الخدمات اللوجستية في عالم ترتفع درجة حرارته أكثر من 2 درجة مئوية

دعوة إلى شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية لتسريع الجهود الرامية إلى تعزيز قدرة سلاسل التوريد العالمية على الصمود في مواجهة تغير المناخ

هامبورغ، مايو 2025

CLIMATE CENTER

مؤسسة Kühne و Kuehne Climate Center

مؤسسة Kühne هي مؤسسة تشغيلية مملوكة للعائلة وتقوم بشكل أساسي بتنفيذ مشاريعها وبرامجها الخاصة. تعمل المؤسسة في أربعة مجالات رئيسية: الخدمات اللوجستية، والطب، والثقافة، والمناخ. يعمل Kuehne Climate Center، الذي بدأ عملياته في عام 2023، على تطوير وتنفيذ حلول موجهة نحو الخدمات اللوجستية تهدف إلى تقليل الانبعاثات، وإزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، وتعزيز القدرة على التكيف مع المناخ، لدفع عملية التحول نحو مجتمع عادل ومنخفض الكربون، وخاصةً في المناطق ذات الدخل المنخفض والمتوسط.

المؤلفون
Sophie t'Serstevens و Mark Major،
Kuehne Climate Center

شكر وتقدير
يود Kuehne Climate Center أن يشكر Alan McKinnon، و Regina Asariotis، و Pietro D'Arpa على مساهماتهم ونصائحهم. نحن أيضًا ممتنون جدًا لـ Sophie Punte، و Mark Rubarenzya، و Edgar Uribe، و Jorge Coelho، و Sébastien Burgess، و Bruno Vandemeulebroecke، و Jonas Stumpf، و Friedel Sehlleier على تقييماتهم. كما نشكر Alia Gharaibeh على مراجعة النسخة العربية. أي أخطاء أو سهو هي مسؤولية المؤلفين.

المقدمة

تشهد سلاسل التوريد اضطرابات مستمرة في مختلف أنحاء العالم، تشمل حرائق الغابات، والهجمات السيبرانية، والفيضانات، وانقطاعات الكهرباء، والعواصف، والإضرابات، والرسوم الجمركية، بحيث يكاد يضاف حدث جديد لهذه القائمة كل أسبوع. وإذا أضفنا إلى هذا المزيج الاضطراب الجيوسياسي المتزايد، تكتمل عوامل الازمة.

منذ ظهور جائحة كوفيد-19، حوّلت الشركات اهتمامها إلى حماية نفسها بشكل أفضل من اضطرابات سلسلة التوريد المستقبلية، ولا يزال الموضوع في دائرة الاهتمام منذ ذاك الحين.

في كثير من الأحيان يلجأ المُصنِّعون وتجار التجزئة - والمعروفون أيضًا باسم شاحني البضائع أو مشتري الشحن - إلى إعادة تهيئة سلاسل التوريد العالمية الخاصة بهم، على سبيل المثال، من خلال الاحتفاظ بمخزونات احتياطية، والتصنيع في أماكن قريبة، وتنويع المصادر وقواعد التصنيع.

أما بالنسبة لمقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) فقد عملو على تحسين دورهم في حل المشكلات. فهم يحاولون توقع الاضطرابات بشكل أفضل في أي مكان ضمن شبكتهم اللوجستية، والاستجابة بسرعة من خلال إعادة جدولة عمليات التسليم، أو تغيير المسارات، أو استخدام الموردين الاحتياطيين.
وقد أتت الابتكارات التكنولوجية لإنقاذ الموقف: مثلا، يساعد الجمع بين التوائم الرقمية لسلاسل التوريد العالمية و الأدوات التحليلية والذكاء الاصطناعي (AI) كلًا من شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية على تحسين المرونة، والكفاءة، واتخاذ القرار.

ومع ذلك، يتم التغاضي عن شيء مهم: هذه الاستراتيجيات تعمل فقط حول المشكلة. يتطلب حل المشكلة الاستثمار في جعل البنية التحتية اللوجستية، والعمليات، والقوى العاملة أكثر مرونة منذ البداية.

هناك ثلاثة أسباب تدعونا للقيام بالأمور بشكل مختلف.
1) الاستراتيجيات الحالية غير كافية لمواجهة التغيرات المناخية القاسية، في الوقت الراهن وفي العقود المقبلة.

2) هذه الاستراتيجيات تتجاهل اعتمادنا على مواد ومنتجات مختلفة من أماكن قليلة - فكّر في القهوة، أو الكاكاو، أو النحاس.
3) ونحن نزيد من تفاقم فقدان سُبل العيش للمجتمعات المحلية، والأعباء المالية على الشركات، وتكاليف المعيشة للمستهلكين.

تقدم هذه الورقة البيضاء دراسة الحالة اللازمة للارتقاء بمرونة سلسلة التوريد إلى المستوى التالي، وتدعو شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية إلى التصرف الآن؛ لأن ذلك يصب في مصلحتهم الاقتصادية أيضًا.

وهنا أيضًا يأتي دور منظمة Life-Links. باعتبارنا منظمة عالمية غير حكومية (NGO) تأسست بالاشتراك مع Kuehne Climate Center، فإننا نهدف إلى بناء سلاسل توريد مرنة حقًا، مع التركيز على الروابط اللوجستية التي تربط المنتجين بالمستهلكين. من خلال توحيد جهود شاحني البضائع، ومقدمي الخدمات اللوجستية، وأصحاب المصلحة الآخرين للاستثمار المشترك في حلول ملموسة تحافظ على سلاسل التوريد الخاصة بنا "حية"، فإننا نعمل على تحسين المرونة ويمكننا أيضًا تقليل الانبعاثات.

معًا يمكننا بناء سلاسل توريد مرنة من أجل الصالح العام.

Sophie Punte
المؤسس المشارك والرئيس التنفيذي لمنظمة Life-Links، والمؤسس وعضو مجلس إدارة مركز Smart Freight

الملخص التنفيذي

يمثل تغير المناخ تهديدًا متزايدًا للأنظمة اللوجستية في جميع أنحاء العالم. تؤدي أنماط الطقس المتغيرة والظواهر المناخية القاسية المتكررة إلى إتلاف **البنية التحتية اللوجستية.** بحلول عام 2035، من المتوقع أن تتكبد شركات البنية التحتية والنقل المدرجة خسائر سنوية في الأصول الثابتة تتراوح بين 50 و 53 مليون دولار أميركي بسبب المخاطر المناخية ــ وهو ما يعادل نحو 7% من الأرباح.

في حين أن صور البنية التحتية المدمرة - مثل الطرق التي جرفتها المياه أو المستودعات المنهارة - تهيمن في كثير من الأحيان على السرد، فإن تأثيرات تغير المناخ على الأنظمة اللوجستية تتجاوز بكثير الخسائر المادية. يمكن أن تؤدي المخاطر المناخية إلى انقطاع خدمات البنية التحتية، سواء من خلال الأضرار المباشرة أو الإغلاقات المؤقتة، وتعطّل **العمليات اللوجستية** بشكل كبير. على سبيل المثال، يمكن للعواصف أن تجبر الموانئ على إغلاق أبوابها لعدة أيام، مما يؤدي إلى تراكم السفن وحدوث تأثيرات متتالية على سلاسل التوريد. وحتى التدابير الوقائية المُتخذَة استجابةً للطقس غير المعتاد ــ مثل فرض قيود على الوزن على الطائرات أو خفض سرعة القطارات أثناء الحر الشديد ــ قد تتسبب في حدوث تأخيرات وتقليل الكفاءة التشغيلية.

وإلى جانب البنية الأساسية والعمليات، فإن **القوى العاملة في قطاع الخدمات اللوجستية**—والتي يعمل جزء كبير منها في الهواء الطلق—معرضة أيضًا لمخاطر المناخ. تمثل الظواهر المناخية القاسية مخاطر متزايدة على صحة وسلامة العمال. على سبيل المثال، تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى تعريض العمال لخطر الإجهاد الحراري وضربة الشمس.

تمثل هذه المخاطر تحديات متزايدة على المستويات التشغيلية، والمالية، وتلك المتعلقة بالسمعة **لكلٍ من شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs)**—المسؤولين عن تحديد وتلبية متطلبات خدمات الشحن. بالنسبة لشاحني البضائع، يمكن أن تؤدي الاضطرابات المناخية وعدم الكفاءة إلى نفاد المخزون، وإيقاف الإنتاج، وخسارة المبيعات، وتراجع ثقة العملاء. أما بالنسبة لمقدمي الخدمات اللوجستية، يمكن أن تشمل التأثيرات إلحاق الضرر بالأصول، وزيادة التكاليف التشغيلية، والإضرار بسمعة الشركة. إن شركات الخدمات اللوجستية الصغيرة والمتوسطة مُعرَّضة للخطر بشكل خاص، حيث تواجه تهديدات وجودية محتملة بسبب الظواهر المناخية القاسية المحلية. في حين أن كلاً من شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية مُعرَّضان لتكبد الخسائر، فإن هذه الآثار تمتد أيضًا عبر سلاسل التوريد، مما يؤثر في نهاية المطاف على توّفر المنتجات وأسعار المستهلك.

على الرغم من المخاطر المتزايدة، فإن الجهود المبذولة **للتكيف مع تغير المناخ وتعزيز المرونة** في قطاع الخدمات اللوجستية لا تزال غير كافية—وخاصةً بين شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية. غالبًا ما يتجاهل شاحنو البضائع البُعد اللوجستي في استراتيجيات التكيف الخاصة بهم، ويركّزون عادةً بشكل أكبر على المصادر والإنتاج. تميل شركات توفير الخدمات اللوجستية إلى الاعتماد على التخطيط التقليدي للطوارئ واستمرارية الأعمال، والعمل على افتراض أن المخاطر ستظل ضمن حدودها تاريخيًا. إننا بحاجة إلى نهج أكثر تحوّلًا.

تدعو هذه الورقة شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية إلى تكثيف جهود التكيف والمساعدة في تعزيز قدرة سلاسل التوريد على الصمود في مواجهة تغير المناخ. وينبغي أن تركز هذه الجهود على ثلاثة مجالات رئيسية للاستثمار:

— **إجراء تقييمات مخاطر المناخ** عبر سلاسل التوريد وشبكات الخدمات اللوجستية لتحديد نقاط الضعف الرئيسية في البنية التحتية، والعمليات، والقوى العاملة. إن اتباع نهج مستقبلي—بالاستفادة من توقعات المناخ والتحليلات المتقدمة—أمر ضروري. ودمج هذه التقييمات ضمن الإطار الأوسع لإدارة المخاطر في الشركات يضمن معالجتها جنبًا إلى جنب مع المخاطر الأخرى.

المحتوى

3 المقدمة
4 الملخص التنفيذي

6 التمهيد
7 يتطلب التكيف مع المناخ في قطاع الخدمات اللوجستية اهتمامًا أكبر
7 يمكن للقطاع أن يعتمد على قدراته الخاصة بالمرونة
8 شاحنو البضائع ومقدمو الخدمات اللوجستية هم المفتاح لقيادة التغيير

10 الفصل الأول: التشخيص – كيف تؤثر مخاطر المناخ على الأنظمة اللوجستية
10 قد يصل العالم إلى 2 درجة مئوية بحلول عام 2040
10 التحوّلات المناخية التدريجية جارية
11 تتزايد الظواهر المناخية القاسية في الحدة والوتيرة
12 تهدد كلٌ من التحوّلات التدريجية والظواهر المناخية القاسية الأنظمة اللوجستية

19 الفصل الثاني: تعزيز المرونة – الحلول الفعّالة من حيث التكلفة في متناول اليد
19 يمكن لمجموعة واسعة من الحلول أن تعزز المرونة وتمكّن من التكيف
24 غالبًا ما تكون تدابير التكيف فعّالة من حيث التكلفة
24 التكيف يقلل من المخاطر، ولكنه لا يزيلها

25 الفصل الثالث: سبيل المُضي قدمًا – ما الذي يمكن للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية فعله؟
25 يلعب أصحاب المصلحة المتعددون دورًا في التكيف اللوجستي
26 التكيف الفعّال يبدأ بـ تقييمات مخاطر المناخ
26 ينبغي على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية التركيز على تعزيز المرونة التشغيلية
27 يجب استكمال المرونة التشغيلية بالمرونة المادية

29 الخاتمة
30 المصادر

— **الاستثمار في أفضل مستوى من المرونة التشغيلية** من خلال تعزيز قدرات التخطيط والاستجابة لتوقع المخاطر المناخية وإدارتها بشكل استباقي. ويشمل ذلك أفضل الممارسات "العامة" للمرونة، مثل دمج تخطيط السيناريوهات في العمليات الأساسية، واستخدام أدوات لتعزيز تتبع شبكة سلسلة التوريد، والاعتماد على أنظمة الإنذار المبكر، والحفاظ على تحديث بروتوكولات الاستجابة للطوارئ.

