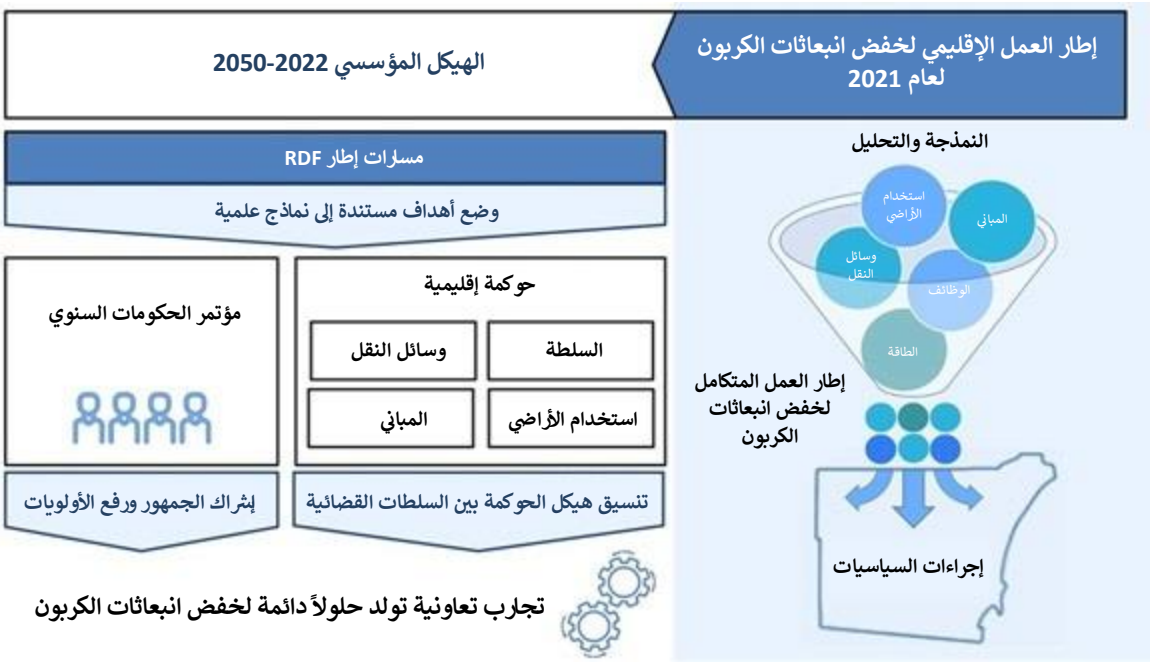
تشييد أماكن الطاقة المتجددة ● دعم موارد الطاقة الشمسية الموزعة (بما في ذلك الطاقة الشمسية أعلى الأسطح، والطاقة الشمسية في المساحات الشاغرة في مناطق مثل مواقف السيارات)، خاصة المجتمعات منخفضة الدخل. ● بدء التخطيط للتطوير على نطاق المرافق في مناطق حددتها معظم السيناريوهات (على سبيل المثال، منطقة Jacumba Valley Ranch المخطط لها).	**وسائل النقل** ● تشجيع التطوير الكثيف ومتعدد الأغراض، حول المواقف الحالية والجديدة لعربات النقل، وممرات العبور، ومراكز الحركة. ● تحويل مركبات الأسطول إلى الكهرباء (السلطات القضائية، الوكالات، المناطق التعليمية، غيرها). ● الإلزام بشبكات من المركبات الكهربائية (EV) في الإنشاءات الجديدة أو الإضافات، وتسهيل تصاريح البناء من أجل التحديثات في المركبات الكهربائية.
المباني ● إنشاء مبادرات لاستبدال أجهزة التدفئة وسخانات المياه المتهالكة ببدائل كهربائية. ● تشييد مبانٍ جديدة "كهربائية بالكامل". ● التركيز على التحول إلى الكهرباء في مساكن محدودي الدخل والمحرومين ومساكن التأجير.	**استخدام الأراضي وحلول المناخ الطبيعية** ● حماية الأراضي الطبيعية والمزروعة. ● تعزيز زراعة الكربون على مستوى المنطقة. ● زيادة الغطاء الشجري والشجيري والنباتي في المناطق الحضرية والضواحي.

يقترح التقرير الفني لإطار RDF حوكمة مؤسسية على مستوى المنطقة لتيسير التعاون المستمر والتعلم عبر السلطات القضائية.[i] تم تنظيم هذا الهيكل في لجنة توجيهية إقليمية ومجموعات عمل قطاعية ومستشارين في الخط الأمامي، وسيوحد هذا الهيكل المسؤولين الحكوميين المطلعين وهيئات التخطيط والهيئات التنظيمية وأصحاب الشأن في الصناعة، والخبراء والعاملين في الخطوط الأمامية في كل قطاع عبر أنحاء المنطقة لاختبار وتقييم وتعديل الاستراتيجيات.

[i] يتوفر المزيد من المعلومات حول التعاون والتعلّم عبر السلطات القضائية في الفصل 7.

هذا الهيكل ضروري لأن تحقيق عمليات التغيير الكبيرة والتعلم السريع اللازمة للتصدي لتغير المناخ يمثل مشكلة تحتاج إلى عمل جماعي. تتمتع كل من السلطات القضائية والوكالات المحلية في منطقة سان دييغو، بشكل فردي، بدرجة محدودة من الصلاحيات على مجموعة الإجراءات اللازمة لخفض انبعاثات الكربون. يمكن للتعاون على مستوى المنطقة أن يزيد من التأثير الجماعي من خلال إشارات لسياسيات واضحة وموثوقة ومتسقة، وحل المشكلات المشترك وتجميع الخبرات حول ما ينجح، وزيادة النفوذ وسعة الموارد المشتركة. بحسب ما تمت مناقشته في الفصلين 7 و8، تشمل أمثلة التعاون الإقليمي وضع حوافز للعمل، وجمع البيانات، وإجراء تحليلات، ودعم وضع السياسات وتنفيذها، ودعوة أصحاب الشأن ومجموعات العمل، ومراقبة التقدم. يمكن لاتفاقيات القوى المشتركة (JPA) للعمل المناخي الإقليمي، أو آلية رسمية أخرى، تيسير هذا التعاون، وبذلك يساعد في توسيع نطاق التفكير الاستراتيجي وصنع القرار بشأن خفض انبعاثات الكربون. يوضح الشكل 4 عملية مؤسسية يمكن من خلالها للحوكمة الإقليمية المستنيرة بالحلول الفنية المقترحة في إطار التنمية الريفية والمشاركة المستمرة مع أصحاب الشأن أن تقود التعلم الهادف في كل قطاع.

ضمن هذه العملية المؤسسية، يقترح التقرير الفني لإطار RDF أيضًا استراتيجيتين للتعامل مع الجهات الفاعلة والوكالات خارج منطقة سان دييغو لزيادة حجم التأثير داخل المنطقة إلى الحد الأقصى. أولاً، يجب على قادة الإقليميين القائمين على خفض انبعاثات الكربون إلى الانخراط باستمرار مع الوكالات الخارجية، لا سيما على مستوى الولاية، للتأثير على السياسات التي تؤثر على الجهود المحلية (مثل أنظمة الطاقة المتجددة). ثانيًا، يجب أن يستفيد القادة المحليون من القطاع الخاص الذي يركز على التكنولوجيا في المقاطعة والجامعات المتعددة لإعداد منطقة سان دييغو كقاعدة اختبار للمشروعات التجريبية والتوضيحية. في حين أنه من غير المرجح أن يكون للاستثمارات على المستوى الإقليمي في الابتكار وحده تأثيرات كبيرة على الاستعداد التكنولوجي في جميع القطاعات، فإن الاختبار المحلي ونشر التقنيات المطورة في أماكن أخرى قد يسهم في الجهد العالمي لدفع الحد العلمي نحو الحلول المناخية. إن المشاركة الخارجية لا تدعم فقط خفض الانبعاثات المحلية، لكنها تعزز أيضًا جذب الموارد الخارجية واهتمام صانعي السياسات الفدراليين وعلى مستوى الولاية، مما يمثل آثارًا إيجابية محتملة على الاقتصاد المحلي.



الشكل 4. التقرير الفني لإطار RDF كجزء من إطار متكامل لخفض انبعاثات الكربون وكهيكل مؤسسي. يمكن أن يشمل هذا الهيكل هيئات الإدارة الإقليمية لمنطقة سان دييغو ومؤتمر حكومات، على سبيل المثال.

باختصار، يقترح إطار RDF إضفاء الطابع المؤسسي على عملية تعاونية شفافة للغاية للحصول على معلومات جديدة حول "ما يصلح" لخفض انبعاثات الكربون بعمق، ومقارنة أفضل الممارسات داخل المنطقة، والمشاركة خارج المنطقة مع صانعي السياسات وأصحاب الشأن في الصناعة وغيرهم من الخبراء الذين يساهمون في تطور الإستراتيجيات الوطنية. وهذه لا تعمل فقط على تخفيض الانبعاثات المحلية إلى الحد الأقصى، ولكن أيضًا تمكّن منطقة سان دييغو من التأثير على سياسة المناخ الفدرالية والولائية ولتصبح قائد فعال في السلطات القضائية الأخرى. منطقة سان دييغو تشكل 0.08% فقط من الانبعاثات العالمية. لذلك، فإن إيجاد أتباع يمثل المسار الأفضل للمنطقة لإحداث أثر حقيقي في التخفيف من تغيّر المناخ.

خفض انبعاثات الكربون في الكهرباء

يحدد التقرير الفني لإطار RDF المجالات منخفضة التأثير البيئي وعالية الجودة والمجدية من الناحية الفنية لتطوير البنية التحتية للطاقة المتجددة في منطقة سان دييغو ومقاطعة إمبيريال المجاورة. شكلت انبعاثات الكهرباء ما يقارب 20% من قائمة الجرد الإقليمي لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري لعام 2016 لمنطقة سان دييغو، وتكوّن ثاني أكبر مصدر للانبعاثات في المنطقة (الشكل 3). سيتطلب خفض انبعاثات الكربون في إنتاج الكهرباء نشرًا واسع النطاق لموارد متجددة جديدة. يمكن أن يُحدث تحديد مواقع البنية التحتية للطاقة المتجددة والمنشآت آثارًا كبيرة على البيئة وسيتطلب بنية تحتية جديدة ومحدثّة لوسائل نقل الطاقة. بالتالي، يتضمن إطار RDF سلسلة من السيناريوهات على مستوى مساحات أراضي مختلفة، بهدف إرشاد النقاشات السياسية بين السلطات القضائية عبر المنطقة، عن عمليات الموازنة بين استخدام الأراضي وتكاليف الطاقة المتجددة.

تمتلك منطقة سان دييغو مساحة كافية من الأراضي المتاحة لتوليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية من أجل الاقتراب من نظام طاقة منزوع الكربون بالكامل بما يتماشى مع نموذج النظام على مستوى كاليفورنيا. ولكن، سيتطلب تلبية معايير الموثوقية استثمارات كبيرة، ولكن غير مؤكدة، في مجموعة من الموارد الإضافية، بما في ذلك توليد مفرط متقطع ومرن وتخزين وإدارة متعلقة بالطلب. يمكن للمنطقة أن تنتج الطلب المتوقع على الطاقة لعام 2050 والبالغ 49,979 جيجاواط ساعة (GWh) في العام الواحد، من خلال تطوير طاقة الرياح والطاقة الشمسية على مستوى المرافق المحلية (الجدول 2). ولكن، قد يكون الطلب على الطاقة أعلى أو أقل من إمدادات الطاقة المتجددة في وقت معين (على سبيل المثال، في الليل أو في أيام الأجواء الغائمة)، يستدعي استثمارات في البنية التحتية لتخزين الطاقة الإضافية لتزويد المنطقة بالطاقة المتجددة الموثوقة. ومع ذلك، فإن تكاليف هذه الموارد الإضافية، مثل البطاريات والطاقة الكهرومائية للتخزين التي يتم ضخها تظل غير مؤكدة إلى حد كبير.

تم استخدام التكلفة المعيارية للطاقة (LCOE)، وهي التكلفة المعدلة لإنتاج الطاقة لكل ميجاواط ساعة (MWh)، بحيث تتضمن تكاليف النقل، باعتبارها مقياس لمقارنة تكاليف المشاريع. يتيح استخدام التكلفة المعيارية للطاقة إجراء مقارنة مباشرة بين المشاريع، ويتيح المرونة أيضًا بينما يتم حل أوجه عدم اليقين وبناء البنية التحتية (محطات الطاقة، وخطوط النقل، والتوصيلات الداخلية، وغيرها). التكلفة المعيارية للطاقة يمكن أن تقدر التكلفة الإجمالية للكهرباء في المشاريع على نطاق المرافق. تتضمن التكلفة المعيارية للطاقة تكاليف البناء الأولية لمحطة الرياح أو الطاقة الشمسية، وتكلفة ربط هذا المشروع بالشبكة، ثم تتم قسمتها على الناتج الكلي للطاقة، لمعرفة التكلفة بحسب كل وحدة إنتاج للطاقة. يتم تضمين تكاليف النقل في التكاليف الرأسمالية للمشروع، وهي تعتمد على مستندات عملية التخطيط للنقل لدى مشغل الأنظمة المستقل في كاليفورنيا (CAISO). التكلفة المعيارية للطاقة هي طريقة للمقارنة بين أنواع مشاريع الطاقة المختلفة بناءً على كل وحدة طاقة مُنتجة. على سبيل المثال، مقياس التكلفة المعيارية للطاقة يتيح مقارنة محطة الطاقة الشمسية مع محطة طاقة الغاز الطبيعي، بناءً على التكلفة لكل ميجاواط ساعة، التي يمكن إنتاجها.

جدول 2. مناطق المشروع المرشحة (CPAs) وإجمالي احتمالي الموارد السنوية في مقاطعة سان دييغو ومقاطعة إمبريال. تشير الموارد على نطاق المرافق، إلى المشاريع كبيرة الحجم لموارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية. تتاح الموارد الأخرى من مشاريع بحجم أصغر، بما فيها الطاقة الشمسية فوق الأسطح، والطاقة الشمسية أو طاقة الرياح في المساحات الشاغرة، والطاقة الشمسية أو الرياح في الأراضي المهملة. مناطق المشروع المرشحة على مستوى الطاقة الحرارية الأرضية هي مناطق منفصلة، وهي مدرجة وفقًا لعدد المواقع المحتملة، وليس بحسب مساحتها الكلية. يُقدر إجمالي الطلب السنوي في منطقة سان دييغو بحلول عام 2050 بعدد 49,979 جيجاواط ساعة.

	مقاطعة سان دييغو		**مقاطعة سان دييغو + مقاطعة إمبريال**	
النتائج	**نطاق المرافق فقط**	**مع الأسطح والمساحات الشاغرة والأراضي المهملة**	**نطاق المرافق فقط**	**مع الأسطح والمساحات الشاغرة والأراضي المهملة**
شمسي				
المنطقة (كم مربع)	661	985	3,417	3,741
الاحتمالي (جيجاواط ساعة (GWh))	54,784	102,925	84,888	109,742
رياح برية				
المنطقة (كم مربع)	86	86	3,712	3,749
الاحتمالي (جيجاواط ساعة (GWh))	730	730	22,540	22,572
رياح بحرية				
المنطقة (كم مربع)	1,660	1,660	1,660	1,660
الاحتمالي (جيجاواط ساعة (GWh))	9,869	9,869	9,869	9,869
الحرارة الأرضية				
عدد المواقع	0	0	5	5
الاحتمالي (جيجاواط ساعة (GWh))	0	0	10,680	10,680
إجمالي احتمالي موارد الطاقة المتجددة (جيجاواط)	65,382	113,523	117,296	142,183
مقدار الموارد الكهربائية (جيجاواط)	15,403	63,544	67,317	92,204

ينشئ التقرير الفني لإطار RDF سيناريوهات متعددة لاختيار الموقع للبنية التحتية للطاقة المتجددة لإثراء عملية صنع القرار. يتضمن هذا سيناريوهات أقل تكلفة، وسيناريوهات تشمل موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية في مقاطعة إمبريال، وسيناريوهات تقلل الأثر على أنواع أراضي مختلفة، وسيناريوهات تجمع بين مزيج مختلف من مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية (الموزعة وعلى نطاق المرافق) في المناطق الحضرية، والمساحات الخضراء، والمواقع المهملة. حددت السيناريوهات الأقل تكلفة (سيناريو 1 و2) مواقع الطاقة المتجددة على نطاق المرافق من الأقل إلى الأعلى من حيث التكلفة المعيارية للطاقة. تعطي سيناريوهات إضافية الأولوية لأهداف مختلفة في السياسة، مثل تجنب أراضي محددة (سيناريو 3-5)، أو ترتب أولوية تطوير أراضي محددة (سيناريو 6 و7). تجمع سيناريوهات أخرى بين الموارد وأولويات السياسة (سيناريو 8 و9). السيناريوهات هي كالتالي (انظر جدول 3 للتعرف على القيم):[i]

1. التكلفة الأقل، سعط محلية عالية (مقاطعة سان دييغو فقط) (الشكل 5)؛
2. التكلفة الأقل، وإمكانية نقل عالية (مقاطعتي سان دييغو وإمبيريال) (الشكل 6)؛
3. تقليل خسارة الأراضي ذات قيمة الحفظ العالية (شكل 7)؛
4. تقليل خسارة الأراضي ذات القيمة النقدية العالية؛
5. تقليل خسارة الأراضي ذات الإمكانات العالية لعزل الكربون؛
6. استخدام الأراضي القابلة للتطوير فقط؛

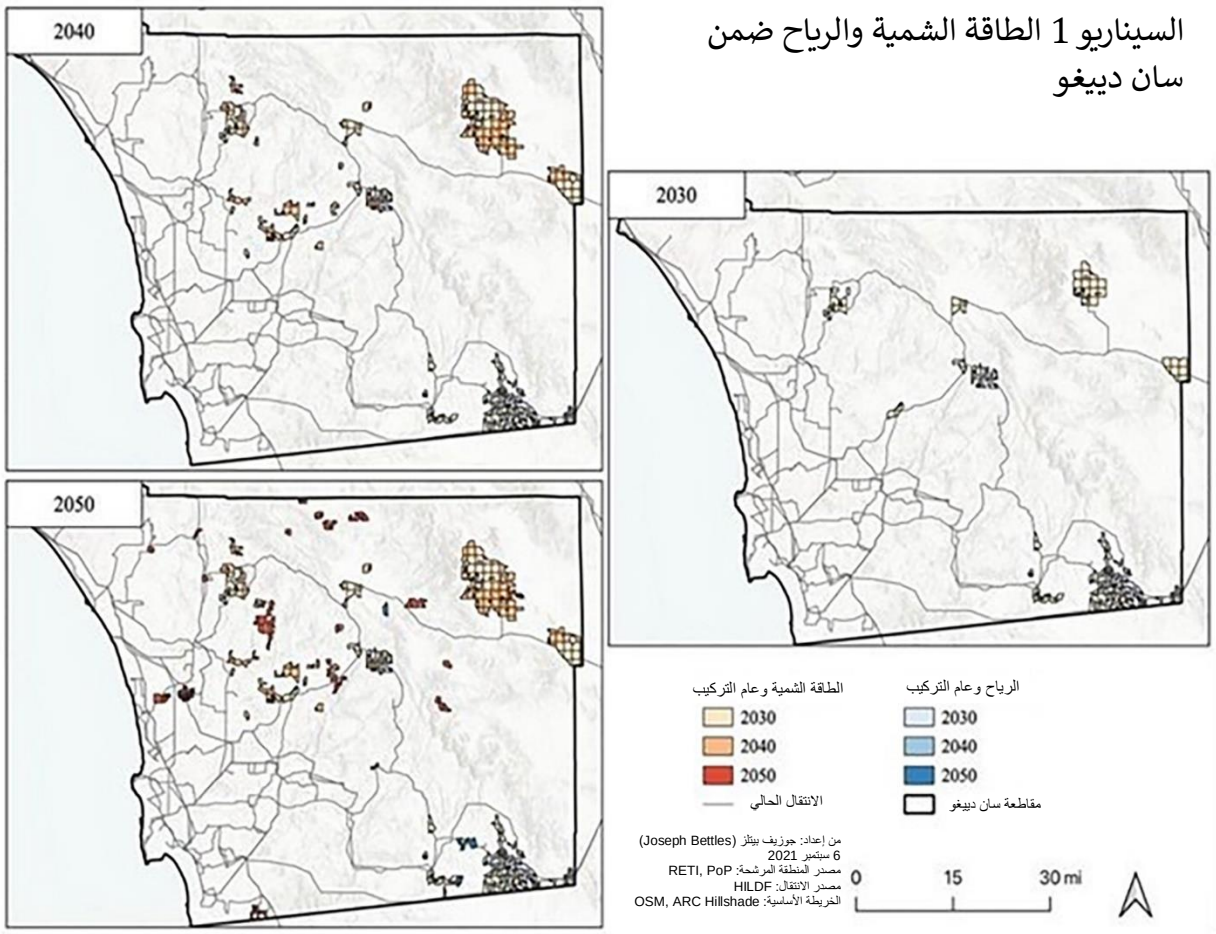
[i] انظر القسمين 2.4.5 و2.4.6 للحصول على أوصاف البيانات وطرق اختيار الموقع ومنطقة المشروع المرشح. انظر القسمين 2.5.1 و2.5.2 للاطلاع على نتائج السيناريو والمناقشة والخرائط.

7. سيناريوهات الطاقة الشمسية في المساحات الشاغرة وفوق الأسطح؛
8. سيناريو النمط المختلط (يشمل خليط من المناطق القابلة للتطوير في المنطقة والمناطق المجاورة المميزة بتحديثات الانتقال، والطاقة الحرارية الأرضية القريبة، والطاقة الشمسية فوق الأسطح، والطاقة الشمسية في الأراضي المهملة، والرياح وتخزين البطاريات) (الشكل 8)؛ و
9. زيادة الطاقة الشمسية فوق الأسطح، تقليل الأثر على الحفظ والأراضي الزراعية.

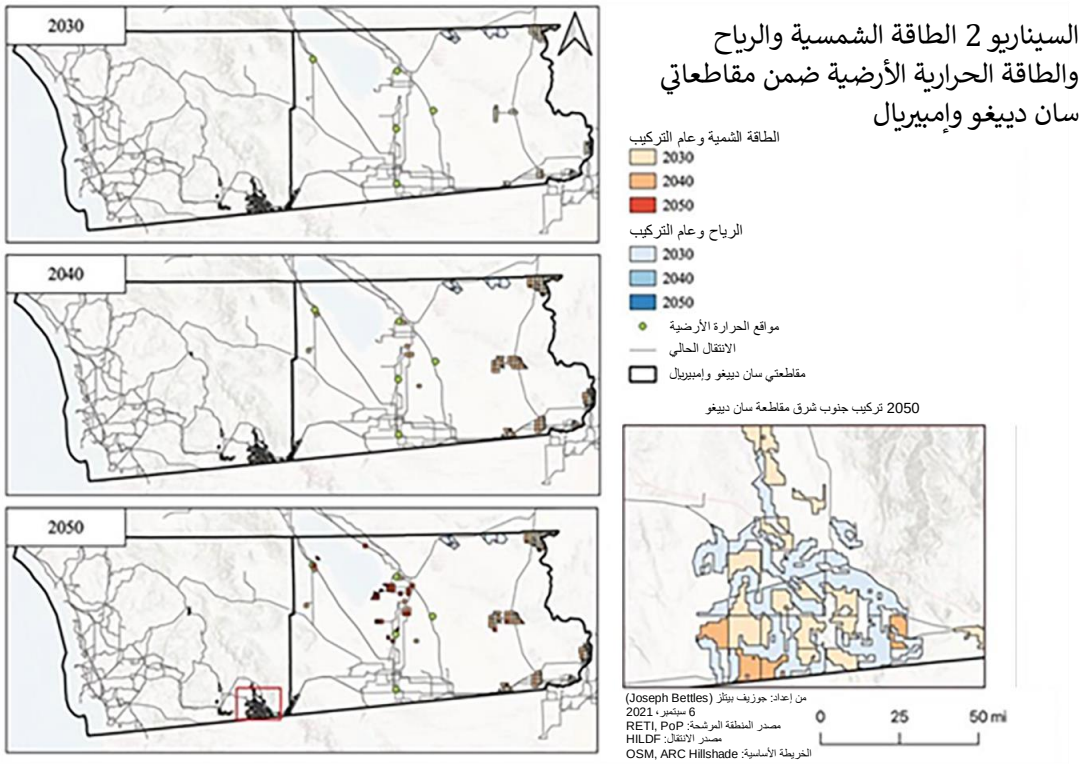
الجدول 3 ملخص لسيناريوهات إمكانات موارد الطاقة المتجددة ونقص الطاقة أمام الطلب المتوقع. ترد جميع القيم بالجيجاواط. تستند قيم "النقص أمام الطلب" على تقديرات الطلب السنوية في الدراسة الرئيسية في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة، وهي تبلغ 49,979 جيجاواط في مقاطعة سان دييغو بحلول عام 2050.

رقم السيناريو	*وصف للسيناريو*	*نوع المورد*	*إمكانات الموارد (جيجاواط)*	*الفائض (النقص) أمام الطلب (جيجاواط)*
سيناريو 1	الأقل تكلفة (مقاطعة سان دييغو فقط)	الطاقة الشمسية والرياح	49,979	–
سيناريو 2	الأقل تكلفة (مقاطعتي سان دييغو وإمبيريال)	الطاقة الشمسية والرياح والحرارة الأرضية	49,979	–
سيناريو 3	منخفضة الأثر البيئي	الطاقة الشمسية والرياح	15,777	(34,202)
سيناريو 4	الأراضي منخفضة القيمة	الطاقة الشمسية والرياح	52,394	2,415
سيناريو 5	إمكانات عزل الكربون	الطاقة الشمسية والرياح	22,844	(27,135)
سيناريو 6	القابلية للتطوير	الطاقة الشمسية والرياح	13,894	(36,085)
سيناريو 7	الطاقة الشمسية فوق الأسطح والمناطق الشاغرة	شمسي	17,478	(32,501)
سيناريو 8	مزيج لمورد سيناريو النمط المختلط (مقاطعتي سان دييغو وإمبيريال)	الطاقة الشمسية والرياح والحرارة الأرضية	50,147	168
سيناريو 9	قدرة عالية للطاقة فوق الأسطح، وانخفاض الأثر على أراضي العزل، وتجنب الأراضي الزراعية القيمة (مقاطعتي سان دييغو وإمبيريال).	الطاقة الشمسية والرياح	44.177	(5,802)

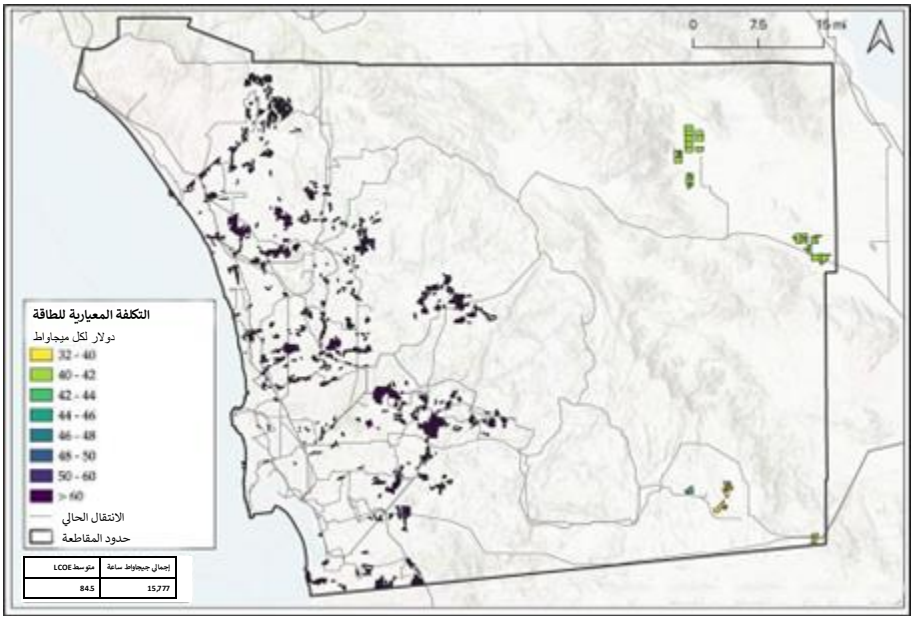
السيناريو 1 الطاقة الشمية والرياح ضمن سان دييغو



الشكل 5. السيناريو 1 سيناريو الأقل تكلفة في منطقة سان دييغو فقط. يحدد هذا التحليل موارد الطاقة الشمسية والرياح البرية على مستوى المرافق من التكلفة الأقل إلى التكلفة الأعلى لتلبية الطلب المتوقع على الطاقة. تُظهر اللوحات الثلاث البناء المطلوب بحلول كل عام والذي من شأنه أن يسمح للمنطقة بالاقتراب من خفض انبعاثات الكربون في الطاقة بالكامل بحلول عام 2050.
تمثل الألوان الفاتحة مناطق المشروع المرشح (CPAs) التي سيتم بناؤها مسبقًا لأنها أقل تكلفة. الألوان الزرقاء هي موارد الرياح والألوان البرتقالية/الحمراء هي موارد شمسية. يبلغ متوسط التكلفة المعيارية للطاقة (LCOE) لهذا السيناريو 40.65 دولار لكل ميجاواط ساعة (MWh).