— **تعزيز المرونة المادية للبنية التحتية الحيوية.** بالنسبة للبنية التحتية المملوكة للشركات، يمكن دمج إجراءات الحماية من المناخ مباشرةً في الخطط الرئيسية للشركات؛ أما بالنسبة للبنية التحتية التابعة لجهات خارجية، فإن السبيل للمضي قدمًا هو التعاون مع أصحاب الأصول— سواء بشكل مباشر أو عبر جمعيات الصناعة—لتبادل الرؤى العملية وتطوير دراسات الجدوى للاستثمارات في التكيف.

يتولى شاحنو البضائع ومقدمو الخدمات اللوجستية إدارة العمليات اللوجستية اليومية وربط النقاط عبر الشبكات المعقدة. إنهم يمتلكون كلًا من المقومات التشغيلية والاقتصادية لقيادة التغيير. إن التكيف مع المناخ ليس ضرورياً فقط للحفاظ على أعمالهم وتحقيق ميزة تنافسية—بل هو أيضًا أمر بالغ الأهمية لضمان سلاسل توريد موثوقة للمجتمع بأسره.

ويجب أن يتم التكيف بالتزامن مع إزالة الكربون والاستجابات للتغيرات النظامية الأخرى. إذا أُديرت هذه الجهود بشكل جيد، يمكنها أن تعزز بعضها بعض وتساعد في إنشاء أنظمة لوجستية أكثر استدامة وأكثر استعدادًا للمستقبل. إن تأخير العمل على ذلك سيزيد التكاليف على كلٍ من الشركات والمجتمع على حدٍ سواء.

1 التمهيد

تُمكِّن الأنظمة اللوجستية من نقل البضائع والمعلومات ذات الصلة من المنتجين إلى المستهلكين، في الاتجاه الأمامي والعكسي، وداخل وعبر البلدان والقارات.[1] وهي تشمل البنية التحتية والأصول، واللوائح، والعمليات والأدوات، وبالطبع الشركات والأفراد. إنها تدعم التجارة وتضمن التسليم في الوقت المناسب للسلع الأساسية—بدءًا من الغذاء والدواء وصولًا إلى مواد البناء وقطع الغيار. إن الأنظمة اللوجستية الفعّالة تدعم الاستقرار الاقتصادي، والرفاهية الاجتماعية، وسير عمل المجتمع الحديث.

يفرض تغير المناخ مخاطر كبيرة ومتزايدة على الأنظمة اللوجستية في جميع أنحاء العالم. تغير أنماط الطقس والأحداث المناخية القاسية المتكررة—مثل العواصف، والفيضانات، وموجات الحر— تؤدي إلى إلحاق الضرر بالبنية التحتية اللوجستية وتعطيل العمليات. وتشير الدراسات إلى أن 27% من البنية التحتية للطرق والسكك الحديدية، على مستوى العالم، معرضة لخطر طبيعي واحد على الأقل [2] ، وأن 86% من الموانئ معرضة لأكثر من ثلاثة مخاطر.[3] وعلى الرغم من عدم وجود بيانات شاملة عن الممرات المائية الداخلية، فإن موجات الجفاف الأخيرة في قناة بنما (2023-2024)، ونهر الراين (2022)، ونهر يانغتسي (2022) تسلّط الضوء على تعرضها المتزايد للمخاطر أيضًا. كذلك المستودعات معرضة للخطر: فقد وجدت دراسة في المملكة المتحدة أن هذه المستودعات من بين أنواع المباني التجارية الأكثر عرضة للتأثر بالتغيرات المناخية.[4]

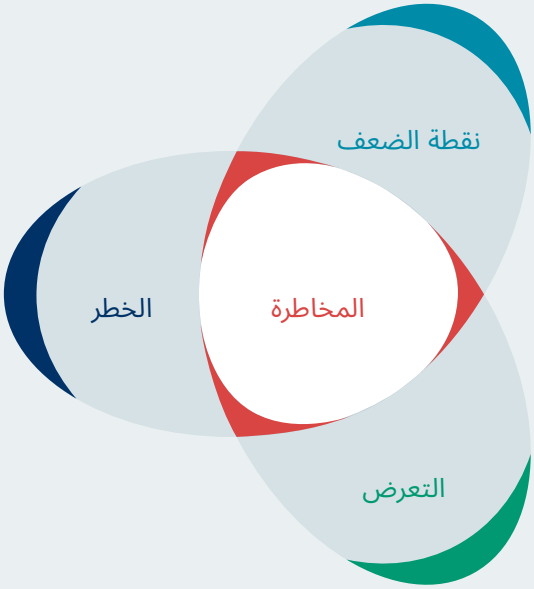
تنطوي الأنظمة اللوجستية على العديد من نقاط الضعف المتأصلة. وتقع العديد من الأصول الحيوية، بما في ذلك الموانئ، والمطارات، والسكك الحديدية في مناطق منخفضة معرضة بشكل خاص لخطر الفيضانات. الخطي إن طبيعة شبكات الخدمات اللوجستية تعني أن الضرر الذي يلحق بنقطة واحدة—مثل جسر أو جزء من الطريق— قد يتسبب في حدوث اضطرابات متتالية

لمربع 1. **بعض التعريفات** [6]

تنشأ مخاطر المناخ من التفاعلات بين المخاطر، والتعرض، ونقطة الضعف.

— **الخطر** هو احتمال وقوع حدث أو اتجاه مادي قد يسبب ضررًا للمجتمعات والنظم البيئية.
— **التعرض** هو وجود الأشخاص، والأنواع، والبنية التحتية، والأصول القيمة الأخرى في الأماكن التي قد تتأثر سلبًا بخطرٍ ما.
— **نقطة الضعف** هو الميل أو الاستعداد المسبق للتأثر سلبًا بخطرٍ ما.

التكيف يعني الحد من مخاطر المناخ من خلال معالجة التعرض ونقطة الضعف.



في النظام بأكمله. بالإضافة إلى ذلك، نظرًا لأن معظم العمل اللوجستي يتم في الهواء الطلق، فإن العمليات معرضة بشكل مباشر لظروف الطقس.

استجابةً لتزايد مخاطر المناخ، يجب على القطاع اللوجستي تعزيز المرونة والتكيف. على الرغم من استخدام التكيف والمرونة في كثير من الأحيان بالتبادل، فإن مصطلح التكيف يشير إلى عملية قيادة التغيير لتقليل الضرر الناجم عن المخاطر المناخية، في حين أن المرونة هي القدرة على تحمل هذه المخاطر والتعافي منها [5] (انظر المربع 1 للحصول على معلومات إضافية).

يتطلب التكيف مع المناخ في قطاع الخدمات اللوجستية اهتمامًا أكبر

كشفت مراجعة لأكثر من 8.000 مقالة وورقة بحثية منشورة في المجلات والصحف المتخصصة في مجال الخدمات اللوجستية بين عاميّ 2015 و2023 أن أقل من 1% منها تناولت التكيف مع المناخ بشكل صريح. ويشير هذا إلى وجود فجوة في البحث والوعي في القطاع حول هذا الموضوع. وقد أظهرت مراجعة موازية للوثائق المتاحة للجمهور الصادرة عن 10 من كبريات شركات تقديم الخدمات اللوجستية (LSPs) وشاحني البضائع نمطًا مماثلًا: فبينما كان يتم وصف جهود التخفيف من آثار المناخ غالبًا بالتفصيل، لم يحظَ التكيف إلا باهتمام ضئيل أو معدوم. من بين شاحني البضائع الذين تم تحليلهم، لم يتناول أي منهم الخدمات اللوجستية ضمن استراتيجيات التكيف الخاصة بهم. عندما ذكر مقدمو الخدمات اللوجستية التكيف، كان التركيز بشكل كبير على المخاطر الحادة، بينما نادرًا ما تم النظر في الأحداث المزمنة أو بطيئة الحدوث. شركتان فقط اعتبرتا تغير المناخ تهديدًا مباشرًا.

لقد كان هناك بعض التركيز على تكييف البنية التحتية الرئيسية، وخاصةً في الأماكن التي يكون فيها للمالكين، والمُشغّلين، والمستثمرين مصلحة واضحة وحوافز مالية للعمل. ومع ذلك، حتى مع هذه الجهود، تظل المخاطر كبيرة: ففي ظل المسارات الحالية، من المتوقع أن تواجه شركات البنية التحتية والنقل المتوسطة المُدرَجة خسائر في الأصول الثابتة نتيجةً للمخاطر المناخية تتراوح بين 50 و 53 مليون دولار أمريكي سنويًا بحلول عام 2035، أي ما يعادل حوالي 7% من أرباحها.[7] ومن المتوقع أن ترتفع هذه الخسائر إلى ما بين 66 و 85 مليون دولار أمريكي سنويًا بحلول عام 2055.

وعلى مستوى السياسات الوطنية، فإن 43% فقط من المساهمات المحددة وطنيًا (NDCs)—الخطط الرامية إلى خفض الانبعاثات والتكيف مع تغير المناخ—تشمل تدابير التكيف المتعلقة بالنقل، [8] وأقل من 6% منها تحدد أهدافًا قابلة للقياس. [9] ويؤدي هذا إلى الحد من الزخم السياسي اللازم لدفع التغيير الجذري.

يمكن للقطاع أن يعتمد على قدراته الخاصة بالمرونة

هذا لا يعني أن قضية تكيف الخدمات اللوجستية قد تم تجاهلها. لقد كانت المرونة منذ فترة طويلة محورًا أساسيًا في مجال الخدمات اللوجستية، وكثيرًا ما يتم أخذ المخاطر الطبيعية بعين الاعتبار في إدارة مخاطر المؤسسات والتخطيط لاستمرارية الأعمال. إن إدارة الاضطرابات هي، في كثير من النواحي، مسؤولية أساسية تحدد دور المتخصصين في مجال الخدمات اللوجستية. ومع ذلك، فإن نطاق وتواتر الاضطرابات المناخية يتزايدان بسرعة، والجهود الحالية غير كافية. تستمر العديد من الشركات في إعطاء الأولوية للكفاءة من حيث التكلفة وسرعة التسليم، على افتراض أن الاضطرابات اللوجستية ستظل ضمن حدود الخبرات السابقة—وهو ما يمثل مخاطرة متصاعدة.

إن التحدي لا يكمن فقط في إعطاء المرونة الاهتمام الإضافي الذي تستحقه، بل أيضًا في التعامل معها بالنطاق الضروري. تتبنى العديد من الشركات وجهة نظر ضيقة فيما يتعلق بمخاطر المناخ، حيث تُركِّز بشكل أساسي على عملياتها المباشرة وتفشل في تبني منظور أوسع لسلسلة التوريد. [10] بالنسبة لأولئك الذين تمتد سلاسل التوريد لديهم إلى البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط، فإن هذا يهمل المناطق التي تكون فيها الأنظمة اللوجستية معرضة بشكل خاص لمخاطر المناخ، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى انتشار مقدمي الخدمات اللوجستية الصغار وغير الرسميين الذين يفتقرون إلى الموارد اللازمة لتعزيز القدرة على التكيف مع المناخ.

شاحنو البضائع ومقدمو الخدمات اللوجستية هم المفتاح لقيادة التغيير

يعتبر شاحنو البضائع ومقدمو الخدمات اللوجستية عنصرًا أساسيًا في قيادة التغيير، حيث يُحدد شاحنو البضائع متطلبات خدمة الشحن، وتلبيها مقدمو الخدمات اللوجستية. فهم يمتلكون معًا أدوات تشغيلية واقتصادية مهمة لبناء أنظمة لوجستية أكثر مرونة في مواجهة المناخ. يمكن لهم تعزيز المرونة ضمن سلاسل التوريد وشبكاتهم الخاصة، وذلك لأنهم يتمتعون بالقدرة على التحكم. كما يمكنهم التأثير على المناقشات على مستوى القطاع من خلال تبادل الرؤى العملية مع أصحاب البنية التحتية، والهيئات الحكومية، والمنظومة بأكملها، والمساعدة في تشكيل دراسة الحالة لمشاريع التكيف.