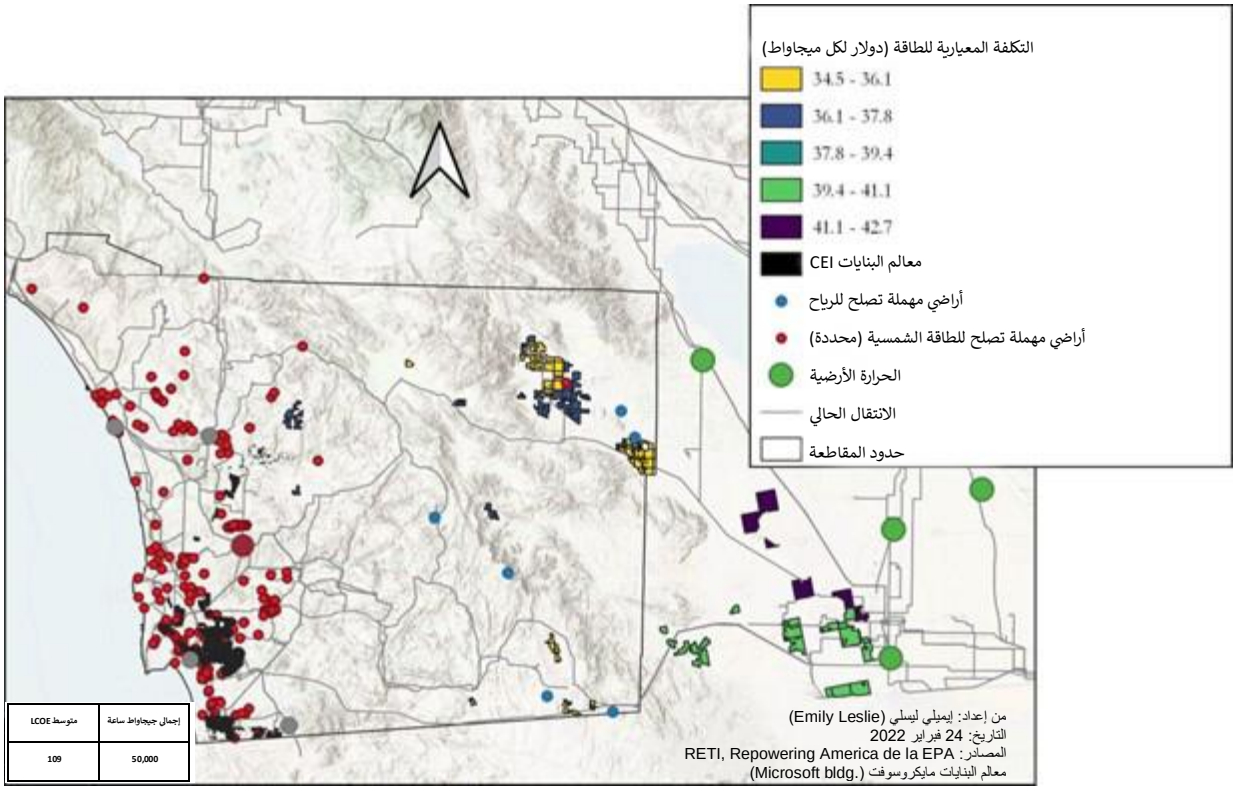


الشكل 6. السيناريو 2 السيناريو الأقل التكلفة في مقاطعتي سان دييغو وإمبيريال. يحدد هذا التحليل موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح البرية والطاقة الحرارية الأرضية من أقل تكلفة إلى أعلى تكلفة لتلبية الطلب المتوقع على الطاقة. تُظهر هذه الخرائط التطور على مدى ثلاث فترات زمنية حيث تمثل الألوان عام التطور (الألوان الفاتحة أقدم) والموارد (الأحمر/البرتقالي للطاقة الشمسية، والأزرق للرياح، والأخضر للطاقة الحرارية الأرضية). يُظهر الرسم تحديدًا لموقع منطقة Jacumba Hot Springs بحلول عام 2050 والمنطقة التي تتضمن مواقع Jacumba Valley Ranch (JVR) المقترحة/ المخطط لها. يبلغ متوسط التكلفة المعيارية للطاقة (LCOE) لهذا السيناريو 42.04 دولار لكل ميجاواط ساعة (MWh).



الشكل 7. سيناريو 3: استثناء الأراضي ذات قيمة الحفظ العالية. يقلل هذا السيناريو من الآثار على المناطق ذات قيمة الحفظ العالية والمناطق الأخرى الحساسة أو المهمة من الناحية البيئية. إنه لا يلبي الطلب الإقليمي على الطاقة وهو أكثر تكلفة نسبيًا (بمتوسط التكلفة المعيارية للطاقة (LCOE) يبلغ 84.5 دولار لكل ميجاواط ساعة (MWh)).

يستخدم سيناريو النمط المختلط مزيجًا من التقنيات التي أثبتت جدواها وقابلتها للتطوير والتي تقع ضمن نطاق السلطات القضائية لمقاطعة سان دييغو أو مقاطعة إمبريال أو الكيانات الإقليمية من أجل تلبية الطلب الإقليمي على المدى القريب (2025) وبحلول منتصف القرن على حد سواء (موضح في الشكل 8). تشمل التقنيات تطوير البنية التحتية للأراضي المهملة (البنية التحتية للطاقة الشمسية وطاقة الرياح المبنية على مواقع ملوثة حاليًا أو سابقًا)؛ الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على نطاق المرافق في كل من مقاطعتي سان دييغو وإمبيريال؛ والطاقة الشمسية فوق الأسطح والمساحات الشاغرة وحفر (حيث يتم تعريف "الطاقة الشمسية في المساحات الشاغرة" على أنها مشاريع للطاقة الشمسية مبنية في أماكن حضرية ذات كثافة سكانية كبيرة)؛ والطاقة الحرارية الأرضية (وهي مصدر طاقة حمل أساسي نظيف لا تعتمد على الرياح أو الشمس أو أي مصادر طاقة متغيرة أخرى).



الشكل 8. سيناريو 8: سيناريو النمط المختلط 2050. يوضح هذا الشكل المواقع المختارة لتلبية الطلب على الكهرباء لعام 2050، باستخدام موارد متنوعة: 12% الطاقة الشمسية فوق الأسطح، 23% الطاقة الشمسية في الأراضي المهملة، 0.1% رياح الأراضي المهملة، 6% الطاقة الشمسية على نطاق المرافق على أرض قابلة للتطوير في مقاطعة سان دييغو، 0.4% رياح على نطاق المرافق على أرض قابلة للتطوير في سان دييغو، 38% الطاقة الشمسية في إمبريال، 21% الطاقة الحرارية الأرضية في إمبريال. تؤدي إضافة موارد الطاقة الشمسية فوق الأسطح والأراضي المهملة جنبًا إلى جنب إلى انخفاض بنسبة 35% في آثار مساحات الأرض. هذا يلبي الطلب الإقليمي على الطاقة ولكن متوسط التكلفة مرتفع (بمتوسط التكلفة المعيارية للطاقة (LCOE) يبلغ 109 دولار/ ميجاواط ساعة) جزئيًا بسبب ارتفاع تكاليف تطوير الأسطح والأراضي المهملة، بالإضافة إلى التكلفة العالية للحرارة الأرضية.

هناك بعض القواسم المشتركة عبر السيناريوهات فيما يخص النتائج، مما يشير إلى أن هذه قد تكون خيارات البنية التحتية للطاقة المتجددة "ذات مردود جيد". أظهرت التحليلات الجغرافية لمواقع الطاقة المتجددة أن تطوير الطاقة الشمسية فوق الأسطح وفي المساحات الشاغرة والمساحات الخضراء يقلل من التغير الكلي في استخدام الأراضي، على مستوى الأراضي الطبيعية والمزروعة. علاوة على ذلك، من الممكن أن تقدم هذه الموارد منافع مشتركة للمجتمعات، مثل الحد من التلوث وأيضًا فرص اقتصادية. بالتالي، فبالرغم من أن التكاليف مرتفعة نسبيًا مقارنة بالتنمية على نطاق المرافق، تعد موارد الطاقة المتجددة في المباني سواء الموزعة أو في المناطق الحضرية هي استراتيجيات ذات مردود جيد، تؤثر تأثيرًا منخفضًا على الموائل الأصلية والزراعة والمجتمعات الريفية، ويمكن أن توفر

فرص تدريب جاذبة للوظائف، حيث لا يوجد حاليًا سوى القليل من تلك الفرص في ظل التنمية على مستوى المرافق.[i]

نظرًا إلى الاهتمام التجاري الكبير والموقع القريب نسبيًا من مواقع الطاقة المتجددة سواء المخطط لها أو الحالية، فقد قامت النماذج بالتركيز على منطقة Jacumba Valley Ranch (JVR) للطاقة المتجددة في معظم السيناريوهات. هذه المنطقة مفضلة في إجراءات التخطيط على مستوى الولاية، بما في ذلك لدى مشغّل النظام المستقل في كاليفورنيا (CAISO) (وهو مشغّل الشبكة في كاليفورنيا) ولجنة المرافق العامة في كاليفورنيا (CPUC)، وقد يمثل سيناريو ذو مردود جيد لتوسيع البنية التحتية على نطاق المرافق. هذه السيناريوهات ليست إلزامية وأي قرار متعلق بالسياسة سيتطلب دراسة متأنية للعدالة البيئية وفهمًا أعمق للآثار التي ستحدثها تطورات الطاقة هذه على المجتمعات المعنية والمجتمعات منخفضة الدخل والمجتمعات الريفية والمجتمعات المحرومة أو أي منها.

تملك مقاطعة إمبريال موارد هائلة من الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية، التي يمكن أن تمد منطقة سان دييغو بالطاقة، لكن قد يتطلب هذا إدخال تحسينات على شبكة النقل. نظرًا لتطوير البنية التحتية للطاقة المتجددة في المناطق المجاورة - مثل مقاطعة إمبريال أو المكسيك أو الرياح البحرية - ستتغير سيناريوهات اختيار الموقع في تحليلات العرض والطلب المتكررة للطاقة. وبالمثل، نظرًا لأن التقنيات الجديدة وإصدار التصاريح توفر موارد إضافية للطاقة المتجددة (مثل الرياح البحرية، وطاقة الأمواج، وما إلى ذلك)، فيجب تحديث السيناريوهات لمراعاة إمدادات الطاقة من تلك الموارد الجديدة (انظر الجدول 3 من قيم الحرارة الأرضية والرياح البحرية). إطار العمل هذا مرن بدرجة كافية لمراعاة التزويد الإضافي من الطاقة المتجددة عند توفرها.

ينبغي أن تنسق المنطقة مع أجهزة الولاية لضمان موثوقية النظام. تعد منطقة سان دييغو جزءًا من شبكة نظام طاقة أكبر، لذلك، يجب أن يرتكز التنسيق على صنع القرار والتخطيط وتنفيذ البنية التحتية للطاقة المتجددة في المستقبل. على سبيل المثال، هناك خطة موارد متكاملة على مستوى الولاية (IRP) قيد التنفيذ لدى لجنة CPUC. تُعد شركات توزيع الطاقة (LSEs) في جميع أنحاء الولاية أطرافًا في هذا الإجراء، ويُطلب من شركات LSEs، مثل شركة سان دييغو للغاز والكهرباء (SDG & E) وبرامج جهات تجميع الخدمات المجتمعية (CCAs)، تقديم خطط شراء سنوية. تساعد هذه عمليات التقديم الولاية على توقّع مشكلات الموثوقية المحتملة، وتساعد تحديثات وسائل النقل لمشغّل CAISO اللازمة لاستيعاب خطط شركات LSE وللأهداف المناخية. ينبغي أن تشير المستندات المقدمة من شركة LSE إلى لجنة CPUC، إلى التوليد الموزع المحلي المتوقع، أو الطاقة الشمسية فوق الأسطح، أو الطاقة الشمسية في المجتمع، أو مشاريع المقاول المؤهلة للتكافؤ، أو المواصفات الأخرى. بالإضافة إلى ذلك، غالبًا ما يعمل مسؤولو الحكومات الإقليمية في مجالس إدارة برامج CCA ويشاركون في تخطيط المشتريات وتحديد الأهداف.

[i] راجع تقرير تطوير القوى العاملة التكميلي، المُقدم من Inclusive Economics, Inc، للاطلاع على نقاش أوسع عن جودة العمل وسمات الوصول، في حالة الطاقة المتجددة على نطاق المرافق مقابل الطاقة الموزعة. التقرير بعنوان "وضع مقاطعة سان دييغو على الطريق الصحيح: توصيات بخصوص القوى العاملة في المناخ للعامين 2030 و2050" متاحة عبر الموقع الإلكتروني للمقاطعة: https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decarb-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road_June%202022.pdf.

يمكن لأعضاء مجلس الإدارة المساعدة في ضمان تنفيذ خطط شركات LSE لتحقيق الاتساق مع أهداف خفض غازات الاحتباس الحراري الإقليمية وعلى مستوى الولاية. **هذا مهم بشكل خاص عندما تكون الأهداف المحلية أكثر طموحًا من أهداف الولاية.**

ما بعد خطة IRP، هناك إجراءات إضافية لوكالات الولاية يمكن أن تستفيد من المدخلات من اللاعبين المحليين (على سبيل المثال، إجراءات كفاية موارد لجنة CPUC، وعملية تخطيط نقل مشغّل CAISO، وإجراءات متطلبات القدرات المحلية لمشغّل CAISO). في إجراء كفاية الموارد، يقوم موظفو لجنة CPUC بتحليل موثوقية شبكة الطاقة الكهربائية. في عملية تخطيط النقل، يقوم مشغّل CAISO بتقييم الموثوقية والامتثال للسياسة والفعالية من حيث التكلفة لتحديث نظام النقل المخطط لها. في إجراءات متطلبات السعة المحلية، يُجري مشغّل CAISO تحليلًا أقرب إلى المحلي لتحليل الموثوقية منه إلى الإجراءات الأخرى. على سبيل المثال، القسم 3.3.10 من الدراسة الفنية للقدرة المحلية لمشغّل CAISO لعام 2022، مخصص لمنطقةSan Diego-Imperial Valley. ينبغي أن تنسق شركات توزيع الطاقة مثل SDG&E و San Diego Community Power و Clean Energy Alliance بشأن المشتريات وكفاية الموارد والقضايا الأخرى التي تم تناولها في هذه الإجراءات.

تخدم العديد من أهداف الولاية خفض انبعاثات الكربون بالتحول إلى الكهرباء، بما في ذلك شروط الطاقة الشمسية فوق الأسطح في بعض المباني الجديدة، وشروط لنظام كهربائي منزوع الكربون بالكامل بحلول عام 2045، وبدائل لجهود إضافية لخفض الكربون أبعد من مستوى أهداف الولاية. خفض انبعاثات الكربون في الكهرباء هي التدبير الأكثر شيوعًا الذي تم تحليله في خطة العمل المناخية ويساهم في المتوسط في خفض غازات الاحتباس الحراري أكثر من أي تدبير آخر. تتضمن معظم خطط العمل المناخية تدبيرًا لتشكيل برامج CCA أو الانضمام إليها، ومن الممكن أن تزيد سلطات قضائية إضافية المشاركة في CCA أو الالتزام بطاقة خالية من الكربون بنسبة 100%، قبل الموعد النهائي للولاية في عام 2045. بالإضافة إلى ذلك، يمكن للجهود المحلية لتعزيز أو استكمال متطلبات الطاقة الشمسية فوق الأسطح من خلال اعتماد "رموز الوصول" (الأنظمة التي تتجاوز متطلبات الولاية) وتقييم التفويضات أو الحوافز لأنظمة تخزين الطاقة المقترنة بالطاقة الشمسية فوق الأسطح لتقليل الانبعاثات الهامشية خلال ذروة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري للنظام الكهربائي، وزيادة الموثوقية.

ستكون هناك حاجة إلى المزيد من العمل لجعل إمدادات الكهرباء خالية من الكربون بقدر الإمكان. على مدار التاريخ، تم تركيب الطاقة الشمية فوق الأسطح في الأحياء ذات الدخل العالي والمناطق ذات التكلفة العالية من حيث تملّك المنازل. توجد العديد من الوسائل الداعمة، التي يمكن أن تتعامل مع التوزيع غير المتكافئ لتركيبات الطاقة الشمسية فوق الأسطح، بما في ذلك الحوافز والتمويل المستهدف. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لبرامج CCA زيادة المشاركة في برنامج "التعرفة الخضراء" للمجتمعات المحرومة، ودعم العملاء في برامج الخصم للدخل المؤهل لاختيار ما يصل إلى 100% من خيارات خدمة الكهرباء الخالية من الكربون، ودعم التمويل الشامل لتحديثات الطاقة.

السلطة القانونية لتنظيم إنتاج الطاقة:[i] السلطات القضائية في منطقة سان دييغو لديها صلاحية الإلزام بمستويات إمدادات كهرباء خالية من الكربون من خلال خطط العمل المناخية وشراء إمدادات كهرباء خالية من الكربون من خلال برامج CCA. وبالتالي يمكنها توفير المزيد من الطاقة الخالية من الكربون مما تُلزمه وكالات الولاية.

[i] انظر الفصل 8، القسم 8.7 "خفض انبعاثات الكربون في المباني"، والملحق (ب) للمزيد من المناقشات عن السلطة القانونية.

ولكن، لا تزال الوكالات أو الكيانات الحكومية و/أو الفدرالية تنظم إمدادات الطاقة المحلية من أجل الموثوقية، مما يعقّد عمليات خفض انبعاثات الكربون في إمدادات الكهرباء بالكامل باستخدام الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، فإن السلطات القضائية المحلية مخولة أيضًا بدعم محطات الطاقة الحرارية التي تعمل بالوقود البديل والبنية التحتية ذات الصلة التي يمكن أن توفر كهرباء منخفضة أو معدومة الانبعاثات لتلبية متطلبات الموثوقية وجودة الهواء (على سبيل المثال، إنتاج الهيدروجين الأخضر و/أو محطات الطاقة). السلطات القضائية المحلية مخولة أيضًا بتبسيط إصدار التصاريح وزيادة التوليد الموزع من خلال برامج CCAs "ورموز الوصول". زيادة التنظيم لمعظم انبعاثات محطات الطاقة الحرارية التي تعمل بالوقود الأحفوري محدود نظرًا للوائح الولاية الحالية والشكوك بشأن الإجراءات الوقائية الفدرالية.

خفض انبعاثات الكربون في وسائل النقل

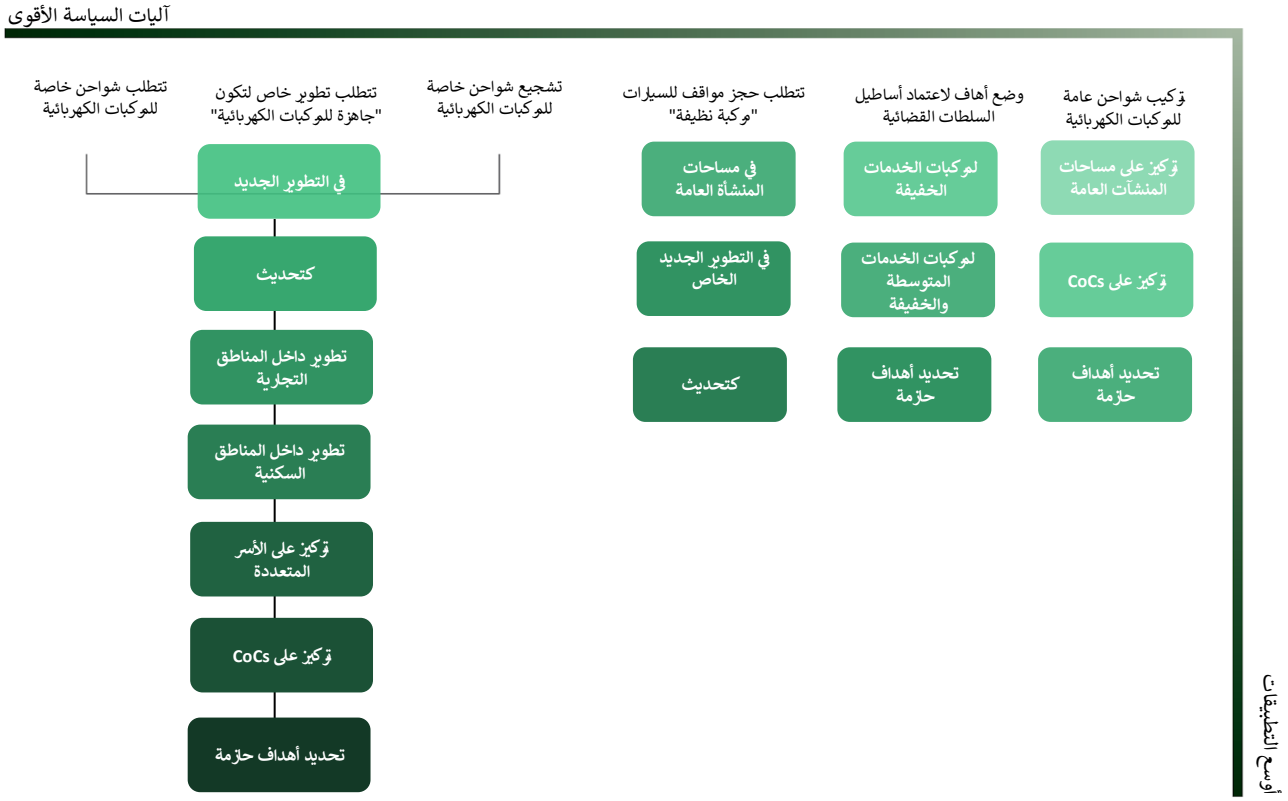
يعتبر قطاع وسائل النقل أكبر مساهم في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الإقليمية. في عام 2016، كانت وسائل النقل على الطرق مسؤولة عما يقارب نصف الانبعاثات الإقليمية. في عام 2035، من المتوقع أن تمثل الانبعاثات من وسائل النقل البري حوالي 41% من إجمالي الانبعاثات المتوقعة (الشكل 3).[i] وضع كل من التشريع على مستوى الولاية، والأوامر التنفيذية، وغايات الوكالات في الولاية، جميعًا أهدافًا لخفض غازات الاحتباس الحراري، بهدف القضاء على هذه الانبعاثات. علاوة على ذلك، نفَّذت منطقة سان دييغو تدابيرًا لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في وسائل النقل الإقليمي، والتي تضمنت مجموعة متنوعة من استراتيجيات تقليل الأميال التي تقطعها المركبات (VMT) واستراتيجيات تحويل المركبات إلى كهرباء.

لدى المنطقة أساس سياسي قوي للحد من الانبعاثات المتعلقة بوسائل النقل. إلا أن الالتزامات الحالية من خلال خطط العمل المناخية والسياسات الأخرى لا تتسق مع نطاق التخفيض التي تتطلبها الأوامر التنفيذية الحكومية لحيادية الكربون. إن أفضل الالتزامات في خطط العمل المناخية لتقليل انبعاثات وسائل النقل على الطرق من خلال تقليل عدد الأميال المقطوعة بالسيارة واعتماد المركبات الإلكترونية وتطبيق استراتيجيات كفاءة الوقود، وإن تم تطبيقها على المنطقة بأكملها، فليس من المتوقع أن تحقق تلك الالتزامات أهداف الولاية الصفرية للانبعاثات.

فرص تسريع تبني المركبات الكهربائية (EV) وتقليل الأميال المقطوعة للمركبات (VMT) موجودة بناءً على السياسات الإقليمية الحالية وأنماط ملكية المركبات وسلوكيات السفر وتطوير استخدام الأراضي.
تعمل السياسات الحالية وسلوكيات المستهلك والسائق والمطور بالفعل على زيادة اعتماد المركبات الكهربائية وتقليل عدد الأميال المقطوعة بالسيارة. ومع ذلك، هناك المزيد من الفرص لتسريع خفض انبعاثات الكربون من النقل الإقليمي. **لتقليل الأميال التي تقطعها المركبات**، يمكن أن تركز السلطات القضائية على التطوير عالي الكثافة للمناطق المحيطة بممرات العبور، والسكك الحديدية، ومحطات عربات النقل، وتعزيز النقل العابر والنشط (مثل ركوب الدراجات والسير).

[i] انظر الفصل 8، القسم 8.5 للحصول على تحليل مفصل لالتزامات خطة العمل المناخية من حيث صلتها بوسائل النقل. لاحظ أن هذه القيمة تشمل التغييرات المتوقعة في مبيعات المركبات الكهربائية ولكنها لا تتضمن تدابير خطة العمل المناخية.

تطبيق سياسات "النمو الذكي" يحسن الاتصال بالمناطق الحضرية والضواحي، ويشجع على التطوير متعدد الأغراض، ويقصر طول الرحلات من خلال تغيير تقسيم المناطق، ويغير فكرة ركن السيارات المجاني.[i] لمتابعة **تقليل الانبعاثات**، يمكن للسلطات القضائية وضع متطلبات تحد من توقف المركبات والمحرك يعمل (خاصة حول المدارس)، وتحديد مجالات لتدابير تهدئة حركة المرور، وتوفير حوافز خاصة بسلوكيات السائقين. علاوة على ذلك، يمكن للسلطات القضائية المحلية التأثير على تقاعد المركبات، والذي يمكن يحدد حسب الأولوية في المجتمعات المعنية لتقليل أعباء تلوث الهواء المحلي بسرعة. أخيرًا، يمكن للحكومات المحلية **زيادة استخدام المركبات ذات الانبعاثات الصفرية (ZEVs)، من خلال توفير محطات شحن عامة للمركبات الكهربائية**، واستخدام أنواع الوقود البديلة منخفضة الكربون والمركبات الكهربائية، بالأخص المركبات المتوسطة والثقيلة، في الأساطيل الحالية والمستقبلية. يوضح الشكل 9 قائمة بفرص لسياسيات تهدف إلى زيادة اعتماد المركبات الخالية من العوادم (ZEV)، موضحًا خيارات السياسة التي تتراوح من حيث الفعالية (أي مدى نجاح السياسة في زيادة اعتماد المركبات الخالية من العوادم) واتساع النطاق (أي عدد الأشخاص الذين تصل إليهم).



الشكل 9. مجموعة متنوعة من خيارات السياسة لتسريع اعتماد المركبات الخالية من العوادم. من المرجح أن تكون السياسات أكثر فاعلية عند التحرك إلى اليمين ومن المرجح أن يكون لها تطبيق أوسع يتجه نحو الأسفل. وبالتالي، من المتوقع أن يكون الجزء السفلي الأيمن هو الأكثر فاعلية وأن يكون له أوسع تطبيق لمقياس السياسة الموضح حيث من المتوقع أن يكون أعلى اليسار هو الأقل فاعلية وأن يكون له الأضيق تطبيقًا لإجراءات السياسة الموضحة.

توجد فرص متعددة للتعاون والتنسيق الإقليميين. تشير طبيعة وسائل النقل على الطرق والمؤسسات القائمة التي تنسق القرارات المتعلقة بوسائل النقل إلى أن التعاون الإقليمي بشأن خفض انبعاثات الكربون في وسائل النقل سيكون أكثر فعالية من تدابير خطة عمل مناخية فردية.

[i] تم تحديد فرص زيادة الكثافة في المناطق الشاغرة في الفصل 3. يوفر الفصل 8 المزيد من التفاصيل حول تخفيض VMT.

تقدم برامج CCAs مثالاً على آلية محلية، عادةً من خلال اتفاقيات JPA، التي يمكن أن تدعم تحويل وسائل النقل إلى الكهرباء من خلال تطوير برامج لتحفيز استيعاب المركبات الكهربائية محليًا خارج برامج الولاية والبرامج الفدرالية. وبالمثل، يمكن تحديد جهود التعاون الإقليمية الأخرى المتعلقة بوسائل النقل والتي يمكنها أن تعزز الأموال المحلية لخفض انبعاثات الكربون في وسائل النقل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تتعاون على نحو أكبر السلطات القضائية المحلية في تقييم تكافؤ وفعالية الاستثمار، في نشر المركبات الكهربائية مقابل الاستخدام المتزايد لوسائل النقل الجماعي في مجتمعات مختلفة، ومواءمة تحليلات التكافؤ في وسائل النقل الإقليمي (على سبيل المثال، تحليلات التكافؤ في جمعية سان دييغو للحكومات (SANDAG)) مع تحليلات التكافؤ في خطة العمل المناخية (مثل تحليلات التكافؤ لمدينة سان دييغو).

السلطة القانونية لتنظيم خفض انبعاثات الكربون في وسائل النقل:[i] تتمتع السلطات القضائية والوكالات المحلية في منطقة سان دييغو بصلاحيات واسعة فيما يخص وسائل النقل، استنادًا إلى كل من صلاحية استخدام الأراضي المشتقة محليًا حول التخطيط والتطوير، واستنادًا إلى الصلاحيات المخولة في الولاية والسلطات الفدرالية. ولكن، يمكن تقييد هذه السلطات المخولة أو منعها بموجب قوانين الولاية أو القوانين الفدرالية، كما هو الحال مع أنظمة الوقود وانبعاثات العادم. يمكن للسلطات القضائية المحلية من خلال الهيئات لديها وضع سياسات وأنظمة خاصة بتغيّر المناخ للحد من غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن وسائل النقل في الخطط العامة (GPs)، أو خطط العمل المناخية أو تقسيم المناطق أو لوائح التطوير التي تركز على وسائل النقل. علاوة على ذلك، يمكنها أن تُلزم بإنشاء بنية تحتية لتبديل الوقود في المباني (على سبيل المثال، معدات شحن المركبات الكهربائية)، وبناء بنية تحتية داعمة في الطرق العامة التي تتمتع بحق المرور أو في الأراضي العامة، ودعم إنتاج الوقود البديل والبنية التحتية مثل الهيدروجين. يمكن للسلطات القضائية المحلية تنظيم أساطيلها الخاصة من خلال شراء أساطيلها أو صيانتها أو تغييرها. لديها أيضًا صلاحية تنظيم انبعاثات النقل غير المباشرة للحفاظ على الانبعاثات المحلية متوافقة مع معايير جودة الهواء الفدرالية ومعايير الولاية. تخلق قوانين ولوائح الولاية فرصة لمواءمة الإجراءات المحلية التي تقلل تكاليف التنفيذ من خلال جلب المشاريع الممولة من الولاية إلى المنطقة، لا سيما في المجتمعات محط الاهتمام، ونشر التكنولوجيا التي طورها تمويل الولاية أو التمويل الفيدرالي. أخيرًا، يبدو أن السلطات القضائية تتمتع بسلطة قانونية إضافية من خلال استخدام الأراضي، وتحديد مواقع البنية التحتية للنقل، والصلاحية المخولة، وصلاحيات الضرائب لتقليل غازات الاحتباس الحراري للنقل، مقارنة بالالتزامات الواردة في خطط العمل المناخية. ستكون هناك حاجة إلى عمل إضافي لتقييم حدود السلطات المحلية في توسيع عمليات خفض غازات الاحتباس الحراري في وسائل النقل البري.

[i] انظر الفصل 8، القسم 8.5 "خفض انبعاثات الكربون في وسائل النقل" والملحق (ب)، للمزيد من المناقشة عن السلطة القانونية

خفض انبعاثات الكربون في المباني

يدرس التقرير الفني الذي يقدمه إطار RDF، خليط البناء والانبعاثات ذات الصلة، الناتجة عن البنية التحتية وقطاع البناء في المنطقة. تنبع الانبعاثات المباشرة في المباني من احتراق الوقود الأحفوري في الموقع، وتزيد من الانبعاثات الإقليمية الناتجة عن غازات الاحتباس الحراري (الشكل 3). يركز هذا التحليل على التحول إلى الكهرباء في الأنظمة المسؤولة عن انبعاثات الاستخدام النهائي، مثل التدفئة وتسخين المياه، كما يركز على استخدام الوقود منخفض الكربون (مثل الميثان الحيوي والهيدروجين) في حالة عدم توفر خيار التحول الكهربائي بعد. يرسم الفصل ثلاثة مسارات محددة لتحقيق قطاع بناء خالٍ من الكربون بحلول عام 2050: مسار يستهدف توسيع التحول إلى الكهرباء في الأنظمة التي تعمل بالوقود الأحفوري، ومسار يتعامل مع مضخات الحرارة الكهربائية عالية الكفاءة، ومسار يعمل على استخدام وقود منخفض الكربون لتقليل الانبعاثات في المرحلة الانتقالية، أثناء التحول ببطء إلى الكهرباء.[i]

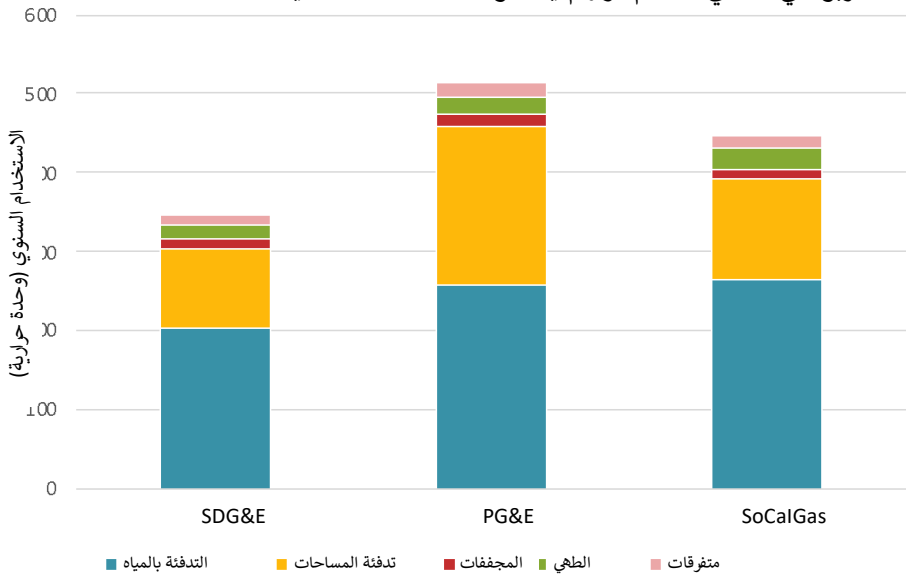
يوجد العديد من إجراءات خفض انبعاثات الكربون في المباني التي تمتاز بأنها قصيرة المدى وذات مردود جيد. أولاً، استبدال أنظمة التدفئة المتهالكة التي تعمل بالوقود الأحفوري بالأنظمة الكهربائية هو أولوية على المدى القصير، نظرًا إلى أن بعض أنظمة الوقود الأحفوري الموجودة لن ينتهي العمل بها إلا بحلول عام 2050. ثانيًا، إن تطبيق معايير "جاهزية التحول إلى الكهرباء" أو "كهربائية بالكامل" على المباني الجديدة وعمليات التجديد الكبرى عبر قوانين الطاقة في المباني، سيقلل من التكاليف ذات الصلة بالتحول عن الوقود الأحفوري. ثالثًا، تُمثل جمع البيانات المحسنة إجراءً أساسًا منخفض التكلفة لتطوير السياسة في المستقبل. توفير المزيد من البيانات حول انبعاثات المباني وخفض انبعاثات الكربون منها، ستفيد اتخاذ قرارات أكثر استنارة من قِبل صانعي القرار الذين يضعون سياسات من أجل إسهام قطاع البناء في المنطقة لتحقيق صافي انبعاثات صفرية.