كما أن شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية مُعرّضون لخسائر كبيرة. بالنسبة للشاحنين، يمكن أن تؤدي الاضطرابات المناخية إلى نقص المخزون، وتوقف الإنتاج، وخسارة المبيعات، وتراجع ثقة العملاء. بالنسبة لمقدمي الخدمات اللوجستية، فإنهم قد يتسببون في إلحاق الضرر بالأصول، وزيادة التكاليف التشغيلية، وتشكيل مخاطر على السمعة.

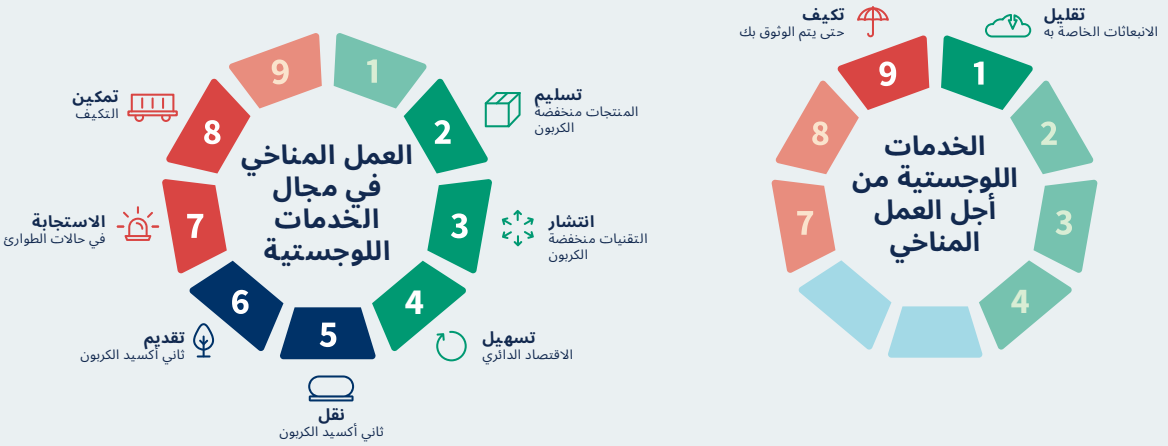
لذلك فإن هذه الورقة موجهة إلى شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية. يهدف هذا التقرير إلى زيادة الوعي بشأن كيفية تهديد تغير المناخ للأنظمة اللوجستية—مع التركيز على مخاطر المناخ المادية وتأثيراتها المباشرة المتوقعة على مدى السنوات 15 إلى 20 المقبلة—ويمثل دعوة للعمل لشاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية لتعزيز جهودهم في الصمود وتعزيز التكيف مع المناخ في مجال الخدمات اللوجستية، كضرورة مناخية وضرورة تجارية. وقد تم تنظيمها على النحو التالي:

- يستكشف الفصل الأول المخاطر المناخية التي تواجه الأنظمة اللوجستية، مع التركيز على البنية التحتية، والعمليات، والقوى العاملة.
- يقدم الفصل الثاني الحلول لتعزيز المرونة والتكيف مع هذه المخاطر.
- يتناول الفصل الثالث الإجراءات الرئيسية التي يجب على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية اتخاذها لقيادة التغيير.

مع استمرار ارتفاع درجات الحرارة العالمية—والتي قد تصل إلى درجتين مئويتين بحلول عام 2040—فإن المخاطر المناخية سوف تشتد. وسيكون التحوّل السريع ضروريًا لضمان بقاء أنظمة الخدمات اللوجستية موثوقة وقادرة على دعم مجتمع منخفض الكربون (انظر المربع 2).

الشكل 1: المساهمات التسعة للخدمات اللوجستية في مجتمع منخفض الكربون

المصدر: KCC



المربع 2. المساهمات المتعددة للخدمات اللوجستية في بناء مجتمع منخفض الكربون

تمثل أنظمة اللوجستيات عنصرًا أساسيًا في التحوّل الناجح إلى مجتمع منخفض الكربون: إذ يتعين عليها خفض انبعاثاتها والتكيف مع تغير المناخ (العمل المناخي في مجال الخدمات اللوجستية)، مع تمكين التحوّلات المجتمعية الأوسع (الخدمات اللوجستية من أجل العمل المناخي) (انظر الشكل 1).

يتطلب **العمل المناخي في مجال الخدمات اللوجستية** توفير خدمات متوافقة مع المناخ لتقليل (1) انبعاثات الخدمات اللوجستية (بالاعتماد على وسائل نقل مختلفة، ووقود مختلف، ونماذج أعمال مختلفة، وما إلى ذلك) وتكييف (9) البنية التحتية والعمليات اللوجستية للعمل بشكل موثوق وفعّال في ظل تغير المناخ.

تتضمن **الخدمات اللوجستية الخاصة بالعمل المناخي** تلبية الاحتياجات الجديدة لأجزاء أخرى من الاقتصاد، والتي تشهد أيضًا تحوّلات عميقة نحو مستقبل منخفض الكربون. يتعين على الخدمات اللوجستية **توفير** (2) تدفقات جديدة من المنتجات منخفضة الكربون (مثل الفولاذ الأخضر أو الخشب للبناء) **ونشر** (3) التقنيات منخفضة الكربون (مثل الألواح الشمسية أو البطاريات) التي ستكون مطلوبة على نطاق واسع.

تلعب الخدمات اللوجستية أيضًا دورًا رئيسيًا في **تسهيل** (4) الاقتصاد الدائري الذي يمكن أن يقلل من استخدام المواد. ستكون إزالة ثاني أكسيد الكربون (CDR) ضرورية على نطاق واسع لتحقيق استقرار المناخ، وسيتعين على الخدمات اللوجستية **نقل** (5) ثاني أكسيد الكربون لتخزينه واستخدامه. يتعين على الخدمات اللوجستية أيضًا إلى **تلبية** (6) احتياجات صناعة إزالة ثاني أكسيد الكربون المتنامية، على سبيل المثال نقل المعادن اللازمة لتحسين التجوية الصخرية، مما يزيد من عزل الكربون وجودة الأراضي الزراعية.

وبغض النظر عن مدى سرعة تكيف المجتمع مع تغير المناخ، ستكون هناك زيادة في حالات الطوارئ الناتجة عن الظواهر المناخية القاسية. يجب أن تكون الخدمات اللوجستية قادرة على **الاستجابة** (7) لهذه الحالات الطارئة. وأخيرًا، يتعين على الخدمات اللوجستية أن **تمكّن** (8) تكيّف جميع القطاعات الاقتصادية الأخرى مثل بناء الدفاعات البحرية أو نقل المرافق.

وفي حين تركز هذه الورقة على تكييف أنظمة الخدمات اللوجستية، فمن المهم أن ندرك أن هذه المهمة يجب أن تتم جنبًا إلى جنب مع المساهمات الرئيسية الثماني الأخرى في التحوّل المناخي، مع الاستجابة أيضًا للتحوّلات المجتمعية الأوسع مثل التغير الديموغرافي وديناميكيات التجارة العالمية المتغيرة.

1 التشخيص – كيف تؤثر المخاطر المناخية على الأنظمة اللوجستية

قد يصل العالم إلى 2 درجة مئوية بحلول عام 2040

منذ عام 1970، ارتفعت درجة حرارة العالم بمعدل غير مسبوق، وهو الأسرع مقارنةً بأي فترة أخرى مدتها خمسون عامًا خلال الألفي سنة الماضية على الأقل.[11] كانت السنوات من 2015 إلى 2024 هي السنوات العشر الأكثر دفئًا على الإطلاق، وفي عام 2024، تجاوز متوسط درجة الحرارة العالمية 1.5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الصناعة لأول مرة.[12]

مع ارتفاع درجات الحرارة العالمية بأكثر من 0.2 درجة مئوية كل عقد، يُقدِّر برنامج Copernicus لمراقبة الأرض التابع للاتحاد الأوروبي **أن تجاوز هدف 1.5 درجة مئوية الذي حددته اتفاقية باريس أمر محتمل للغاية خلال ثلاثينيات القرن الحادي والعشرين.**[12] ويتوافق هذا مع توقعات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) (انظر المربع 3)، مما يشير إلى أن تجاوز 1.5 درجة مئوية هو أكثر ترجيحًا من عدمه في الأمد القريب (2021-2040) عبر مجموعة من سيناريوهات الانبعاثات، من منخفضة للغاية إلى مرتفعة للغاية[11] (انظر الجدول 1).

الجدول 1: التغيرات في درجة حرارة سطح الأرض لفترات زمنية محددة مدتها 20 عامًا لسيناريوهات الانبعاثات المنخفضة جدًا، والمتوسطة، والعالية جدًا

سيناريو الانبعاثات للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)	الاحترار المناخي المتوقع للفترة 2021-2040	الاحترار المناخي المتوقع للفترة 2041-2060	الاحترار المناخي المتوقع للفترة 2081-2100
منخفض جدًا	1.5 درجة مئوية	1.6 درجة مئوية	1.4 درجة مئوية
متوسط	1.5 درجة مئوية	2.0 درجة مئوية	2.7 درجة مئوية
عالية جدًا	1.6 درجة مئوية	2.4 درجة مئوية	4.4 درجة مئوية

المصدر: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، تقرير التقييم 6 (AR6)، المجموعة العاملة الأولى (WGI)، ملخص لصانعي السياسات (SPM)

وبالنظر إلى الهدف المتمثل في الحد من الاحترار إلى أقل كثيرًا من درجتين مئويتين، فإن تقديرات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) تشير إلى أن تجاوز درجتين مئويتين خلال فترة المدى المتوسط (2041-2060) هو أمر أكثر ترجيحًا من عدمه في ظل سيناريوهات انبعاثات الغازات الدفيئة المتوسطة إلى المرتفعة جدًا11 (انظر الجدول 1). **تشير الأبحاث الحديثة أيضاً إلى ارتفاع احتمالية الوصول إلى درجتين مئويتين بحلول عام 2040** (أو قبل ذلك) في كل مناطق العالم تقريبًا، 13 مما يوحي بأن العالم قد يسير على مسار أسرع نحو بلوغ هذا الحد المقلق.

المربع 3. نُبذة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ هي هيئة الأمم المتحدة المسؤولة عن تقييم علوم المناخ. تقوم هذه الهيئة بتجميع الأبحاث لتعكس الإجماع العلمي العالمي بشأن تغير المناخ.
لا تُجري الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أبحاثها الخاصة، بل تقوم بمراجعة دقيقة للدراسات القائمة وتزويد صانعي السياسات برؤى علمية تُشكّل العمل المناخي العالمي.