ينبغي أن يكون استبدال أنظمة التدفئة وتسخين المياه التي تعمل بالوقود الأحفوري بالأنظمة الكهربائية، نقطة أساسية تركز عليها السياسة، لخفض انبعاثات المباني. تستهلك كل من أنظمة التدفئة وتسخين المياه أغلب إمدادات الغاز الطبيعي الواصلة إلى المباني السكنية، في المنطقة التي تخدمها شركة SDG&E (الشكل 10). المباني التجارية أكثر تباينًا في استهلاكها للطاقة (الشكل 11)، لكن لا تزال التدفئة وتسخين المياه يستهلكان جزءًا كبيرًا من إجمالي الطاقة، وحوالي ثلثين من أنظمة التدفئة في المباني التجارية تستخدم الغاز الطبيعي. استبدال أنظمة التدفئة وتسخين المياه والأنظمة الأخرى التي تعمل بالوقود الأحفوري مثل الأفران والمجففات بنماذج كهربائية، سيساعد بشكل كبير في خفض انبعاثات الكربون في المباني. تتوفر حاليًا تقنيات ضخ حراري للتدفئة وتسخين المياه، وهي أكثر كفاءة من الأنظمة التي تعمل بالغاز الطبيعي بسبب توفيرها لتدفئة أعلى مقابل كل وحدة طاقة مُستخدمة، مما يجعل هذه الأنظمة بيئة مناسبة على وجه التحديد للتحول إلى الكهرباء. لتنظيم درجة حرارة المباني تقدم مضخات الحرارة الكهربائية خياري التدفئة والتبريد من نفس الوحدة، مما يجعلها مثالية للمنازل التي لا يتوفر بها مكيف للهواء حتى الآن. بالتالي، ينبغي أن تدعم السياسات الإقليمية تبني أنظمة التدفئة وتسخين المياه الفعالة التي تعتمد على مضخات الحرارة لتحل محل أنظمة الوقود الأحفوري في كل من المباني الجديدة والحالية.

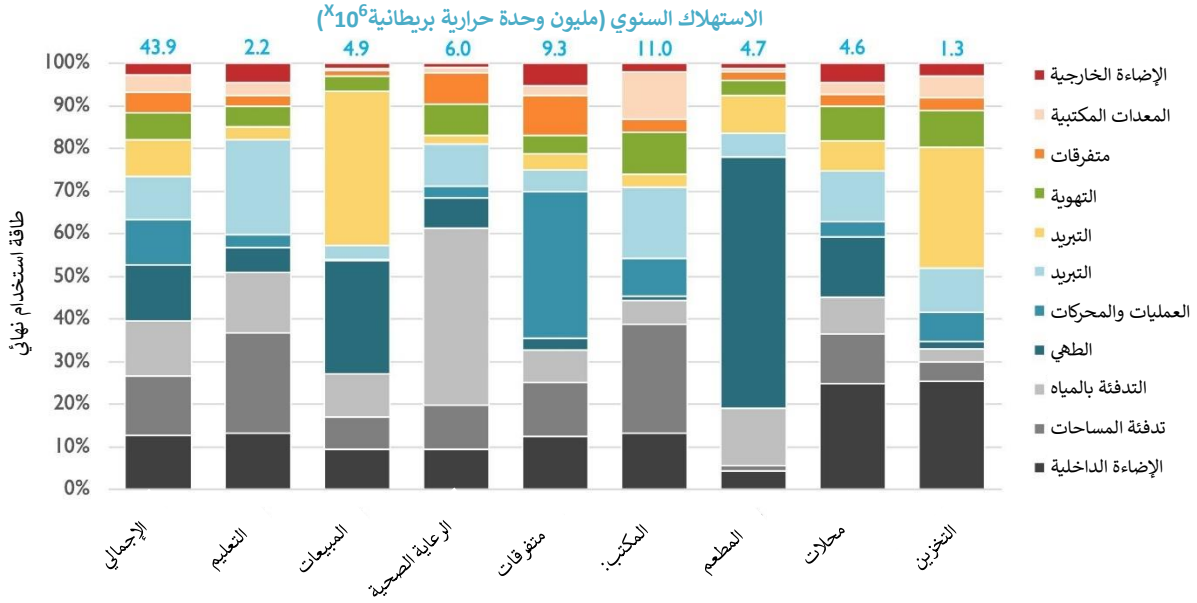
علاوة على ذلك، ينبغي أن تركز السياسات التي تستهدف استبدال أنظمة التدفئة وتسخين المياه التي تستخدم الوقود الأحفوري، جهود المساعدة على زيادة التطبيق بين السكان محدودي الدخل وملاك المنازل المؤخرة.

[i] تتوفر تفاصيل أكثر عن المسارات المحددة في الفصل 4، القسم 4.4، وفي أجزاء أخرى في الفصل.

ستتناول هذه السياسات أوجه عدم المساواة السابقة في جودة الإسكان، والظلم البيئي، والفوارق الصحية بسبب تلوث الهواء في الأماكن المغلقة، وتكاليف المرافق. علاوة على ذلك، ستحرص على شمول السكان محدودي الدخل والمستأجرين في خفض انبعاثات الكربون في المباني، وعدم تركهم يدفعون أسعار الغاز المتزايدة.



الشكل 10. متوسط الاستخدام السنوي للغاز الطبيعي (يقاس بالوحدات الحرارية) بحسب الاستخدام النهائي والمرافق لدى الأسر التي تستخدم الغاز كوقود أولي للاستخدامات النهائية الرئيسية. المصدر: DNV GL Energy Insights (2021). دراسة إشباع الأجهزة السكنية في كاليفورنيا (RASS) لعام 2019.



الشكل 11. معدلات الاستخدام النهائي للطاقة على المستوى الإقليمي في سان دييغو بحسب نوع المبنى التجاري. النسب المئوية ترتبط بإجمالي طاقة الاستخدام النهائي في كل قطاع للمباني. استهلاك الطاقة السنوي المُقاس بمليون وحدة حرارية بريطانية (MMBTU) لكل نوع مباني، يظهر باللون الأزرق في قمة الشكل. يظهر تسخين المياه باللون الرمادي الفاتح (الثالث من الأسفل في كل عمود) وتظهر التدفئة باللون الرمادي المتوسط (الثاني من الأسفل في كل عمود). يتباين استهلاك الغاز الطبيعي لكل نظام بحسب نوع المبنى التجاري، لكن لا تزال التدفئة وتسخين المياه من المصادر الكبيرة لاستهلاك الغاز الطبيعي، مثلما هو ظاهر في العمود في أقصى اليسار ("إجمالي"). المصدر: نموذج شركة Synapse.

تعد سياسات خفض انبعاثات الكربون في المباني الجديدة والحالية مسألة مهمة للغاية. تم تشييد 80% بالفعل من المباني التي من المخطط تشييدها حتى عام 2050، لذلك فإن خفض انبعاثات الكربون في قطاع البناء سيتطلب خفض انبعاثات الكربون في المباني القائمة حاليًا. بينما تفرض قوانين البناء على مستوى الولاية، مثل الباب 24، تعديلات وإضافات على هياكل حالية محددة، من الممكن أن تشجع السياسات المحلية أكثر على الاستخدام الفعال للطاقة والتحول إلى الكهرباء في العديد من الأماكن الأخرى أو تلزم بذلك.[i] على سبيل المثال، إن خفض انبعاثات الكربون في مباني البلدية من خلال التحول إلى الكهرباء ذي التكلفة المعقولة، من المفترض أن يقلل التكاليف التشغيلية، وقد يشجع أصحاب العقارات على أن يحذوا حذوها، مما يجعلها سياسة ذات مردود جيد.

لخفض انبعاثات الكربون في المباني الجديدة، يمكن أن تضع السلطات القضائية معايير محلية "لجاهزية التحول إلى الكهرباء" أو "كهربائية بالكامل" في الإنشاءات الجديدة. يمكن أن يستفيد واضعو السياسات من الدروس المستفادة في إقرار قوانين أو مراسيم لبلوغ الحالة الكهربائية بالكامل -وهي قوانين أو مراسيم محلية تتخطي قوانين أو مراسيم المتطلبات الفدرالية وعلى مستوى الولاية- في مدن كارلسباد، وانسينيتاس، وسولانا بيتش.

يمكن استخدام وقود غازي منخفض الكربون في الاستخدامات النهائية التي يصعب تحولها إلى الكهرباء، مع ذلك يلزم إجراء بحث وتطوير. يصعب تحويل بعض أنظمة المباني إلى الكهرباء بشكل كامل، لذلك فإحدى الطرق لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من تلك الأنظمة هو استخدام أنواع الوقود التي لا تطلق غازات احتباس حراري صافية في الغلاف الجوي.[ii] بالمثل، يمكن استخدام تلك الأنواع من الوقود في هذه الأنظمة أو أنظمة أخرى قبل تحويلها إلى الطاقة الكهربائية. يمكن أن تشمل أنواع الوقود الغازي منخفض الكربون الميثان الحيوي أو الهيدروجين أو كليهما. ولكن، هناك تنازلات تتعلق بالتكلفة والكفاءة لكل نوع من أنواع الوقود البديل، بالإضافة إلى جانب الشكوك والتي تتطلب إجراء المزيد من البحث والتجريب قبل التطبيق.

تقليل عمليات التوسع أو الاستبدال غير الضرورية لأنظمة خطوط أنابيب الغاز، ومن خلال تسريع إهلاك أصول المرافق الحالية، يقلل من مخاطر المرافق التي تعمل بالغاز من عدم استرداد المبالغ المستثمرة في الأصول (أي مخاطر تكلفتها المعتادة). يمكن أن يؤدي السحب التدريجي لاستهلاك الغاز الطبيعي في الاستخدام النهائي إلى أصول جانحة، التي تتمثل في البنية التحتية التي ينتهي استخدامها قبل نهاية عمر استخدامها. في حالة الشركات مثل SDG&E، تمثل الأصول الجانحة خسائر مالية محتملة بسبب التكاليف الرأسمالية العالية لإنشاء البنية التحتية للغاز أو استبدالها. سيمثل تخفيف هذه الأصول الجانحة اعتبارًا مهمًا في السياسة.[iii] من إحدى الخطوات الفعالة، تقليل عمليات التوسع أو الاستبدال غير الضرورية لخطوط الأنابيب. إن تطبيق سياسات تُلزم الإنشاءات الجديدة بالتحول بالكامل إلى الكهرباء، سيخفف الخسائر في الأصول الجانحة في الاستثمارات في الأنابيب التي تصل إلى العملاء الجدد، لكن ذلك لن يقلل الخسائر الناتجة عن استبدال البنية المتهالكة.

---

[i] انظر الفصل 8، القسم 8.6 للمزيد من التفاصيل عن أمثلة للسلطات المحلية لخفض انبعاثات الكربون في المباني الحالية. انظر أيضًا الفصل 7، القسم 7.3.1 للاطلاع على مثال محلي.

[ii] أحد تلك الأمثلة هي محطات الطاقة المحلية التي توفر بخارًا بدرجة حرارة عالية أو مياه ساخنة لمجموعة جغرافية من المباني. هناك العديد من هذه الأنظمة في منطقة سان دييغو، التي تخدم القواعد العسكرية أو المستشفيات أو الجامعات. ينبغي أن يقيّم مشغلو النظم التكاليف والمزايا النسبية الناتجة عن الوقود منخفض الكربون وتقنيات التدفئة الكهربائية (مثل مضخات الحرارة عالية السعة، وأجهزة التبريد المسترجعة للحرارة، والغلايات الكهربائية).

[iii] في وقت كتابة هذا التقرير، تقيّم لجنة المرافق العامة الجوانب الرئيسية في التخطيط طويل المدى للغاز الطبيعي في كاليفورنيا بموجب الإجراء R2001007.

إن البحث في بدائل خارج خطوط الأنابيب للبنية التحتية الجديدة والمستبدلة وتجريبها، بما في ذلك التحول إلى الكهرباء في الاستخدامات النهائية بدلاً من استبدال البنية التحتية، قد يوفر فرصًا لتقليل الخطر.

تتضمن خطط العمل المناخية (CAPs) تدابير محدودة نسبيًا تهدف إلى تحول المباني إلى الكهرباء، علاوة على الاهتمام الضعيف نسبيًا بتلك التدابير المتعلقة بآثار غازات الاحتباس الحراري، على الرغم من أهمية القطاع في خفض انبعاثات الكربون على المستوى الإقليمي. لا تتضمن سوى سبع خطط عمل مناخية في منطقة سان دييغو تدابيرًا تتعلق بالتحول إلى الكهرباء في المباني، ويعد الاهتمام بمسألة تقليل غازات الاحتباس الحراري في خطط العمل المناخية التي تراعي الكفاءة والتحول إلى الكهرباء منخفض نسبيًا.[i] ومقارنة بمستوى التحول المطلوب إلى الكهرباء في كل من المباني الجديدة والحالية في نتائج مسارات التحليل الفني الذي يقدمه إطار RDF، كما هو مخطط له في الفصل 4، تعد تدابير خطط العمل المناخية دون المستوى المطلوب لخفض انبعاثات الكربون من المباني.