التحوّلات المناخية التدريجية جارية

مع كل زيادة إضافية في درجة حرارة الأرض، ستصبح التغيّرات في النظام المناخي أكثر وضوحًا. سترتفع **درجات الحرارة** في جميع أنحاء العالم، مع ارتفاع درجات الحرارة على اليابسة أكثر من المحيطات، وخاصةً في مناطق معينة. ستزداد أيضًا **معدلات هطول الأمطار** على مستوى العالم، على الرغم من أن بعض المناطق ستشهد انخفاضًا في هذه المعدلات. وسيصبح هطول الأمطار أكثر تقلبًا أيضًا، موسميًا وسنويًا. إن التغيرات في **رطوبة التربة** سوف تتبع إلى حد كبير التغيرات في هطول الأمطار وقد تؤدي إلى تفاقم ارتفاع درجات الحرارة محليًا. ستستمر **المحيطات** في الاحترار والتوسع، مما يساهم في **ارتفاع مستوى سطح البحر.** وسوف يذوب **الجليد الأرضي** (مثل الأنهار الجليدية والصفائح الجليدية) **والجليد البحري** ، وسوف يساهم ذوبان الجليد الأرضي في ارتفاع مستوى سطح البحر. ستتسارع **عملية ذوبان الجليد الدائم.**[10]

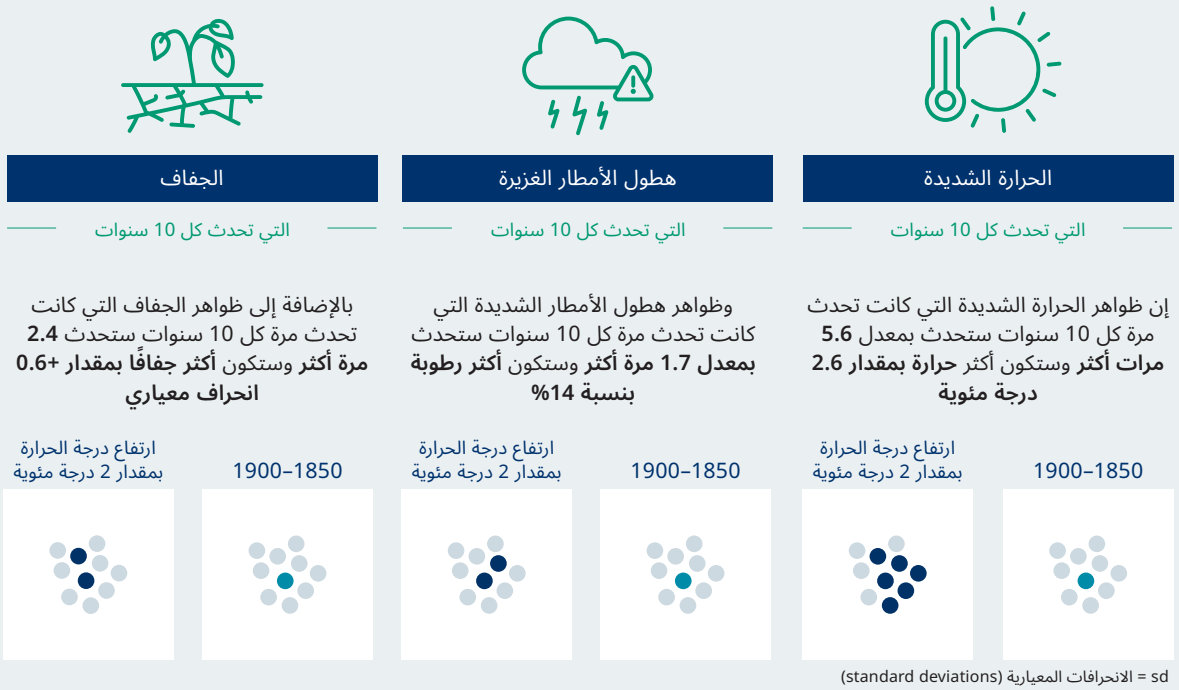
هذه ليست سوى بعض العمليات التدريجية الناجمة عن ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي. ومع ذلك، من الواضح الآن أن العديد من التأثيرات الناجمة عن تغير المناخ ستنتج عن صدمات مفاجئة وحادة، وخاصةً مع الظواهر الجوية القاسية.[14]

تزايد الظواهر المناخية القاسية في الحدة والوتيرة

لقد أدى تغير المناخ بالفعل إلى زيادة شدة وتواتر **الظواهر المناخية القاسية وهطول الأمطار** على نطاق عالمي وفي معظم مناطق العالم. مع كل زيادة إضافية في الاحترار العالمي، ستزداد شدة وتواتر هذه الظواهر المناخية القاسية بشكل أكبر. وينطبق الاتجاه نفسه على **الجفاف، والفيضانات، والأعاصير.**[11]

تُقدِّم الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ **توقعات كمّية لمثل هذه الظواهر المناخية القاسية في ظل سيناريو الاحترار بمقدار درجتين مئويتين.** على سبيل المثال، من المتوقع أن تصبح ظواهر الحرارة الشديدة التي كانت تحدث مرة واحدة فقط كل عقد في عصور ما قبل الثورة الصناعية، أكثر تكرارًا بمقدار 5.6 مرات وأكثر حرارة بمعدل 2.6 درجة مئوية. 11 يوضح الشكل أيضًا نقاط بيانات مماثلة لأحداث هطول الأمطار الغزيرة والجفاف.

الشكل 2: التغيرات المتوقعة في شدة وتواتر موجات الحر الشديدة، وأحداث هطول الأمطار الغزيرة، وحالات الجفاف،



sd = الانحرافات المعيارية (standard deviations)

المصدر: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، تقرير التقييم 6 (AR6)، المجموعة العاملة الأولى (WGI)، ملخص لصانعي السياسات (SPM)

سيزداد أيضًا تواتر **الظواهر الشديدة المتعلقة بارتفاع مستوى سطح البحر** بسبب التأثيرات المشتركة لارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف الفيضانية، مما يؤدي إلى زيادة الفيضانات الساحلية وتآكل الشواطئ في المناطق المنخفضة. تتوقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن ظواهر ارتفاع منسوب سطح البحر المتطرفة، التي كانت تحدث تاريخيًا مرة واحدة كل قرن، ستحدث سنويًا على الأقل في أكثر من نصف مواقع قياس المد والجزر بحلول عام 2100.[11]

بالإضافة إلى تزايد **شدتها وتكرارها**، فإن الظواهر الشديدة ستتغير أيضًا في **توقيتها وموقعها**، وستظهر في المواسم والمناطق التي لم تُسجَّل فيها من قبل قط. علاوة على ذلك، فإن تغير المناخ سيؤدي إلى حدوث **ظواهر مناخية شديدة مُركَّبة**، حيث تحدث ظروف شديدة متعددة في وقتٍ واحد. على سبيل المثال، يؤدي الجمع بين الحرارة، والجفاف، والرياح العاتية إلى تفاقم خطر اندلاع حرائق الغابات، في حين قد تنشأ الفيضانات الساحلية نتيجة للتفاعل بين العواصف العاتية والأمطار الغزيرة.[15]

تهدد كلٌ من التحوّلات التدريجية والظواهر المناخية القاسية الأنظمة اللوجستية

لتأطير تقييمات المخاطر والتأثير، حددت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) 35 **محركًا للتأثير المناخي**— وهي ظروف مرتبطة بالمناخ تؤثر على الأنظمة الطبيعية والبشرية. وتشمل هذه العوامل المتوسطات طويلة الأجل (على سبيل المثال، متوسط درجات الحرارة وهطول الأمطار)، والظواهر الشائعة (على سبيل المثال، الصقيع والذوبان)، والظواهر المتطرفة (على سبيل المثال، الفيضانات الساحلية والأعاصير). يتم تجميع محركات التأثير المناخي (CIDs) في سبع فئات بديهية: **الحرارة والبرودة، الرطوبة والجفاف، الرياح، الثلج والجليد، الساحل، والمحيط المفتوح**، وفئة سابعة هي **"أخرى"** للمحركات التي لا تناسب أي مكان آخر.[16]

قامت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) بتحليل كيف تؤثر هذه المحرّكات على النقل البري والبحري (انظر الشكل 3). ورغم أن الأنظمة اللوجستية لا تشمل مجرد النقل البري والبحري، إلا أن التقييم يوضح النطاق الواسع للمخاطر المناخية التي تواجهها.

شدة أكبر | توقيت مختلف | تردد متزايد | مواقع جديدة | مجموعات جديدة (مركَّبة)

إن الأحداث المناخية القاسية لن تكون غير مسبوقة فقط من حيث تواترها وشدتها، بل ستكون كذلك أيضًا في توقيتها وموقعها والجمع بين هذه الأبعاد.

المصدر: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، تقرير التقييم 6 (AR6)، المجموعة العاملة الأولى (WGI)، الفصل 11

الشكل 3: العوامل المؤثرة على المناخ في النقل البري والبحري

المصدر: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، تقرير التقييم 6 (AR6)، المجموعة العاملة الأولى (WGI)، الفصل 12

تستكشف الفقرات التالية كيفية تأثير المخاطر المناخية على الأنظمة اللوجستية، مع التركيز على **البنية التحتية، والعمليات، والقوى العاملة**—العناصر الرئيسية المعرضة للخطر. وفي حين تحظى المخاطر التي تهدد البنية التحتية ببعض الاهتمام، وخاصةً من جانب المستثمرين، والمُشغّلين، وشركات التأمين، فإن المخاطر التي تهدد العمليات والقوى العاملة تقع خارج دائرة الضوء. لا تحاول هذه الورقة سرد كل المخاطر المحتملة—إذ أن مثل هذه القائمة قد تكون طويلة للغاية—ولكنها بدلًا من ذلك تقدم نظرة عامة واسعة تسلّط الضوء على نطاق، وأهمية، وإلحاح التحديات التي يفرضها تغير المناخ على الأنظمة اللوجستية.

على الرغم من أن التركيز هنا ينصب على المخاطر المادية المباشرة، يمكن لتغير المناخ أن يؤدي أيضًا إلى تعطيل الأنظمة اللوجستية بشكل غير مباشر من خلال تفاقم التوترات الاجتماعية والجيوسياسية، بما في ذلك عوامل مثل أزمات تكلفة المعيشة، وعدم الاستقرار السياسي، والصراعات. تقع هذه المخاطر وغيرها من المخاطر غير المباشرة مثل الأوبئة والهجرة واسعة النطاق خارج نطاق هذه الورقة، ولكنها تؤكد أيضًا على الحاجة لتعزيز المرونة عبر الأنظمة اللوجستية.

1 التشخيص - كيف تؤثر المخاطر المناخية على الأنظمة اللوجستية

A. البنية التحتية اللوجستية

عند تقييم مخاطر تغير المناخ على الأنظمة اللوجستية، فإن الضرر الذي يلحق بالبنية التحتية غالبًا ما يكون هو الشاغل الأول. حيث تترك صور الأصول المدمرة، مثل الطرق والموانئ، انطباعًا دائمًا، كما تسلّط الأبحاث المكثفة الضوء على المخاطر التي تشكلها الظواهر المناخية القاسية. ترتبط فئات الحرارة والبرودة، والرطوبة والجفاف، والرياح والثلج والجليد، ومحركات التأثير المناخي الساحلي (CID) بمخاطر البنية التحتية اللوجستية.

الحرارة والبرودة. يمكن للحرارة الشديدة أن تؤدي إلى تشوه وتسريع تدهور الطرق ومدرجات المطارات. كما يمكن أن يؤدي ذلك إلى توسيع وتشوه مسارات السكك الحديدية، مما يزيد من خطر خروج القطارات عن مسارها. من ناحية أخرى، يؤدي البرد القارس والتغيرات في دورات التجمد والذوبان إلى تدهور الطرق، ومدرجات المطارات، والسكك الحديدية.

الرطوبة والجفاف. من المتوقع أن تؤثر التغيرات في أنماط هطول الأمطار على السدود والأعمال الترابية، مثل أساس الطرق والسكك الحديدية من خلال التعرية والانهيارات الأرضية على سبيل المثال. وقد يتسبب هذا في أضرار جسيمة للطرق والسكك الحديدية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الهطول الغزير للأمطار وما ينتج عنه من زيادة تدفق الأنهار سيزيد من خطر تآكل أساسات الجسور ويُعرّض سلامة الجسور للخطر.

الرياح. يمكن أن تكون الجسور عرضة للرياح الشديدة، مما قد يتسبب في أضرار هيكلية، وفي الحالات القصوى، عندما تتجاوز سرعة الرياح حدود التصميم، تؤدي إلى الانهيار. كما تتعرض المستودعات ومرافق التخزين الأخرى للخطر أيضًا، حيث قد تؤدي الرياح القوية إلى تمزيق الأسقف أو زعزعة استقرار الهياكل.

الثلج والجليد. رغم أنه من المتوقع أن تنخفض ظروف الثلوج والجليد بشكل عام، فإنها ستبدأ في الحدوث في أماكن غير متوقعة. وقد يشكل هذا مخاطر على البنية التحتية غير المستعدة لمثل هذه الظروف. يمكن أن يؤدي تراكم الثلوج الكثيفة إلى زيادة الحمل على أسطح المستودعات والمنشآت الأخرى، مما قد يؤدي إلى انهيارها.

الساحل. يمكن للفيضانات الساحلية، الناجمة عن ارتفاع منسوب مياه البحر والعواصف، أن تلحق أضرارًا بالغة بالموانئ البحرية، وكذلك الطرق الساحلية، والجسور، والسكك الحديدية. كما يؤدي الغمر المتكرر بالمياه المالحة إلى تسريع التآكل وقد يؤدي إلى ضعف الطرق الساحلية، والجسور، وخطوط السكك الحديدية الساحلية.

إن التأثيرات المباشرة لهذه المخاطر واضحة: **ارتفاع تكاليف الإصلاح والصيانة** للبنية التحتية المتضررة، إلى جانب **الخسائر المالية المحتملة** في الحالات التي تصبح فيها البنية التحتية غير قابلة للإصلاح. في حين أن شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية لا يتحملون عادةً هذه التكاليف— لأنهم لا يملكون سوى القليل من البنية التحتية—فإنهم لا يزالون يعانون من العواقب من خلال **الاضطرابات وانعدام الكفاءة** ، وهو ما سيتم مناقشته في القسم التالي.

© Getty Images / Christof Stache

في يوليو/تموز 2021، تسببت الأمطار الغزيرة في حدوث فيضانات في غرب ألمانيا، مما تسبب في أضرار جسيمة للطرق والسكك الحديدية، حيث تُقدَّر تكاليف الإصلاح بنحو 2 مليار يورو. تم إغلاق ما يزيد عن 130 كيلومترًا من الطرق السريعة، بعضها لعدة أشهر، وتم تدمير 62 جسرًا من أصل 112 جسرًا في المنطقة الأكثر تضررًا، وتم ترميم نصفها فقط في غضون شهر. وتعرضت شبكة السكك الحديدية الألمانية أيضًا لأضرار جسيمة، حيث تم تدمير 600 كيلومتر من المسارات. في حين أن بعض الإصلاحات اكتملت في غضون أشهر، كان من المتوقع أن تستغرق الأقسام الأكثر تضررًا وقتًا حتى العام 2025 لإصلاحها بالكامل.[17] على الرغم من عدم نشر التكلفة المحددة لهذا الاضطراب، فإن الاضطرابات السنوية في النقل الناجمة عن الطقس القاسي في جميع أنحاء الاتحاد الأوروبي تُقدَّر بنحو 2.5 مليار يورو.[18]

B. العمليات اللوجستية

إن المخاطر المناخية التي تهدد البنية التحتية، كما تم وصفها سابقًا، لها تأثيرات متتالية على العمليات اللوجستية. إن الأضرار التي تلحق بالبنية التحتية، وزيادة أعمال الإصلاح والصيانة قد تجعل بعض الأجزاء أو العقد عبر شبكة الخدمات اللوجستية غير قابلة للوصول، مما يتسبب في حدوث اضطرابات وانعدام الكفاءة على المدى القصير أو الطويل. في حين أن الأمثلة التي تمت تغطيتها سابقًا تركز على البنية التحتية اللوجستية الأساسية، فإن المخاطر المناخية يمكن أن تؤثر أيضًا على الأنظمة الداعمة مثل شبكات الطاقة وشبكات الاتصالات، مما يتسبب في المزيد من الاضطرابات وانعدام الكفاءة.

لا تنبع جميع الاضطرابات التشغيلية عن أضرار مادية في البنية التحتية. يمكن للحرارة والبرودة، والرطوبة والجفاف، والرياح والثلوج والجليد، ومحركات التأثير المناخي الساحلية أن تؤثر بشكلٍ مباشر على العمليات اللوجستية—حتى عندما تظل البنية التحتية سليمة.

1 التشخيص - كيف تؤثر المخاطر المناخية على الأنظمة اللوجستية

الحرارة والبرودة. قد تتطلب الحرارة الشديدة إبطاء القطارات لمنع خروجها عن مسارها، وتعليق عمل الرافعات في الموانئ لتجنب ارتفاع درجة الحرارة والأعطال الفنية، وفرض قيود على الوزن على الطائرات بسبب انخفاض قوة الرفع. إن التعرض لدرجات الحرارة **المرتفعة** لفترات طويلة قد يؤدي إلى إتلاف المخزونات والبضائع الحساسة لدرجة الحرارة، وذلك عندما لا تتوفر وسائل تبريد كافية. وستؤدي درجات الحرارة المرتفعة أيضًا إلى زيادة الحاجة إلى التبريد، مما يتطلب المزيد من التبريد وأوقات تشغيل أطول.

الرطوبة والجفاف. يمكن أن تؤدي الأمطار الغزيرة إلى غرق الطرق والسكك الحديدية، مما يجعلها غير سالكة. كما يمكن أن يؤدي ذلك إلى غرق المستودعات ومحطات الموانئ، مما يتسبب في إتلاف المخزونات، والبضائع، بالإضافة إلى إيقاف العمليات. يمكن أن يؤدي إلى رفع مستويات المياه في الممرات المائية الداخلية إلى ما هو أبعد من الحدود الصالحة للملاحة. وعلى العكس من ذلك، يمكن أن تؤدي موجات الجفاف إلى انخفاض مستويات المياه إلى مستويات حرجة، مما يؤدي إلى فرض قيود على خدمات الملاحة.

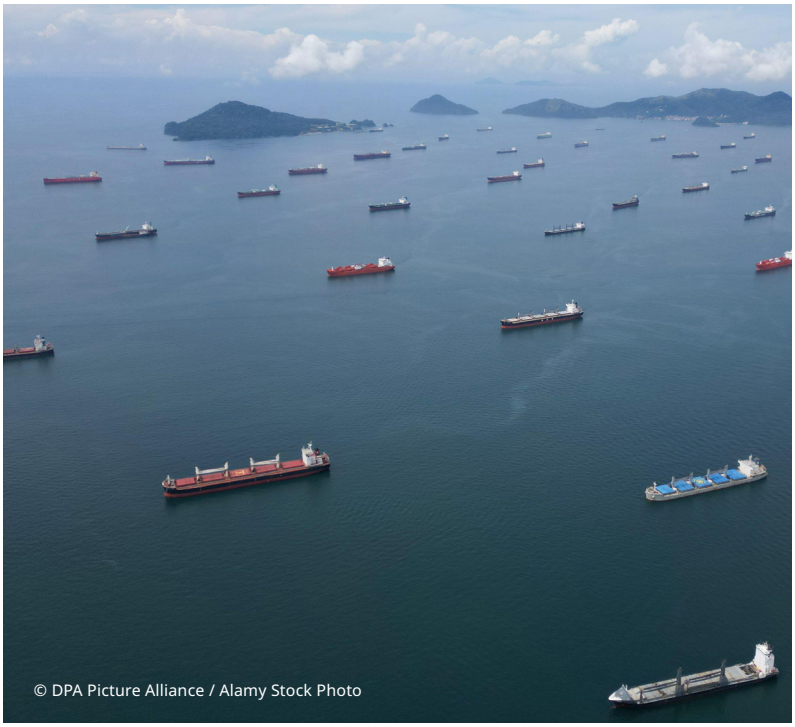
الرياح. يمكن للرياح العاتية أن تؤخر الإقلاع والهبوط، في حين يمكن للرياح الشديدة أن تمنع الطائرات من الطيران بالكامل. في الموانئ البحرية، يمكن للرياح القوية أن تجبر عمليات الرافعات على التوقف لأسباب تتعلق بالسلامة. على الطرق، يمكن للرياح أن تجعل القيادة خطرة، وخاصةً بالنسبة للمركبات ذات الجوانب المرتفعة، وتؤدي إلى إغلاق الطرق مؤقتًا.

الثلج والجليد. قد يؤدي انخفاض الثلوج والجليد إلى تحقيق بعض الفوائد، مثل مواسم شحن أطول في خطوط العرض الشمالية واحتمال فتح طرق ملاحية في القطب الشمالي. ومع ذلك، فإن الثلوج والجليد سيستمران في التأثير على العمليات اللوجستية، وخاصةً في المناطق غير المعتادة على مثل هذه الظروف. يمكن أن يؤدي التراكم إلى إغلاق المطارات والطرق مؤقتًا أو تأخير الأنشطة في المستودعات. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي انخفاض ذوبان الأنهار الجليدية والجليد إلى زيادة وتيرة أحداث انخفاض منسوب المياه، مما يحدّ من إمكانية الملاحة في بعض الممرات المائية الداخلية.

الساحل. يمكن أن تؤدي الفيضانات الساحلية والعواصف العاتية إلى غرق الموانئ البحرية وإجبارها على إغلاقها مؤقتًا. كما يمكن أن تؤدي هذه الكوارث إلى جعل الطرق الساحلية والسكك الحديدية غير قابلة للوصول.

تؤدي هذه الاضطرابات وانعدام الكفاءة التشغيلية إلى عواقب تجارية حقيقية بالنسبة للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs). بالنسبة لمقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs)، فإنهم قد **يزيدون من تكاليف التشغيل ويؤخرون عمليات التسليم** . في حين أن النقص المؤقت في القدرة قد يسمح لبعض المزودين برفع الأسعار في أوقات الاضطراب، فإن هذه المكاسب قصيرة الأجل غير مستدامة وتزداد متطلبات شاحني البضائع وحساسيتها للمخاطر. بالنسبة للشاحنين، يمكن أن تُترجَم الاضطرابات إلى **نقص في المخزون، وتوقف في الإنتاج وخسارة في المبيعات**. قد تعاني أيضًا كلٌ من شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية غير المستعدين من **تدهور العلامة التجارية** وفقدان مكانتهم داخل أسواقهم مقارنةً بالمنافسين الأكثر مرونة.

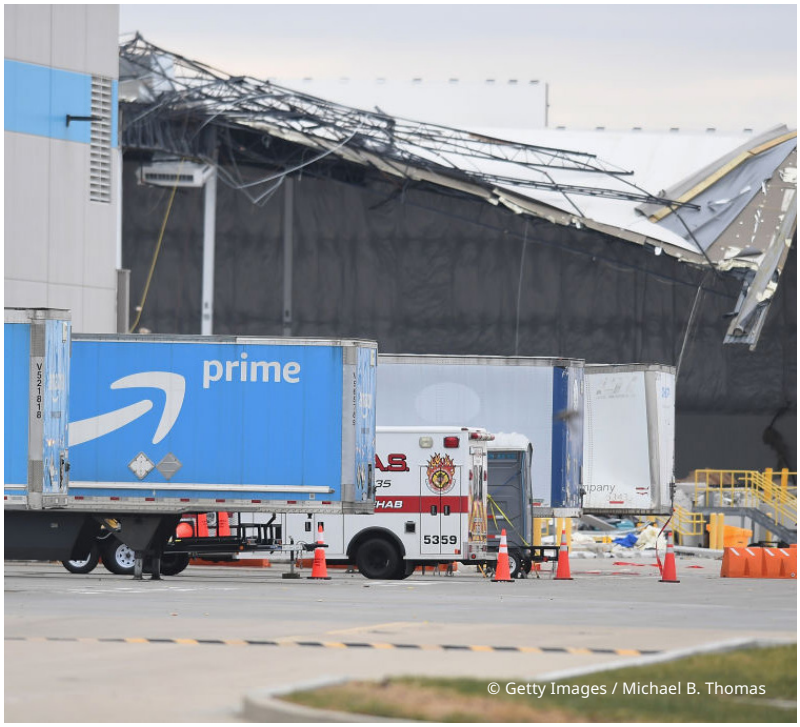
1 التشخيص - كيف تؤثر المخاطر المناخية على الأنظمة اللوجستية


© DPA Picture Alliance / Alamy Stock Photo

تسببت حالات الجفاف الشديدة في بنما— الناجمة عن مزيج من ظاهرة النينيو وتغير المناخ— في جعل عام 2023 ثاني أكثر الأعوام جفافًا على الإطلاق، مما أدى إلى انخفاض مستويات المياه بشكل تاريخي في بحيرة غاتون، وهي المصدر الرئيسي للمياه لقناة بنما. وردًا على ذلك، قيّدت هيئة قناة بنما حركة مرور السفن في يوليو 2023، مما أدى إلى حدوث اختناق وتسبب في اضطرابات كبيرة للشحن العالمي. ظلت هذه القيود سارية لمدة عام وانخفضت حركة السفن بنسبة 29% خلال السنة المالية 2024.[19] ومن المتوقع أن يؤدي تحويل مسار السفن بعيدًا عن القناة إلى زيادة إجمالي تكاليف النقل البحري للتجارة المتضررة بنسبة 5% وإبطاء الرحلات بنسبة 20%.[20]

© iStock / Melissa Kopka

في منطقة جبل إلغون بأوغندا، يعد تضرر البنية التحتية للنقل، مثل الطرق والجسور، أمرًا شائعًا خلال موسم الأمطار. وقد زاد هذا الخطر بسبب ارتفاع معدلات هطول الأمطار والفيضانات المفاجئة التي لوحظت خلال السنوات 10 إلى 15 الماضية. حتى عندما تظل البنية التحتية سليمة، فإن العديد من الطرق - معظمها غير معبَّدة - تصبح غير سالكة أثناء وبعد فترات هطول الأمطار الغزيرة. وتؤدي هذه الظروف إلى تقليص فرص الوصول إلى الأسواق، وتدهور جودة المنتجات المنقولة (وخاصة القهوة الشهيرة في المنطقة)، ورفع تكاليف النقل. إن ارتفاع مستويات الفقر يُحدّ من قدرة المجتمعات على التكيف. ونتيجة لذلك، يواجه المُصدِّرون انخفاضًا في توافر القهوة عالية الجودة، وقد يؤدي تقلب العرض في نهاية المطاف إلى ارتفاع الأسعار بالنسبة للمستهلكين.[21]



تعرض مركز توزيع في ولاية إلينوي بالولايات المتحدة الأمريكية لأضرار بالغة جراء إعصار ضربه في ديسمبر 2021، مما أدى إلى انهيار جدار وجزء من السقف. وقد لقي ستة من عمال المستودع حتفهم بشكل مأساوي في الحادث.[22]

C. القوى العاملة في القطاع اللوجستي

ويحمل تغير المناخ أيضًا مخاطر على القوى العاملة في قطاع الخدمات اللوجستية، التي تتعرض إلى حد كبير للظروف الخارجية. في حين تُركِّز معظم الدراسات على تأثير الحرارة وموجات الحر، والتي تندرج تحت فئة محركات التأثير المناخي (CID) للحرارة والبرودة، فإن فئات CID الأخرى يمكن أن تُشكِّل أيضًا تحديات كبيرة.