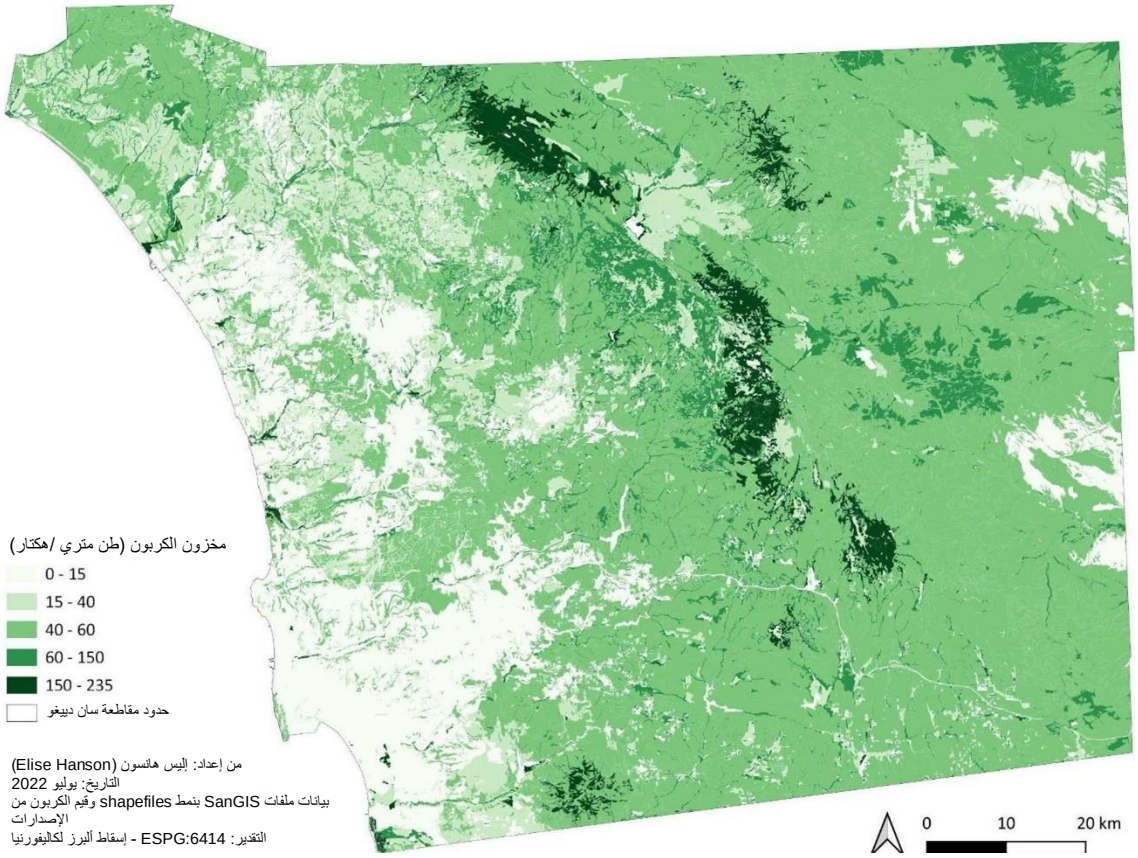
هناك فرصة واحتياج إلى تقييم اعتبارات التكافؤ الاجتماعي في سياسات خفض انبعاثات الكربون في المباني. يعد استبدال الأجهزة أمرًا مرتفع التكلفة، لذلك ينبغي أن تراعي سياسات خفض انبعاثات الكربون من المباني تقديم حوافز، للتكافؤ في التحول إلى الكهرباء، خاصة في المجتمعات محل القلق والمجتمعات ذات الدخل المنخفض والمناطق الريفية وللمستأجرين. تطوير القدرة والأدوات اللازمة، لفهم الآثار المترتبة على التكافؤ في البناء من سياسات خفض انبعاثات الكربون في منطقة سان دييغو، والتعامل مع تلك المسائل، يتطلب المزيد من العمل.

السلطة القانونية لتنظيم خفض انبعاثات الكربون من المباني:[ii] تتمتع السلطات القضائية المحلية بصلاحية تنظيم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الاستخدام النهائي للوقود الأحفوري وغيرها من مصادر الطاقة في المنازل، وتُمثل وسيطًا أساسيًا لخفض انبعاثات الكربون في المباني. تعمل السلطات القضائية المحلية أيضًا في ظل صلاحية مفوضة في بيئة البناء، بحيث تفرض قوانين أكثر صرامة على الطاقة، وتنظم مباشرة الانبعاثات من المباني التي تلوث الهواء، وتطبق إمدادات بديلة للطاقة في المباني العامة. قد تكون هناك صلاحية إضافية يمثلها قانون الجودة البيئية في كاليفورنيا (CEQA)، الذي يضع حدًا أكثر صرامة لتحديد الأثر البيئي. تُعفى الحكومات المحلية من وضع معايير للأجهزة الموفرة للطاقة، ومن تنظيم الإمداد بالغاز الطبيعي، والنقل، والتخزين، وتنظيم المبردات عالية القدرة في إحداث احترار عالمي (على سبيل المثال هيدروفلوروكربون).

[i] راجع الفصل 8، الشكل 8.33 لمزيد من التفاصيل عن التزامات خطط العمل المناخية المتعلق بالتحول إلى الكهرباء في المباني.
[ii] انظر الفصل 8، القسم 8.6 "خفض انبعاثات الكربون في المباني"، والملحق (ب) للمزيد من المناقشات عن السلطة القانونية.

حلول المناخ الطبيعي

يبحث التقرير الفني الذي يقدمه إطار RDF، حلول المناخ القائمة على الطبيعة، المتاحة في منطقة سان دييغو، وإمكاناتها في عزل ثاني أكسيد الكربون وغازات الاحتباس الحراري الأخرى وتخزينها بطريقة طبيعية. تعد حلول المناخ القائمة على الطبيعة هي عمليات تحمي الأراضي الطبيعية والمزروعة (NWLs) أو تعزز قدرتها على التقاط غازات الاحتباس الحراري من الغلاف الجوي وتخزينها من خلال النباتات والتربة أو عن طريق خفض انبعاثات الأراضي الطبيعية والمزروعة. تشمل "الأراضي المزروعة" الأراضي الزراعية مثل البساتين وكروم العنب والمراعي، والمشاتل، والمراعي وأراضي المحاصيل، وغيرها. يعد "العزل" إجراءً سنويًا يوضح حجم غازات الاحتباس الحراري التي تم نزعها من الغلاف الجوي، بينما "التخزين" هو الحجم الكلي لغازات الاحتباس الحراري التي تم عزلها في النباتات والتربة. تعتبر مخزونات الكربون الحالية (الشكل 11) مستقرة بشكل عام، ويمكن تخزين الكربون لعقود إذا تُركت دون تدخل، لذا فإن التخطيط الإقليمي الدقيق يمكن أن يقلل من تغيير استخدام الأراضي، التي قد يتسرب منها هذا الكربون المُخزن. عندما نفهم إمكانات المساحات الخضراء على عزل الكربون وتخزينه، يمكن حفظ المساحات عالية التخزين للكربون بنفس الطريقة، ويمكن حماية المناطق التي تتمتع بإمكانات عالية على العزل.



الشكل 11 تقديرات إجمالي الكربون المُخزن (يقاس بالطن المتري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل هكتار، في منطقة سان دييغو. تمثل الألوان الداكنة تقديرات عالية من مخزون الكربون، أما الألوان الفاتحة فهي تقديرات قليلة من المخزون. تم حساب إجمالي المخزون على مستوى المنطقة لكل فئة غطاء نباتي من هذه القيم، وهي موجودة في الجدول 5.2. لاحظ أنه لم يتم تضمين حشائش الإنقليس، بسبب عدم تضمينها في ملفات SanGIS بنمط shapefiles. مع ذلك، فحشائش الإنقليس منتشرة في كل من خلجان ميشين وسان دييغو، وهي من الموائل الأصلية المهمة للكربون الأزرق.

تعزل الأراضي الإقليمية الطبيعية والمزروعة كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون وتخزنه بها، بالرغم من أنها ليست كافية لاعتبارها في الانبعاثات التي يسببها الإنسان. يمكن أن تعمل الأراضي الطبيعية والمزروعة باعتبارها أحواضًا *صافية* أكبر من قدرتها الحالية، مع ذلك فهذا سيتطلب استثمارات في دعم حلول المناخ القائمة على الطبيعة، وتقليل انبعاثات الكربون من الأرض وأنشطة استخدام الأرض. للحساب الدقيق لصافي انبعاثات الكربون من استخدام الأرض، ينبغي جمع بيانات محلية ودمجها في عمليات حساب الكربون الإقليمية. يمكن أن توسع المنطقة عزل الكربون السنوي والتخزين طويل الأمد للكربون من خلال الاستثمار في حلول المناخ القائمة على الطبيعة، التي تسهم في كل من زيادة العزل الطبيعي وتقليل الانبعاثات من الأرض، مثل حماية الأراضي الطبيعية والمزروعة الاستثمار في "زراعة الكربون"، والاحتفاظ بمواطن "الكربون الأزرق" والتوسع فيها، وزراعة الأشجار وغيرها من النباتات في المناطق الحضرية، والوقاية من حرائق الغابات المدمرة واسعة النطاق، وزراعة أشجار في الأراضي الطبيعية والمزروعة، أو استرجاعها بخلاف ذلك. يمكن أن يسهم جمع البيانات المحلية ودمجها في سياسات حلول المناخ القائمة على الطبيعة، وفي المبادرات الخاصة بها، وتقنيات إدارتها، في زيادة العزل الإقليمي.

تعتبر أفضل سياسة فعالة وغير مكلفة لحلول المناخ القائمة على الطبيعة في سان دييغو هي تجنب التغييرات في استخدام الأراضي، من خلال حماية الأراضي الطبيعية والمزروعة، باستثناء الحالات التي يكون فيها تغيير استخدام الأراضي لازمًا لتطبيق إجراءات أخرى لخفض انبعاثات الكربون (مثل تشييد بنية تحتية للطاقة المتجددة). تعد الأراضي الطبيعية والمزروعة الحالية أحواضًا طبيعية للكربون، لذلك فمنع تحول هذه الأراضي إلى مناطق حضرية، يسمح بعزل سنوي مستمر ويمنع الانبعاثات التي تخرج دفعة واحدة نتيجة إزالة الغطاء النباتي، واختلال التربة، وغيرها. يقدر هذا التقرير أن العزل السنوي الطبيعي للأراضي الطبيعية والمزروعة قد يصل إلى 2 مليون طن متري (MMT) من ثاني أكسيد الكربون في الظروف المثالية، وقد يبلغ تخزين ثاني أكسيد الكربون 58 مليون طن متري في الغطاء النباتي، والحطام الخشبي، والأوراق المتساقطة، وأنواع التربة، التي سيخرج بعضها في حالة تغيير استخدام الأراضي.

يعد تطوير المساكن وإنشاء بنية تحتية للطاقة المتجددة من الأنشطة المهمة، وسوف تتطلب بعض التغيير في استخدام الأراضي. سيكون من المهم تطبيق هذه التغييرات، لتقليل الآثار على الأراضي الطبيعية والمزروعة ذات المخزونات الطبيعية الكبيرة للكربون، أو ذات إمكانات العزل العالية، أو ذات الفوائد المشتركة العالية أو جميعهم (مثل البيئات الطبيعية التي تحسن جودة الهواء والماء، وتحمي التنوع البيولوجي، وتدعم الصحة العامة).

قد تكون الحلول الإقليمية المهمة الأخرى للمناخ القائمة على الطبيعة، التي نظر فيها التقرير الفني الذي يقدمه إطار RDF، أقل كفاءة أو أعلى تكلفة أو كليهما لتنفيذ عزل الكربون، على الرغم من أنها تقدم مزايا مشتركة مهمة. تتضمن تلك الحلول زراعة الكربون (ممارسات الزراعة في الأراضي الزراعية التي تزيد من عزل الكربون وتخزينه وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على الأراضي الزراعية)، وزيادة مساحة الأراضي الرطبة وجودتها (من خلال الحماية والاستعادة والتوسع)، وزيادة الحراجة والمساحات الخضراء في المناطق الحضرية. سيكون أيضًا منع حرائق الغابات مهمًا لمسألة الانبعاثات وغيرها من الأسباب الاقتصادية والبيئية والاجتماعية الأخرى. تعد استعادة المواطن الطبيعية وإعادة تشجيرها على نطاق واسع، التي لم يتم الأخذ بها في هذا التقرير، غالية الثمن وربما لا تحقق فعالية. تتطلب الخيارات الأخرى لحلول المناخ القائمة على الطبيعة استثمارات رأسمالية ضخمة، وعادةً ما تحقق عوائد أقل على العزل قصير المدى مقارنة بالاحتجاز.

تقدم حلول المناخ القائمة على الطبيعة مزايا مشتركة قابلة للقياس أبعد من مسألة خفض انبعاثات الكربون. يوفر كل حل من حلول المناخ القائمة على الطبيعة الذي تم تحليله، عددًا كبيرًا من المزايا المشتركة القابلة للقياس. تتضمن هذه المزايا المشتركة على سبيل المثال لا الحصر، تحسين جودة الماء والهواء، وتحسين نتائج الصحة العامة، وحماية التنوع البيولوجي، وحماية عمل الأداء الاقتصادي، وتخفيض أثار حرارة الجزر من خلال التظليل وتحسين المظهر الجمالي في المناطق الحضرية، وخفض متطلبات الماء والسماد في المزارع والمراعي، وإمكانية زيادة العدالة البيئية. ينبغي وضع هذه المزايا المشتركة في الاعتبار عند صياغة السياسات وتنفيذها، من أجل توفير مرونة بيئية واقتصادية واجتماعية.

يجب أن تركز جميع قرارات حلول المناخ القائمة على الطبيعة على اعتبارات التكافؤ. ينبغي النظر إلى حلول المناخ القائمة على الطبيعة في ضوء كل من خفض انبعاثات الكربون والتكافؤ. حيثما أمكن، ينبغي تحديد الأولويات فيما يخص مشاريع المساحة الخضراء في الحضر، وزراعة الأشجار، والزراعة المناخية، واستعادة الموطن الطبيعي من قِبل المجتمعات المعنية نظرًا لما لهذه الحلول من مزايا مشتركة كبيرة على تحسين جودة الماء والهواء وأيضًا صحة البشر. يمكن أن تساعد حلول المناخ القائمة على الطبيعة، في معالجة عدم التكافؤ السابق والظلم البيئي.

إن التدبير الوحيد والقابل للقياس في خطط العمل المناخية المتعلق بهذا المسار، هو زراعة الأشجار في المناطق الحضرية، لكن هناك فرص لتطبيق حلول إضافية للمناخ قائمة على الطبيعة بطريقة تعاونية. يمكن تطبيق تدابير إضافية تحت مظلة السلطة المحلية لاستخدام الأراضي. تسهم تدابير زراعة الأشجار في خطط العمل المناخية بمتوسط يزيد قليلاً عن 1% من عمليات خفض غازات الاحتباس الحراري المحلية. يمكن أن يتعزز ذلك عبر تعاون السلطات القضائية. يمكن تطبيق تدابير إضافية من خطط العمل المناخية في مسألة حلول المناخ القائمة على الطبيعة في ظل السلطة الحالية، ويمكن أن تسهم في الحفاظ على الأراضي، وصونها، واستعادتها على مستوى الأراضي الطبيعية والمزروعة. يمكن أيضًا أن يحافظ ملاك الأراضي الخاصة والحكومات القبلية على الأرض، ويعملون على إجراء اختبارات، وتمويل المشاريع التجريبية وتخزينه، والتعاون مع الوكالات العامة. بوجه عام، توجد فرصة لتوسيع حجم الحفاظ على الأراضي الطبيعية والمزروعة، من أجل تحقيق التكليف الجديد في مشروع قانون مجلس الشيوخ (2021) 27 SB، الذي يدعو إلى وضع مشاريع لإزالة الكربون والاحتفاظ به عبر الأراضي الطبيعية والمزروعة.