الحرارة والبرودة. تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى تعرض العمال لخطر الإجهاد الحراري والإصابة بضربة شمس. كما أنها قد تسبب التعب وتزيد من احتمالية حدوث الأخطاء— والتي قد يؤدي بعضها إلى الإصابة أو حتى الموت. في قطاع الخدمات اللوجستية، يعد سائقو الشاحنات، وعمال الموانئ، وموظفو المستودعات من بين الفئات الأكثر عرضةً لهذه المخاطر المرتبطة بالحرارة.

محركات التأثير المناخي (CIDs) الأخرى. تزيد العواصف والفيضانات المتكررة من مخاطر الحوادث بالنسبة لسائقي الشاحنات. وقد تؤدي الظواهر المناخية القاسية أيضًا إلى الإضرار بهياكل المستودعات، مما يشكل مخاطر إصابة للعمال. في البحر، يواجه البحّارة العديد من المخاطر المتعلقة بالسلامة أثناء الطقس القاسي، بما في ذلك حركة السفينة والتعرض للعوامل الجوية أثناء العمل على الأسطح المفتوحة.

ولا تشكل هذه المخاطر تهديدات خطيرة لصحة العمال وسلامتهم فحسب، بل تحمل أيضًا عواقب تشغيلية وتجارية. يمكن أن تؤدي الإصابات أو الظروف غير الآمنة إلى تباطؤ سير العمل، وزيادة معدلات الخطأ، وفي بعض الحالات الإغلاق التشغيلي الكامل. بالنسبة لمقدمي الخدمات اللوجستية، يعني هذا **فقدان الإنتاجية، والتأخيرات المحتملة، وارتفاع التكاليف** المرتبطة بحماية العمال، والتأمين، أو التعافي من الحوادث. بالنسبة للشاحنين، فإن هذا يعني **انخفاض جودة الخدمة**، وهو ما قد يؤثر بدوره على عملياتهم وموقعهم **في السوق**.

وبما أن الأدوار اللوجستية تتطلب بالفعل جهدًا جسديًا كبيرًا وغالبًا ما يُنظَر إليها على أنها غير جذابة—وخاصةً في مجالات مثل النقل بالشاحنات لمسافات طويلة وعمليات الموانئ— فإن التأثيرات المناخية قد تؤدي إلى تعميق **نقص العمالة** الحالي.

2 تعزيز المرونة - فعّال من حيث التكلفة في متناول اليد

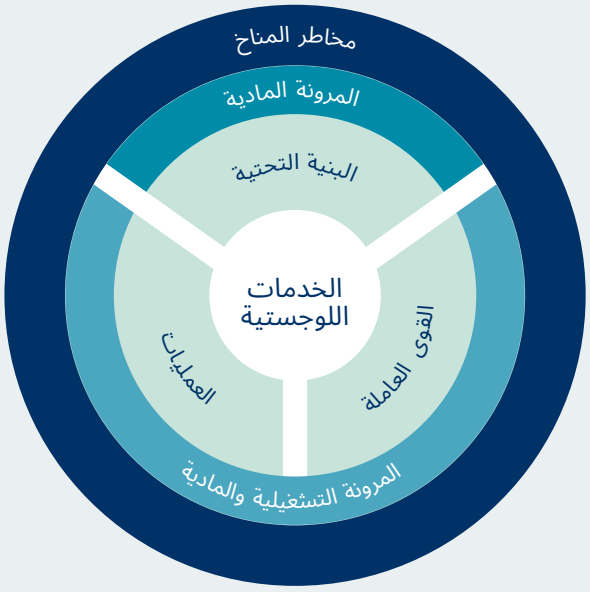
يمكن لمجموعة واسعة من الحلول أن تعزز المرونة وتمكّن من التكيف

في حين أن مخاطر المناخ عديدة، فإن الحلول كثيرة أيضًا. يمكن لمجموعة من التدابير العملية أن تساعد في تعزيز المرونة، وحماية البنية التحتية اللوجستية، والعمليات، والقوى العاملة.

A. البنية التحتية اللوجستية

يمكن تعزيز البنية الأساسية لتتحمل أنماط الطقس المتغيرة والظواهر المناخية القاسية من خلال مجموعة من التدابير الهندسية—مثل تعزيز الأساسات، وإضافة فائض في التصميم، واستخدام المواد المناسبة، وتركيب أنظمة الحماية. وتساعد عمليات التفتيش والصيانة المنتظمة أيضًا في الحفاظ على سلامتها. بالإضافة إلى ذلك، يمكن نقل البنية التحتية من المناطق عالية الخطورة أو، من الناحية المثالية، عدم بنائها في مثل هذه المناطق على الإطلاق. في الأساس، تساعد هذه التدابير في تعزيز **المرونة المادية** (انظر الشكل 4).

الشكل 4: المرونة المادية والتشغيلية لحماية البنية التحتية اللوجستية، والعمليات، والقوى العاملة



© Network Rail

تستخدم شركة Network Rail، التي تمتلك وتدير غالبية شبكة السكك الحديدية في المملكة المتحدة، مجموعة من التدابير لمنع انبعاج القضبان أثناء درجات الحرارة المرتفعة. في كل شتاء، تقوم الفرق بتقييم استقرار المسار وتعزيز الأجزاء الضعيفة قبل حلول الصيف. في المناطق التي تحتوي على قضبان قصيرة مثبتة معًا بمسامير، يتم ترك فجوات صغيرة بين الأقسام لاستيعاب التمدد الحراري. عند الضرورة، يتم طلاء بعض القضبان باللون الأبيض لتقليل امتصاص الحرارة، مما يجعلها أكثر برودة بمقدار 5 إلى 10 درجات مئوية عما لو لم يتم معالجتها. بالإضافة إلى ذلك، تعمل أجهزة استشعار درجة الحرارة المثبتة على المسارات على مراقبة مستويات الحرارة في الوقت الفعلي وتمكين اتخاذ إجراءات استباقية.[23]

الحرارة والبرودة. يمكن أن يتحمل البتومين المُحسَّن درجات الحرارة الأعلى ويقلل من خطر تدهور الطرق. يمكن طلاء قضبان السكك الحديدية باللون الأبيض لتقليل امتصاص الحرارة ومخاطر الانحناء المرتبطة بها. يمكن أن تساعد عمليات التفتيش المنتظمة للطرق والسكك الحديدية في اتخاذ إجراءات الصيانة المبكرة ومنع الأضرار الخطيرة الناجمة عن التجمد والذوبان.

الرطوبة والجفاف. يمكن تثبيت السدود والأعمال الترابية باستخدام النباتات لتقليل خطر التآكل والانهيارات الأرضية. يمكن فحص الجسور بعد الفيضانات، وفي حالات التآكل، يمكن البدء في أعمال التعزيز اللازمة (على سبيل المثال، باستخدام صخور الحماية) للحفاظ على سلامة البنية التحتية.

الرياح. يمكن إعادة تقييم حدود تصميم الجسور لتتحمل سرعات الرياح العالية. يمكن تعزيز المستودعات، ومحطات الشحن، وغيرها من المرافق اللوجستية من حيث المواد والهيكل، لتحسين مقاومتها للعواصف. تلعب أعمال التفتيش والصيانة المنتظمة أيضًا دورًا.

الثلج والجليد. يمكن تعزيز أسطح المرافق اللوجستية لتتحمل الأحمال المتزايدة للثلوج، وذلك من خلال إجراء تعديلات في التصميم مثل استخدام أسقف أكثر انحدارًا ومواد أكثر مقاومة. يمكن أن تساعد عمليات الفحص قبل فصل الشتاء على تحديد المشاكل في وقت مبكر، كما تقلل خطط إزالة الثلوج أيضًا من خطر انهيار السقف أو الأضرار الهيكلية بسبب تراكم الثلوج.

الساحل. يمكن حماية البنية التحتية الساحلية من خلال الحلول القائمة على الطبيعة مثل أشجار المانجروف، أو الدفاعات الهندسية مثل السدود والضفاف. تساعد الطلاءات المتخصصة على منع التآكل الناتج عن التعرض المتكرر لمياه البحر المالحة. وفي بعض الحالات، قد يكون نقل البنية التحتية إلى مناطق أقل تعرضًا للخطر هو الخيار الأكثر جدوى على المدى الطويل.

2 تعزيز المرونة – الحلول الفعّالة من حيث التكلفة في متناول اليد

B. العمليات اللوجستية

إن **المرونة المادية** لا تتعلق فقط بمنع الأضرار التي تلحق بالبنية التحتية، بل تتعلق أيضًا بضمان استمرارية خدمات البنية التحتية في ظل الظروف الخطرة—مما يحمي بذلك العمليات اللوجستية. على مستوى الشبكة، تتطلب المرونة المادية قدرًا كافيًا من التكرار (على سبيل المثال، الطرق البديلة) للحفاظ على الوظيفة في حالة تعطل جزء واحد من النظام.

بالإضافة إلى المرونة المادية، تلعب **المرونة التشغيلية** (انظر الشكل 4) دورًا حاسمًا في حماية العمليات. تركز المرونة التشغيلية على القدرات "الناعمة"—الأشخاص، والعمليات، والأنظمة—التي تُمكِّن الشركات من توقع الاضطرابات والاستجابة لها بشكل فعّال.

الحرارة والبرودة. لتجنب قيود الوزن في الأيام شديدة الحرارة، يمكن إعادة جدولة الرحلات الجوية ذات الوزن الثقيل إلى أوقات أكثر برودة، مثل الصباح الباكر أو في وقت متأخر من المساء. يمكن أيضًا توسيع المدرجات حيثما كان ذلك ممكنًا. يمكن تحديث الرافعات باستخدام أنظمة تبريد مُحسَّنة وأجزاء مقاومة للحرارة للحفاظ على وظائفها في درجات الحرارة العالية. وبالمثل، يمكن تجهيز المرافق اللوجستية بأنظمة التحكم في درجة الحرارة لحماية المخزون من التلف الناتج عن الحرارة.

الرطوبة والجفاف. تعتمد البنية التحتية مثل الطرق، والسكك الحديدية، والمطارات، والمستودعات على أنظمة تصريف فعّالة للبقاء في وضع التشغيل أثناء هطول الأمطار. يمكن للتحديثات التي تعمل على تحسين إدارة الجريان السطحي وزيادة القدرة على تخزين المياه أن تقلل بشكل كبير من مخاطر الفيضانات. بالنسبة للمشاريع الجديدة، فإن تجنب البناء في المناطق المعرضة للفيضانات هو وسيلة لإلغاء الحاجة لمثل هذه التحديثات بالكامل.

في المناطق النامية والمناطق النائية— حيث تكون البنية التحتية ضعيفة وتفتقر إلى البدائل—قد توفر حلول التخزين المحلية حلولًا بديلة عندما تصبح الطرق غير سالكة بسبب الأمطار الغزيرة.

الرياح. يمكن أن تساعد تغييرات الإجراءات، أو إعادة تخطيط المجال الجوي، أو في الحالات القصوى تغيير اتجاه المدرج، في مواجهة الرياح العكسية في المطارات. يمكن أن تساعد الأربطة الإضافية في منع سقوط البضائع في البحر أثناء العواصف الشديدة.