توجد أيضًا فرص لتضمين بيانات محلية تسهم في إدارة الأراضي والتخطيط لها، وكذلك تسهم في خطط العمل المناخية. يمكن أن تستفيد خطط العمل المناخية على سبيل المثال من كل من البيانات المتاحة للجمهور من الوكالات والجامعات، ومن المنهجيات المتاحة لقياس الكربون الصادرة عن وكالات مثل مجلس موارد الهواء في كاليفورنيا (CARB)، لوضع أهداف وتدابير أقوى. علاوة على ذلك، يمكن أن تطبق المنطقة بانتظام قياس الكربون، وتعقب مخزونات الكربون في الأراضي الطبيعية والمزروعة على مدار الوقت، لفهم مستويات الانبعاثات والحفظ والتخزين المتصلة بقرارات استخدام الأراضي.

السلطة القانونية لتنظيم الانبعاثات السلبية من الحلول المناخية القائمة على الطبيعة (NCSs) واستخدام الأراضي:[i] يظل من غير الواضح ما إذا اتسعت قدرة السلطات القضائية على استخدام صلاحيتها في كل من استخدام الأراضي، وتقسيم المناطق، والحفاظ على الأراضي، وحقوق الارتفاق الزراعية، بحيث تمتد لتطال أنشطة الأراضي الطبيعية والمزروعة الخاصة، لما هو أبعد من نطاق استخدام الأرض، الذي من شأنه إحداث تأثير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أو العزل. تعد السلطة القضائية الإقليمية لاستخدام الأراضي مسألة أكثر تعقيدًا، لأنها تتألف من أراضي مملوكة فدراليًا ومن الولاية ومن القبائل ولجهات خاصة، بالإضافة إلى الأراضي المغمورة، ومستجمعات المياه.

[i] انظر الفصل 8، القسم 8.8 "حلول المناخ القائمة على الطبيعة" والملحق (ب)، للمزيد من المناقشة حول السلطة القانونية.

تنظم العديد من التشريعات والوكالات أنواع الأراضي المختلفة، لكن لا يركز أي منها على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أو العزل، نظرًا لارتباطها بجانب استخدام الأراضي. تعمل أيضًا الوكالات المعنية باستخدام الأراضي وتنظيمها في الولاية بموجب مجموعة واسعة من التكليفات التنظيمية، التي تنطبق على أراضٍ واقعة تحت عدة سلطات قضائية، وهي تؤثر على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وحسابها. تُلزم التشريعات والأوامر التنفيذية في كاليفورنيا وكالات استخدام الأراضي في الولاية، بحساب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الصادرة من الأراضي الطبيعية والمزروعة. علاوة على ذلك، تبدأ تلك الوكالات في الولاية في تقييم إزالة الكربون والاحتفاظ به في هذه الأراضي وتنظيمه، وفقًا لأهداف كبرى تتحقق في عام 2030. تتوفر فرصة أمام السلطات القضائية المحلية للعمل مع ملاك الأراضي والمديرين، لتحقيق أهداف الولاية والأهداف الإقليمية والمحلية المتعلقة بالأراضي الطبيعية والمزروعة.

آثار التوظيف في عمليات خفض انبعاثات الكربون في منطقة سان دييغو

يحسب التقرير الفني لإطار RDF الذي يقدمه الإطار الإقليمي لخفض انبعاثات الكربون صافي التغيير في الوظائف في قطاع الطاقة، استجابة للدراسة الرئيسية الخاصة بالمسارات المحددة لخفض انبعاثات الكربون في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة. اتباعًا لخطة عمل الوظائف والمناخ في كاليفورنيا لعام 2030، يركز التحليل على التغيرات في الوظائف من عام 2021 إلى 2030، من أجل تقديم معلومات عن استراتيجيات لتطوير القوى العاملة. علاوة على ذلك، يحلل هذا التقرير المتوسط الكلي لخلق الوظائف سنويًا من عام 2020 إلى 2050، بناءً على الجدول الزمني الكلي في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة. للإلغاء التدريجي للوقود الأحفوري ونمذجة فقدان الوظائف المتعلقة بالإلغاء، يركز التحليل على الفترة من 2021 إلى 2030، حيث تُظهر الدراسة الرئيسية في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة انخفاضات طفيفة في الأنشطة التي تعتمد على الوقود الأحفوري. ينطلق هذا في المقام الأول من تقديرات النموذج عن الاستهلاك الثابت للغاز الطبيعي وانخفاض 20% في استهلاك النفط بحلول عام 2030، مقارنة بالمستويات الحالية. التقرير الفني الذي يقدمه إطار RDF يركز على الآثار الكمية على التوظيف، نتيجة لجهود الخفض العميق لانبعاثات الكربون في قطاعات الطاقة والبناء ووسائل النقل، ويقدم تقريرًا تصدره الاقتصادات الشاملة، يتناول استراتيجيات تطوير القوى العاملة.[i]

بين عامي 2021 و2030، ستخلق مسارات الدراسة الرئيسية لخفض انبعاثات الكربون متوسط ما يقارب 27,000 فرصة عمل مباشرة أو غير مباشرة سنويًا في منطقة سان دييغو. سيعتمد توفير هذه الوظائف الجديدة على الإنفاق على الطلب على الطاقة (الجدول 4) والعرض (الجدول 5)، اللذان يسهمان بشكل متساوٍ تقريبًا في العدد الكلي لخلق فرص عمل سنوية.[ii] لاحظ استمرار فرص العمل المهمة في قطاع الوقود الأحفوري حتى عام 2030.

[i] تقرير الاقتصاد الشامل بعنوان "وضع مقاطعة سان دييغو على الطريق الصحيح: توصيات بخصوص القوى العاملة في المناخ للعامين 2030 و2050" متاحة عبر https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decarb-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road_June%202022.pdf.

[ii] للمزيد من التفاصيل عن المحاسبة المتعلقة بهذه الوظائف، يرجى الرجوع إلى الفصل 6، القسم 6.3.

جدول 4. متوسط عدد الوظائف التي تم إنشاؤها في منطقة سان دييغو سنويًا من خلال نفقات مطالب الطاقة من 2021-2030، حسب القطاعات الفرعية والتكنولوجيا. *تفترض الأشكال أن متوسط نمو الإنتاجية السنوي يبلغ 1 في المائة.*

منطقة الاستثمار	متوسط النفقات السنوية	وظائف مباشرة	وظائف غير مباشرة	وظائف مباشرة + وظائف غير مباشرة	وظائف مستحدثة	وظائف مباشرة + وظائف غير مباشرة + وظائف مستحدثة
مركبات	7.7 مليار دولار	3 427	1 427	4 854	1 508	6 362
أنظمة HVAC	897.0 مليون دولار	1 345	699	2 044	764	2 808
التبريد	761.9 مليون دولار	1 315	491	1 806	711	2 517
أجهزة	188.6 مليون دولار	143	77	220	78	298
إنشاءات	113.4 مليون دولار	263	149	412	146	558
إضاءة	106.6 مليون دولار	177	95	272	100	372
تصنيع	45.7 مليون دولار	40	32	72	27	99
مجالات تجارية وسكنية أخرى	38.9 مليون دولار	59	30	89	33	122
زراعة	17.2 مليون دولار	144	21	165	45	210
تعدين	2.4 مليون دولار	1	1	2	1	3
الإجمالي	9.9 مليار دولار	6 914	3 022	9 936	3 413	13 349

المصدر: IMPLAN 3.1

جدول 5. متوسط عدد الوظائف التي تم إنشاؤها في منطقة سان دييغو سنويًا من خلال استثمارات إمدادات الطاقة من 2021-2030، حسب القطاعات الفرعية والتكنولوجيا. *تفترض الأشكال أن متوسط نمو الإنتاجية السنوي يبلغ 1 في المائة.*

منطقة الاستثمار	متوسط النفقات السنوية	وظائف مباشرة	وظائف غير مباشرة	وظائف مباشرة + وظائف غير مباشرة	وظائف مستحدثة	وظائف مباشرة + وظائف غير مباشرة + وظائف مستحدثة
الوقود الأحفوري	4.4 مليار دولار	2 538	3 777	6 315	3 805	10 120
نظافة الطاقة المتجددة	629.5 مليون دولار	1 488	601	2 089	848	2 937
النقل والتخزين	45.9 مليون دولار	34	17	51	31	82
تقنيات توريد إضافية	45.1 مليون دولار	118	35	153	57	210
استثمارات أخرى	4.5 مليون دولار	10	3	13	6	19
الإجمالي	5.1 مليار دولار	4 188	4 433	8 621	4 747	13 368

المصدر: IMPLAN 3.1

يتوقع التقرير التقني الذي يقدمه إطار RDF أنه لن تتعرض أي وظيفة في الصناعات التي تعتمد على الوقود الأحفوري في المنطقة إلى الاستبعاد قبل عام 2030، حتى في ظل تراجع الطلب على الوقود الأحفوري. تفترض أجزاء الإمداد بالطاقة في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة، بأنه ستحدث تغييرات طفيفة أو لن تحدث تغييرات في استهلاك الوقود الأحفوري قبل عام 2030، ونتيجة لذلك، ستكون هناك تغييرات طفيفة أو لن تحدث تغييرات في الوظائف المتعلقة بالوقود الأحفوري في المنطقة قبل عام 2030.[i]

ينبغي أن تقوم مقاطعة سان دييغو والحكومات المحلية الآن بوضع مجموعة قابلة للتطبيق من سياسات انتقال عادلة للعمال، ممن سيتعرضون استبعاد من العمل في الفترة بين عام 2031 إلى 2050. بعد عام 2030، تتوقع الدراسة الرئيسية في نموذج أبحاث الطاقة المتطورة حدوث تراجعات كبيرة في كل من النفط والغاز. يتنبأ النموذج بتراجع قيمته 95% في أسعار النفط و75% في أسعار الغاز بحلول عام 2050. يجب على الحكومات الإقليمية البدء في وضع سياسات للانتقال العادل الآن لهؤلاء العاملين، حتى يمكنهم الانتقال تدريجيًا إلى وظائف مكافئة أو ذات جودة أعلى في اقتصاد الطاقة النظيفة أو قطاع آخر.

سيكلف الانتقال العادل مبلغ أقل إذا استمر بثبات، وليس بشكل عرضي. في ظل الانتقال الثابت، سيكون عدد العاملين ممن سيتقاعدون طواعية في أي عام متوقع أمرًا قابلاً للتنبؤ به، وهو ما سيجنبنا الحاجة إلى توفير دعم لعدد أكبر من العاملين خلال أي فترة زمنية مطلوبة. سيؤثر معدل الانتقال من الوظائف التي تعتمد على الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجددة، على التكافؤ والعدالة في الانتقال. من المحتمل أن ينتج عن التغيرات وعمليات التراجع السريعة فقدان مفاجئ في الوظائف، بينما من المرجح أن تؤدي التغيرات وعمليات التراجع الثابتة إلى فقدان أقل للوظائف، نظرًا إلى إمكانية انتقال الموظفين إلى وظائف جديدة أو التقاعد طواعية.

سيسهم إنتاج الطاقة الحرارية الأرضية من المواقع الخمسة المحددة في مقاطعة إمبيريال في خلق 1,900 وظيفة سنويًا على مدار فترة تبلغ 10 سنوات في جنوب كاليفورنيا. يحدد الفصل 2 خمس مناطق لإنتاج الطاقة الحرارية الأرضية في مقاطعة إمبيريال. يُظهر التحليل في هذا الفصل أنه سيتم خلق 1,900 وظيفة سنويًا في منطقة جنوب كاليفورنيا على مدار 10 سنوات، في حالة تشغيل هذه المصانع الخمسة للطاقة الحرارية الأرضية وتطويرها، قد يكون البعض منها في منطقة سان دييغو. هذا بالإضافة إلى تقديرات خلق فرص عمل سنوية تبلغ 27,000 وظيفة، المذكورة في هذا الفصل.

[i] يمكن العثور على تفاصيل عن الدراسة الرئيسية لنموذج أبحاث الطاقة المتطورة المُستخدم هنا، في الملحق (أ).

فرصة سياسة محلية

يقيِّم التقرير الفني الذي يقدمه إطار RDF لخفض انبعاثات الكربون الالتزامات الحالية تجاه خفض غازات ثاني أكسيد الكربون في خطط CAP، بهدف تحديد ما إذا كانت المنطقة تحتاج إلى نشاط إضافي لوضع المنطقة على المسار الصحيح لتلبية أهداف خفض انبعاثات الكربون. علاوة على ذلك، يحدد التحليل الفرص المتاحة لدى السلطات القضائية المحلية في المنطقة لاتخاذ المزيد من الإجراءات، من أجل دعم مسارات خفض انبعاثات الكربون في إنتاج الطاقة، ووسائل النقل، والبناء، وحلول المناخ القائمة على الطبيعة.

يسترشد هذا الفصل بالعديد من التحليلات الحديثة. أولاً، يحلل صلاحية الحكومات والوكالات المحلية في التأثير على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتنظيمها، كما يلخص سلطة الوكالات الرئيسية الفدرالية والحكومية والمحلية، والتشريعات واللوائح الرئيسية على المستويات الفدرالية وعلى مستوى الولاية، بهدف توضيح قدرة الحكومات المحلية على العمل لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.[i] ثانيًا، يراجع التحليل جميع خطط العمل المناخية في المنطقة، من أجل تحديد عدد مرات تضمين تدبير محدد في خطط العمل المناخية، والآثار النسبية لغازات الاحتباس الحراري على الالتزام بخطط العمل المناخية، ومستوى دمج اعتبارات التكافؤ الاجتماعي.[ii] ثالثًا، تحليل سيناريو بهدف تقدير مستويات الخفض الكلية في المنطقة لغازات الاحتباس الحراري، الذي سينتج من جميع الالتزامات المطبقة والمعلقة بخطط العمل المناخية. يقدر التحليل أيضًا الأثر المحتمل لغازات الاحتباس الحراري على سيناريو يطبق أفضل الالتزامات بخطط العمل المناخية على مستوى جميع السلطات القضائية.[iii] يطبق هذا التحليل للسيناريو الالتزام بخطط العمل المناخية على مستوى فئة محددة في سياسة خطط العمل المناخية - على سبيل المثال، أهداف زراعة الأشجار - التي سينتج عنها أكبر خفض نسبي وحيد لغازات الاحتباس الحراري، ثم يُطبق هذا الالتزام على كل سلطة قضائية في منطقة سان دييغو، بغض النظر عن الالتزامات الحالية أو المخطط لها في هذه الفئة. يمكن اعتبار هذا هو أقصى حد لعمليات الخفض المحتملة لغازات الاحتباس الحراري، بحسب الالتزامات الحالية تجاه خطط العمل المناخية. في النهاية، يطبق هذا الفصل النتائج المستخلصة من هذه المناهج والتحليلات الأخرى، لتحديد الفرص لاتخاذ مزيد من الإجراءات المحلية والتعاون الإقليمي، في كل من مسارات خفض انبعاثات الكربون الأربعة.[iv]

تتمتع السلطات القضائية المحلية بصلاحية لضبط انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتنظيمها. يمكن أن تضبط الحكومات المحلية انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتنظمها، من خلال التعجيل بالأهداف والسياسات التشريعية في الولاية، واعتماد الأوامر لتجاوز نطاق قانون الولاية، واستخدام سلطة فريدة لاعتماد سياسات وتطبيقها.

---

[i] انظر الملحق (ب) للمزيد من التفاصيل.