الثلج والجليد. تساعد الحواجز الثلجية ومصدّات الرياح في منع انجراف الثلوج إلى الطرق وخطوط السكك الحديدية. يمكن لمعدات إزالة الثلوج أن تساعد في فتح المدرجات مرة أخرى بعد العواصف الثلجية. يمكن أن تساعد الإطارات الشتوية والسلاسل الثلجية، إلى جانب تدريب السائقين، في إبقاء المركبات على الطرق قادرة على الحركة في الظروف الثلجية والجليدية. تمكّن جداول التوجيه الديناميكي والجدولة من إجراء تعديلات فورية على مسارات الشحن لتجنب المقاطع المتعطلة.

الساحل. هناك عدة تدابير يمكنها حماية عمليات الموانئ البحرية من الفيضانات الساحلية. وتشمل هذه التدابير تطوير أنظمة الصرف الصحي، ورفع مستوى البنية التحتية الحيوية، وتصميم المناطق الأرضية بحيث تستوعب الفيضانات، ونقل المخزونات إلى طوابق أعلى لمنع الأضرار.

2 تعزيز المرونة – الحلول الفعّالة من حيث التكلفة في متناول اليد

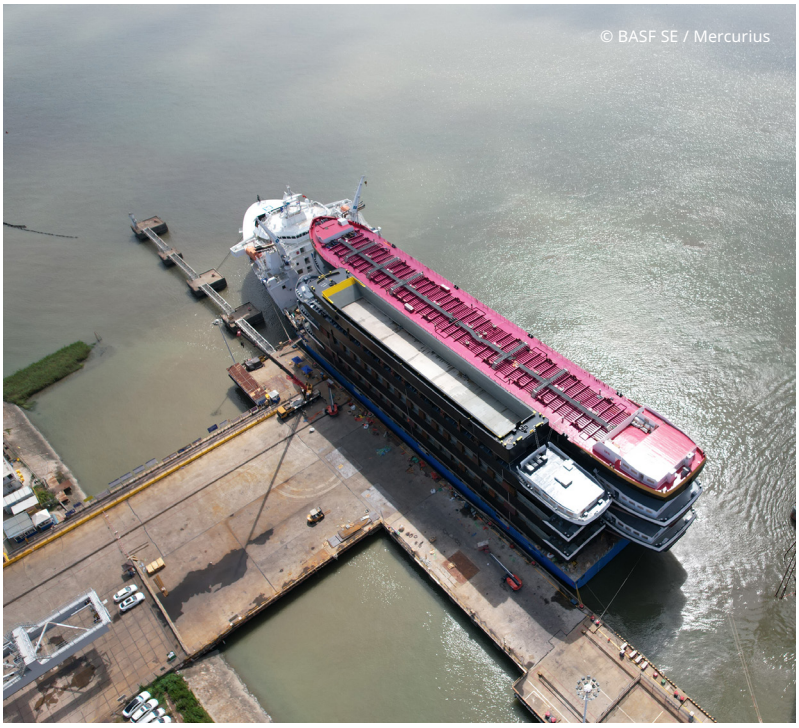
© iStock / RomanBabakin

في مارس 2024، أدت عاصفة ثلجية في ولاية نيفادا بالولايات المتحدة الأمريكية إلى إغلاق ممر رئيسي، مما أدى إلى تعطيل عمليات التوزيع الخاصة بشركة Wal-mart. وردًا على ذلك، استفادت شركة Walmart من التحليلات التنبؤية والذكاء الاصطناعي، مستخدمةً نموذجًا رقميًا مطابقًا لشبكة سلسلة التوريد الخاصة بها لمحاكاة السيناريوهات وإعادة توجيه عمليات التسليم. حدد النظام 85 متجرًا بديلًا وأربعة مراكز توزيع في جميع أنحاء نيفادا، وكاليفورنيا، وأوريجون لتلبية عبء العمل الذي تعطّل. يوضح هذا المثال الدور الحاسم الذي تلعبه التكنولوجيا في تعزيز التكيف مع المناخ في قطاع الخدمات اللوجستية.[24]

© Mountain Harvest / Jjumba Martin

في منطقة جبل إلجون في أوغندا، تتسبب الأمطار الغزيرة في كثير من الأحيان في جعل الطرق غير سالكة، مما يؤدي إلى تأخير نقل القهوة، وزيادة خطر العفن، وفقدان الجودة. وللتكيف مع ذلك، يستخدم أحد المُصدِّرين المحليين براميل تخمير مُحكَمة الإغلاق تسمح بمعالجة حبات البن بأمان في الموقع. وبمجرد أن تصبح الطرق سالكة، يتم نقل البراميل بالدراجة النارية إلى أسفل الجبل. حيث يحافظ هذا النهج على الجودة ويضمن الاستمرارية على الرغم من الاضطرابات المتكررة المرتبطة بالطقس.

2 تعزيز المرونة – الحلول الفعّالة من حيث التكلفة في متناول اليد



طوّرت شركة BASF وشركة Stolt Tankers بشكل مشترك ناقلة كيميائية جديدة مصممة خصيصًا للعمل في ظل ظروف انخفاض منسوب المياه الشديدة— وهو تحدٍ متزايد على نهر الراين في ألمانيا، كما حدث خلال الاضطرابات الكبرى في عاميّ 2018 و 2022. تمثل هذه السفينة خطوة ملموسة في جهد تكيف أوسع.[25] وضعت اللجنة المركزية للملاحة في نهر الراين استراتيجية شاملة لتعزيز مرونة النقل البحري الداخلي. وتشمل التدابير الرئيسية نشر السفن ذات الغاطس المنخفض والمُعدَّلة، وأدوات التنبؤ الرقمية المُحسَّنة، وتحديثات البنية التحتية المستهدفة، والتعديلات التشغيلية من قِبَل شاحني البضائع.[26]

C. القوى العاملة في قطاع الخدمات اللوجستية

يمكن دعم سلامة القوى العاملة وإنتاجيتها في مواجهة مخاطر المناخ من خلال مجموعة من التدابير التي تندرج ضمن **المرونة المادية والتشغيلية** (انظر الشكل 4).

الحرارة والبرودة. لتخفيف مخاطر الحرارة الشديدة على العمال، هناك إجراء بسيط وفعّال وهو تركيب مُكيفات الهواء في الشاحنات، وكابينات الرافعات، والمستودعات. بالنسبة للموظفين الذين يعملون في الأماكن المفتوحة، يمكن تعديل جداول المناوبات لتقليل التعرض للحرارة خلال أوقات الذروة، ويمكن توفير تدريبات للتعامل مع ظروف درجات الحرارة المرتفعة بأمان. كما تقوم الموانئ والموانئ الجافة في الدول الأكثر ثراءً بتبني المركبات والرافعات ذاتية القيادة، مما يقلل من تعرض العنصر البشري للخطر في الأماكن التي تكون فيها ظروف العمل غير مثالية.

محركات التأثير المناخي (CIDs) الأخرى. ينبغي أن تشمل حماية الموظفين أثناء الظواهر الجوية القاسية أنظمة الإنذار المبكر، وبروتوكولات السلامة الواضحة، وشبكة اتصالات قوية لضمان الاستجابة والتنسيق السريع.

غالبًا ما تكون تدابير التكيف فعّالة من حيث التكلفة

ركزت الدراسات المتعلقة بتكلفة التكيف مع المناخ في المقام الأول على البلدان النامية. على سبيل المثال، قام البنك الدولي بتقييم تكلفة البنية التحتية المقاومة للتغيرات المناخية في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. وقد قدر أن هذه التدابير تضيف ما يقرب من **3% إلى إجمالي تكاليف الاستثمار في البنية التحتية**. تُظهر النتائج فعالية قوية من حيث التكلفة: ففي 96% من السيناريوهات التي تمت دراستها، **كانت نسبة التكلفة إلى الفائدة أكبر من 1**؛ وفي 77% تجاوزت 2، وفي أكثر من 55% كانت أكبر من 4.[18]

على الرغم من أن هذه النتائج ليست قابلة للتطبيق في جميع السياقات، إلا أنها تشير إلى أن التكيف المستهدف—وخاصةً بالنسبة للبنية التحتية ذات التعرض العالي أو شديدة الضعف—يمكن أن تقدم **قيمة كبيرة مقابل المال**.

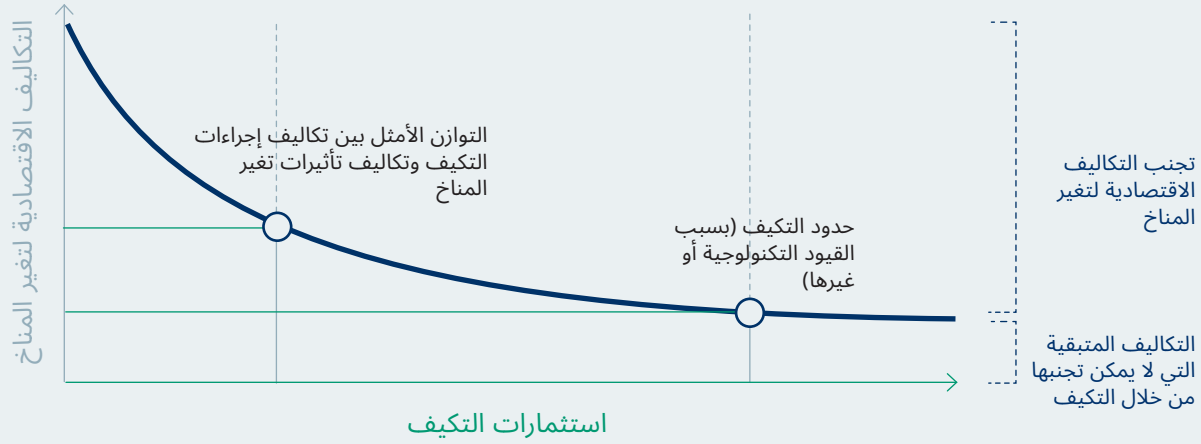
ومن المهم أن تركز هذه الدراسات على المرونة المادية. غالبًا ما يُفترض أن التدابير المتعلقة بالمرونة التشغيلية أقل تكلفة، على الرغم من أن تكاليفها وفوائدها الفعلية تختلف باختلاف السياق.

التكيف يقلل من المخاطر ولكنه لا يزيلها

بشكلٍ عام، يمكن للاستثمارات في التكيف مع المناخ أن تقلل بشكل كبير من الخسائر المالية الناجمة عن المخاطر المناخية، حيث تؤدي الاستثمارات الأكبر عادةً إلى تحقيق عائدات أكبر (انظر الشكل 5). ومع ذلك، هناك **حدود اقتصادية للتكيف**—تحدث هذه الحدود عندما تتجاوز تكلفة تنفيذ تدابير التكيف قيمة الخسائر التي تمنعها. وفي بعض الحالات، قد يكون التكيف مع بعض المخاطر مكلفًا جدًا، أو قد لا يصبح التكيف فعالًا من حيث التكلفة إلا بعد الوصول إلى مستويات أعلى من الاحتباس الحراري العالمي.

علاوةً على ذلك، فإن التكيف لا يمكن أن يقضي على جميع الخسائر المرتبطة بالمناخ. وستظل بعض **التأثيرات المتبقية** حتمية ولا يمكن تجنبها، خاصةً تلك الناجمة عن ظواهر غير مسبوقة ولا يمكن السيطرة عليها مثل الحرائق الضخمة أو الأعاصير القوية، والتي قد تتجاوز قدرة حتى أكثر جهود التكيف متانةً. في مثل هذه الحالات، يلعب التأمين المناخي دورًا مهمًا، وخاصةً بالنسبة للشركات الأصغر حجمًا أو الأكثر تركيزًا من الناحية الجغرافية.