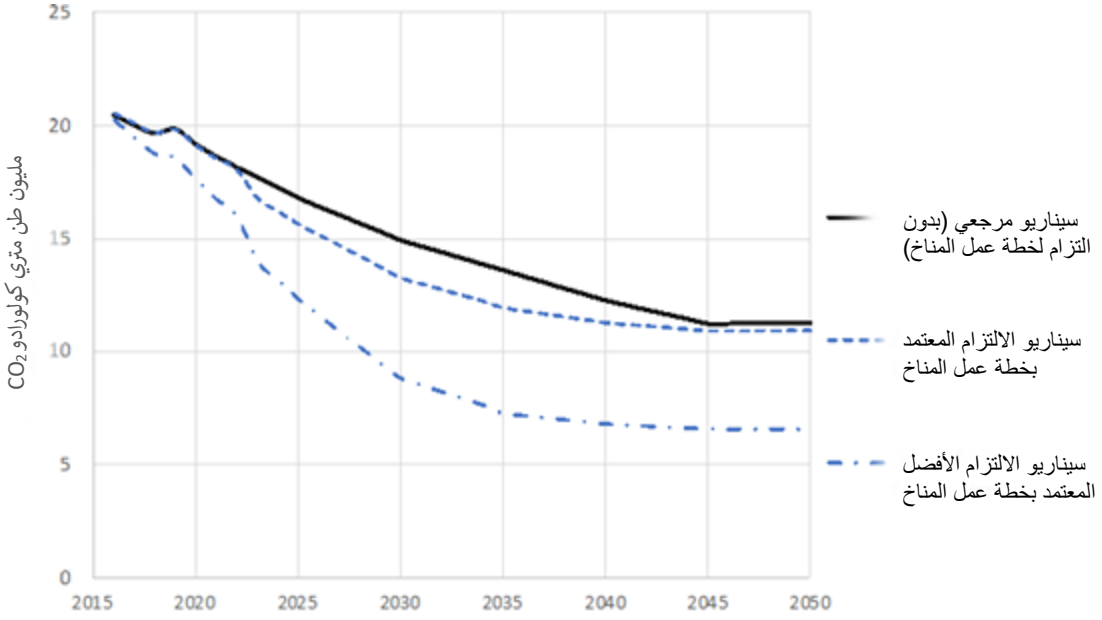
[ii] انظر الفصل 8، القسم 8.3 للنظرة العامة، والأقسام 8.5-8.8 للنتائج الخاصة بالقطاع. تُستخدم هذه الإجراءات أيضًا لتوضيح الفجوة بين أهداف خفض انبعاثات الكربون بعمق الواردة في الفصل 2 حتى الفصل 5، والالتزامات الإقليمية بخطط العمل المناخية.

[iii] انظر القسم 8.4.

[iv] تم تضمين هذه الفرص في كل قسم معني في هذا الملخص التنفيذي، علاوة على تضمينها في القسم الخاص بالمجال في الفصل 8.

تنبع السلطة المحلية من كل من سلطة مصدرها الدستور والتي تمنح سلطة واسعة لتعزيز الصحة العامة أو السلامة أو الرفاهية العامة في المجتمع، وسلطة مفوضة من تشريعات الولاية. من غير المعروف النطاق الكامل للسلطة القضائية المحلية في مسألة تنظيم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.[i]

تعد الالتزامات المعتمدة بخطط العمل المناخية غير كافية لبلوغ أهداف خفض انبعاثات الكربون. تسهم التزامات خفض غازات الاحتباس الحراري بحسب خطط العمل المناخية المعتمدة على مستوى وسائل النقل والكهرباء والمباني، إسهامًا محدودًا نسبيًا في إجمالي نسب الخفض الكلية المطلوبة لتحقيق صافي انبعاثات صفرية من غازات الاحتباس الحراري في عام 2045 (الشكل 12، الخط المتقطع). حتى في حالة تطبيق أقصى التدابير صرامة المعتمدة في خطط العمل المناخية، على جميع السلطات القضائية في المنطقة، ستظل هناك انبعاثات خطيرة مصدرها على الأغلب الاستخدامات النهائية للمباني التي تستخدم الغاز الطبيعي ووسائل النقل على الطرق (الشكل 12، خط متقطع). حلل الفصل أيضًا التحديث المُعلق الخاص بخطة العمل المناخية لعام 2022 لمدينة سان دييغو، ولكن حتى مع تضمين هذه التدابير ستظل هناك انبعاثات كبيرة.

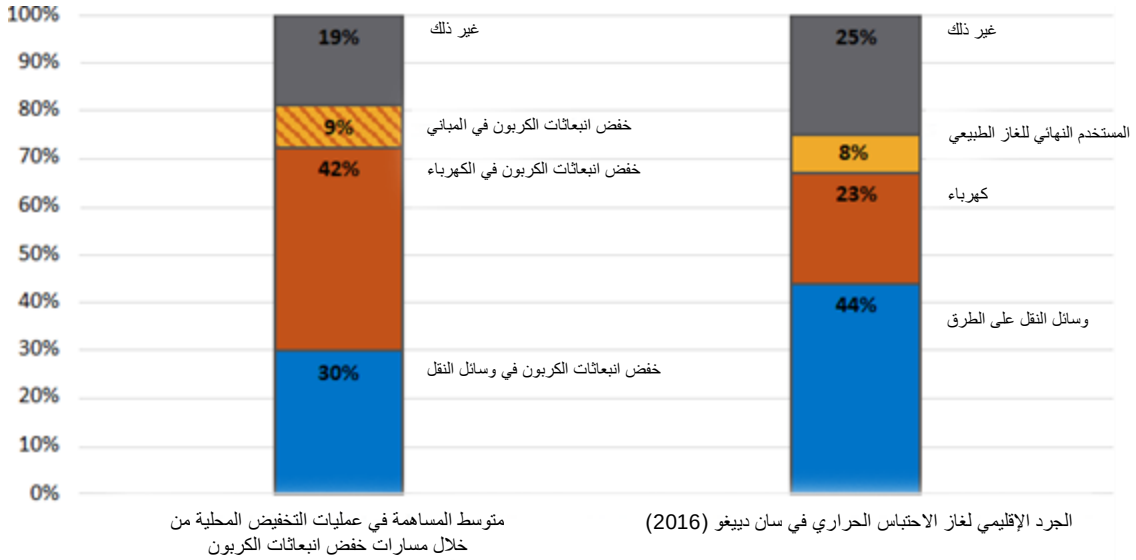


لا يشمل هذا المخطط جميع أنشطة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في منطقة سان دييغو، أو الإجراءات الجديدة في الولاية والمحلية والفدرالية المحتملة التي يمكن اعتمادها في المستقبل.
مركز مبادرات سياسة الطاقة، 2022

الشكل 12. يوضح هذا الرسم البياني انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المتوقعة في منطقة سان دييغو، نتيجة توليد الكهرباء والاستخدام النهائي للغاز الطبيعي في المباني ووسائل النقل على الطرق، في كل سيناريو تم تحليله. لا يعرض السيناريو المرجعي (خط متصل)، الذي لا توجد به التزامات بخطط العمل المناخية، سوى عمليات خفض بناءً على القوانين والتفويضات والإجراءات والأهداف الفدرالية وعلى مستوى الولاية. يعرض السيناريو المعتمد (خط متقطع) المتضمن الالتزامات بخطط العمل المناخية، الجزء المتبقي من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن مجموعة فرعية من الانبعاثات الكلية، في حالة تطبيق جميع خطط العمل المناخية الحالية تمامًا كما هو مكتوب. يوضح سيناريو أفضل التزام معتمد بخطط العمل المناخية (خط متقطع)، الانبعاثات المتبقية لغازات الاحتباس الحراري، في حالة تطبيق أفضل التزام معتمد بخطط العمل المناخية في كل فئة في السياسة، على كل السلطات القضائية في المنطقة، بغض النظر عن الالتزامات المعتمدة بخطط العمل المناخية. يوضح هذا الرسم البياني بأنه لا يوجد سيناريو تم تحليله سيسمح للمنطقة بتحقيق صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050. يرجى ملاحظة أن هذه التحليلات لا تفترض تطبيق قوانين وتفويضات وإجراءات وأهداف جديدة على المستوى الفدرالي أو في الولاية، وتفترض أن ما هو موجود حاليًا لن يتغير في أي مرحلة خلال هذه الفترة. علاوة على ذلك، لا تتضمن هذه التحليلات جميع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في المنطقة.

[i] انظر القسم 8.2 والملحق (ب) للاطلاع على مزيد من المناقشات المفصلة عن السلطة.

يمكن أن تعتمد السلطات القضائية تدابيرًا إضافية في خطط العمل المناخية، وتعزز التدابير الحالية. استنادًا إلى مراجعة خطط العمل المناخية، يمكن أن تعتمد المزيد من السلطات القضائية تدابيرًا أقوى في خطة العمل المناخية، باستخدام تدابير السلطات القضائية الإقليمية الأخرى كأمثلة. بالمثل، بناءً على تحليل السيناريو للآثار المجمعة لغازات الاحتباس الحراري في تدابير خطط العمل المناخية، يمكن لمعظم السلطات القضائية حتى تعزز تدابيرها الحالية الخاصة بخطط العمل المناخية، خاصة في قطاعي النقل والبناء. يُنتج هذان القطاعان انبعاثات ضخمة من غازات الاحتباس الحراري (الشكل 13، على اليمين)، لكنهما يمثلان في المتوسط انخفاضًا قليلاً غير متكافئ في الانبعاثات في خطط العمل المناخية في 2035 (الشكل 13، على اليسار).



الشكل 13. يوضح هذا الرسم البياني الإسهام المتوسط لكل مسار لخفض انبعاثات الكربون، في الخفض الكلي لغازات الاحتباس الحراري، بناءً على تدابير خطط العمل المناخية المحلية لعام 2035 المعتمدة وقيد النظر (اليسار) وتوزيع الانبعاثات الوطنية في عام 2016 بحسب مصدر الانبعاث (اليمين). يوضح الرسم أن الانبعاثات من وسائل النقل (الأزرق، الجانب الأيمن) تبلغ حوالي نصف الانبعاثات الإقليمية، لكن لا تمثل متوسط عمليات الخفض المقابلة الناتجة عن الالتزامات بخطط العمل المناخية إلا معدل أعلى بقليل من ربع عمليات الخفض المحلية في غازات الاحتباس الحراري في خطط العمل المناخية (الأزرق، الجانب الأيسر). بالمثل، تمثل الكهرباء حوالي ربع الانبعاثات الإقليمية (برتقالي داكن، الجانب الأيمن)، لكن تسهم عمليات الخفض ذات الصلة بمتوسط يقل بقليل عن نصف عمليات الخفض في غازات الاحتباس الحراري، نتيجة الالتزامات بخطة العمل المناخية (برتقالي داكن، الجانب الأيسر). يرجى ملاحظة أنه بسبب الانبعاثات المتعلقة بالمباني التي تنتج عن كل من احتراق الغاز الطبيعي وإنتاج الكهرباء في الموقع، تم تظليل الجزء الخاص بخفض انبعاثات الكربون من المباني في الخانة، ليظهر باللون البرتقالي الفاتح والداكن ليعكس صورة كل من المباني التي تستخدم الغاز الطبيعي (البرتقالي الفاتح) والإمداد بالكهرباء (البرتقالي الداكن).

ستكون هناك حاجة إلى مزيد من العمل لدمج التكافؤ الاجتماعي في التخطيط المناخي. بناءً على المراجعة الأولية، لا يزال دمج التكافؤ الاجتماعي في خطط العمل المناخية المطبقة والمعلقة محدودًا، وغير متسق، ويفتقر إلى التحديد. ستكون هناك حاجة إلى المزيد من العمل لوضع القدرة والأدوات التي تساعد في فهم الآثار المترتبة على التكافؤ في جميع سياسات خفض انبعاثات الكربون في منطقة سان دييغو، والتعامل مع تلك الآثار، بما فيها جمع البيانات وتحليلها، ووثائق التوجيه الإقليمي، ومجموعات العمل الإقليمية الهادفة إلى تنسيق كيفية التعامل مع مسألة التكافؤ في التخطيط المناخي وتقديم نصائح بشأنها وتعقبها ورصدها.

منطقة سان دييغو كنموذج

على الرغم من أن منطقة سان دييغو لا تمثل سوى 0.08% من الانبعاثات العالمية، يمكن أن تُحدث جهود خفض انبعاثات الكربون التي تتخذها المنطقة أثرًا على الانبعاثات العالمية، من خلال استحداث علاقات تبعية بين الآخرين، ومشاركة حلول مستمرة وقابلة للقياس والتكرار. ينبغي أن تقوم سان دييغو بإبراز جهودها لكي تُظهر جهودها، وتقدم دروسًا مستفادة في المحافل الوطنية والدولية. إن وضع إطار RDF في سان دييغو قد يكون بمثابة دراسة حالة تخدم السلطات القضائية الأخرى عبر الولايات المتحدة والعالم، حتى يتعلموا من مساعيها في التخطيط لخفض انبعاثات الكربون على المدى الطويل، ويعتمدوا تلك المساعي. علاوة على عرض هذه الجهود في المحافل الوطنية والدولية المختلفة،[i] قدمت شبكة حلول التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة (SDSN) توجيهيًا، سيكون بمثابة مجموعة أدوات عمل للمجتمعات الأخرى والهيئات الإدارية والمجموعات البحثية وممارسي الاستدامة، لكي يتّبعوا العملية المطبقة في مقاطعة سان دييغو في مساعي خفض انبعاثات الكربون لديهم.

تعمل شبكة حلول التنمية المستدامة (SDSN) على مشاركة إطار RDF على ثلاثة مستويات أفقية عبر شبكاتها. ستشارك شبكة حلول التنمية المستدامة بتقديم إطار RDF لإزالة الكربون ونتائجه الرئيسية، في اجتماعات ومحافل وطنية في الولايات المتحدة، وفي مجموعات واتحادات دولية، وفي الأمم المتحدة. على سبيل المثال، تم تقديم المشروع خلال مؤتمر Innovate4Cities في أكتوبر 2021، وستعمل الملاحظات ووجهات النظر في هذه الفعالية على تقديم معلومات لتقرير التقييم السداسي الصادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) لعام 2022. وتتناول هذه المعلومات الأثر على التغيير المناخي العالمي وطريقة التكيف والتخفيف. توفر هذه الفعاليات فرصة لعرض نتائج هذا المشروع، ولتقدم منطقة سان دييغو نفسها كقدوة للعالم. من خلال الوصول إلى هذا الجمهور، يمكن أن يساعد إطار RDF لإزالة الكربون في تقديم معلومات تفيد خرائط الطريق والمسارات العالمية، حتى تحقق صافي انبعاثات صفرية.

التوجيه الخاص بخفض انبعاثات الكربون على المستوى الإقليمي سيساعد السلطات القضائية المحلية في وضع أطر عمل فريدة لخفض انبعاثات الكربون. سيقدم هذا الدليل معلومات أساسية، جنبًا إلى جنب مع خطوات محددة ونصائح عن الإطار اللوجيستي، والمنهجية، وإشراك أصحاب الشأن، والتخطيط طويل المدى، وغيرها. على الرغم من أن الموارد الموجودة في هذا الدليل تتعلق بفرق من مشروع إطار عمل لخفض انبعاثات الكربون من خارج الولايات المتحدة، وعلى الرغم من انطباق تلك الموارد عليهم، من المحتمل أن تستخدم أطر العمل التي تم وضعها في ضوء الاقتصادات الناشئة مناهج ومنظورات واستراتيجيات مختلفة في التخطيط للعمل المناخي. سيكون هذا الدليل مجانيًا ومتاحًا عبر الإنترنت على الموقع الالكتروني لمبادرة سياسة أهداف التنمية المستدامة بجامعة كاليفورنيا في سان دييغو (http://sdgpolicyinitiative.org/guide/)، وذلك لتسهيل إنشاء أطر عمل إقليمية لخفض انبعاثات الكربون وتوفير خارطة طريق عملية للسلطات القضائية لتحقيق أهداف صافي انبعاثات صفرية.

[i] يقدم الفصل 9 والملحق (9-أ) قوائم واسعة للاتحادات الأمريكية والعالمية التي يمكن أن تتواصل معها مقاطعة سان دييغو والسلطات القضائية الأخرى في أطر عمل خفض انبعاثات الكربون، والتي يمكن حضورها، والانضمام إلى شبكاتها لنشر نتائجها عبر مستويات مختلفة.