الشكل 5: العلاقة بين استثمارات التكيف والتكاليف الاقتصادية لتغير المناخ



المصدر: الوكالة الأوروبية للبيئة

3 المضي قدمًا – ماذا يمكن للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) أن يفعلوا؟

تلعب أطراف معنية متعددة دورًا في التكيف اللوجستي

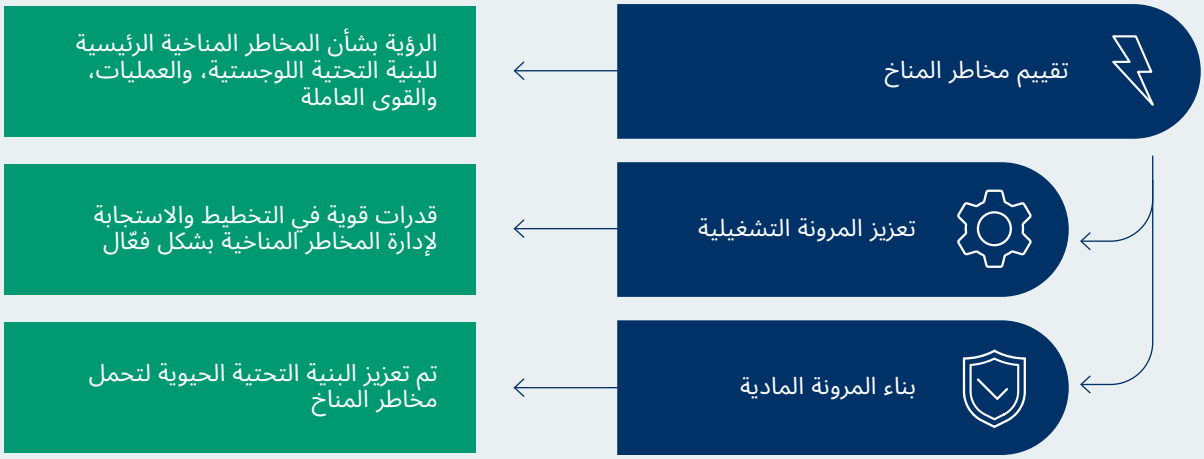
يتطلب تكيف قطاع الخدمات اللوجستية مع عالم آخذ في الاحترار جهودًا من أطراف معنية متعددة. في الأصل، هناك ثلاث مجموعات أساسية: **شاحني البضائع**، الذين يحتاجون إلى نقل البضائع؛ **مقدمو الخدمات اللوجستية** ، الذين يديرون حركة نقل البضائع والأنشطة ذات الصلة بها؛ **وأصحاب البنية التحتية اللوجستية** الذين يديرون الأصول الرئيسية مثل الطرق والموانئ. ويمكن لهذه الأدوار أن تجتمع، حيث يدير بعض شاحني البضائع الخدمات اللوجستية داخليًا، وقد تمتلك كلٌ من شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية أيضًا بنية تحتية لوجستية مثل المستودعات أو محطات الموانئ.

وإلى جانب هؤلاء اللاعبين الأساسيين، هناك نظام بيئي أوسع يساهم في التكيف مع المناخ. تعمل **الكيانات الحكومية والحكومية الدولية** على تشكيل البيئة المواتية من خلال السياسات، والمعايير، والتمويل العام. تعمل **المؤسسات المالية وشركات التأمين** على تمكين الاستثمار وإدارة المخاطر. تدعم **جمعيات الصناعة** العمل الجماعي وتعمل على تعزيز الأصوات. تعمل **شركات البناء والهندسة** على بناء وتحديث البنية التحتية المرنة. يُقدِّم **مزودو التكنولوجيا** الأدوات والخبرات. تعمل **المنظمات الأكاديمية والبحثية** على توليد الأفكار وتحفيز الابتكار.

تسلّط هذه الورقة الضوء على دور شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية. والذين يمكنهم، على رغم ضخامة التحديات وعدم اليقين المرتبط بجهود التكيّف مع تغيّر المناخ، اتخاذ عدد من الإجراءات العملية والمضمونة النتائج لحماية عملياتهم اللوجستية، والبنية التحتية، والقوى العاملة التي تدعمها. وتتمحور هذه الإجراءات حول ثلاثة ركائز استراتيجية: تقييم المخاطر المناخية، وتعزيز المرونة التشغيلية، وتعزيز المرونة المادية (انظر الشكل 6).

توضح الفقرات التالية ما يستلزمه ذلك. نظرًا لاختلاف الشركات في احتياجاتها ومستوى نضجها، يمكن أن تُستخدَم المعلومات المقدَّمة كقائمة تحقق عملية لدعم جهودها في التكيف اللوجستي.

الشكل 6: ثلاثة ركائز استراتيجية للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية لتعزيز الخدمات اللوجستية المقاومة لتغير المناخ



يبدأ التكيف الفعّال مع تقييمات مخاطر المناخ

يبدأ تعزيز المرونة التشغيلية والمادية والتكيف مع عالم أكثر دفئًا بتقييم المخاطر. يتضمن ذلك تحديد **المخاطر المناخية** الرئيسية، وفهم كيفية تطور هذه المخاطر مع مرور الوقت، وتحليل تأثيرها المحتمل على **البنية التحتية اللوجستية، والعمليات، والقوى العاملة** - عبر سلاسل التوريد وشبكات الخدمات اللوجستية للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية. نظرًا لأن البيانات التاريخية وحدها لم تعد مؤشرًا موثوقًا به للمخاطر المستقبلية، يتعين على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية اعتماد نهج استشرافي، باستخدام توقعات المناخ وأدوات التحليل المتقدمة. يمكن لمقدمي الخدمات الخارجيين دعم هذه التقييمات من خلال تقديم البيانات، وقدرات النمذجة، والخبرة المتخصصة.

إن جمع بيانات المخاطر وحده ليس كافيًا— يجب على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية أيضًا تقييم تعرضهم ونقاط ضعفهم إزاء هذه المخاطر. ينبغي لتحليل **التعرض** أن يحدد العناصر اللوجستية (على سبيل المثال، المستودع وموظفيه، أو طريق ما) الموجودة في مناطق عالية الخطورة، وبالتالي فهي معرضة للمخاطر المناخية. ينبغي لتحليل **نقاط الضعف** أن يقيم مدى قابلية العناصر المتعرضة للمخاطر للتعطل أو التلف. على سبيل المثال، قد يكون الطريق في منطقة معرضة للفيضانات ذا تعرض عالٍ لخطر الفيضان، ولكن ضعفه يعتمد على عوامل مثل قدرة الصرف وتكرار الشبكة.

في البداية، قد يكون من المفيد للشركات إجراء هذه التقييمات بشكل منفصل عن عمليات إدارة المخاطر الأوسع نطاقًا. ومع ذلك، لتعزيز المرونة طويلة الأمد، من الضروري دمج تقييمات مخاطر المناخ في **إطار إدارة المخاطر الشامل للشركة**. ويضمن هذا الدمج أن يتم النظر في مخاطر المناخ إلى جانب المخاطر التشغيلية والاستراتيجية الأخرى.

عندما يكون ذلك ممكنًا، ينبغي للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية التعاون في تقييم المخاطر المناخية. مثلما توفر العديد من شركات الخدمات اللوجستية بالفعل بيانات انبعاثات الغازات الدفيئة لعملائها، يمكنها أيضًا أن توفر رؤية قيّمة بشأن مخاطر المناخ. بفضل خبرتهم وتجاربهم الميدانية، يتمتع مقدمو الخدمات اللوجستية بميزة تمكنهم من إجراء تقييم على مستوى الشبكة ودعم قاعدة عملائهم الأوسع. من خلال دمج تقييمات مخاطر المناخ في **عروض الخدمات** التي تقدمها، لا تدعم شركات تقديم الخدمات اللوجستية جهود التكيف التي يبذلها عملاؤها فحسب، بل تعمل أيضًا على خلق فرص تتيح لهم التميّز في السوق.

ينبغي على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية التركيز على تعزيز المرونة التشغيلية

لإدارة المخاطر المناخية بشكل فعّال، يجب على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية أن يطوروا **المرونة التشغيلية** الأفضل في فئتها، والتي تشمل كلًا من **قدرات التخطيط والاستجابة القوية**. يعتمد الكثير من هذا على أفضل الممارسات الراسخة للمرونة التي تنطبق على نطاق واسع—سواء كان الاضطراب ناتجًا عن المخاطر المناخية، أو الصراع الجيوسياسي، أو غيرها من الصدمات الخارجية.

تتطلب المرونة التشغيلية التخطيط. استنادًا إلى تقييمات مخاطر المناخ، يمكن للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية تحديد سيناريوهات

3 المضي قدمًا – ماذا يمكن للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) أن يفعلوا؟

الاضطراب المحتملة و يمكنهم إدخال هذه البيانات في تخطيط سلسلة التوريد. يساعد تخطيط السيناريوهات الشركات على فهم قدرتها على الاستجابة وتقييم التدابير الطارئة التكتيكية والاستراتيجية—مثل الاعتماد على الطرق البديلة ووسائل النقل. بالنسبة للشاحنين، قد يتضمن هذا أيضًا تنفيذ الطلبات من مراكز التوزيع المختلفة، والحفاظ على المخزون الاحتياطي، وتنويع الموّردين. يمكن أن تساعد عمليات محاكاة الاضطرابات المناخية واختبارات الإجهاد في تقييم التدابير التي تم اتخاذها والمرونة بشكل عام.

وتتطلب المرونة التشغيلية أيضًا قدرات استجابة قوية. إن تتبع شبكة سلاسل التوريد الفوري، وآليات الإنذار المبكر، وبروتوكولات الطوارئ ضرورية لاتخاذ إجراءات سريعة وفعّالة أثناء الاضطرابات المناخية. وينبغي للشركات أيضًا إنشاء فرق مخصصة لإدارة الأزمات أو "غرف حرب" لقيادة جهود الاستجابة وتنظيم التدريبات والتمارين المنتظمة لضمان الاستعداد.

يجب على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) التعاون بشكل وثيق حيثما كان ذلك مناسبًا، لأن **الجهود المُنسَّقة** يمكن أن تعزز المرونة بشكل كبير. إن التخطيط المشترك للسيناريوهات وتطوير التدابير الطارئة، على سبيل المثال، من شأنه أن يمكّن الطرفين من مواءمة استجاباتهما والحد من نقاط الضعف

وينبغي إدراج كل هذه العناصر الخاصة بالمرونة التشغيلية في **خطط استمرارية الأعمال الشاملة**.

ينبغي أن تُستكمَل المرونة التشغيلية بالمرونة المادية

عندما تكشف تقييمات مخاطر المناخ أن البنية التحتية اللوجستية الحيوية ضعيفة— مع ما يترتب على ذلك من عواقب محتملة مثل الضرر المادي، أو الاضطرابات التشغيلية، أو المخاطر على سلامة القوى العاملة—يجب اتخاذ إجراءات ليس فقط لتعزيز المرونة التشغيلية ولكن أيضًا لتقوية البنية التحتية وتعزيز **المرونة المادية**. يشمل ذلك تعزيز وتحديث الأصول القائمة، وتصميم بنية تحتية جديدة لتكون قادرة على تحمل المخاطر المناخية، وإنشاء بروتوكولات قوية للتفتيش والصيانة.

إذا كان شاحنو البضائع أو مقدمو الخدمات اللوجستية يمتلكون البنية التحتية المعرضة للخطر—مثل مركز التوزيع—فيجب عليهم العمل بشكل وثيق مع خبراء الهندسة لتحديد وتنفيذ تدابير التحصين المناسبة. وينبغي دمج هذه التحديثات في **الخطط الرئيسية للمنشأة** ودعمها بدراسة جدوى قوية. وعندما يكون ذلك عمليًا، ينبغي للشركات أيضًا تقييم خيارات **نقل** الأصول المعرضة للخطر أو توفير **بدائل** في شبكات التوزيع الخاصة بها. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي لعمليات الصيانة أن تشمل عمليات الفحص الروتينية، على سبيل المثال المسوحات السنوية للحالة والتقييمات بعد الحدث، للكشف عن المشكلات أو نقاط الضعف المحتملة في وقت مبكر.

عندما لا تكون البنية التحتية اللوجستية الحيوية—مثل محطات الموانئ، أو الطرق، أو الجسور—مملوكة للشاحنين أو مقدمي الخدمات اللوجستية، يصبح التعاون النشط مع أصحاب البنية التحتية، والكيانات الحكومية، والجهات الفاعلة في النظام البيئي ضروريًا.

3 المضي قدمًا – ماذا يمكن للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) أن يفعلوا؟

يمكن أن يتخذ هذا التفاعل شكل حوار مباشر، مثل المناقشات الثنائية، أو **العمل الجماعي من خلال الجمعيات الصناعية** و هيئات التجارة. يمكن للشاحنين ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) المساهمة من خلال تبادل البيانات التشغيلية والرؤى المتعلقة بالمخاطر، مما يساعد أصحاب البنية التحتية على فهم نقاط الضعف بشكل أفضل وتعزيز دراسة الجدوى للاستثمارات. حيثما تسمح القدرة على التوسع وحجم النفوذ، يمكنهم أيضًا المشاركة في **شراكات بين القطاعين العام والخاص** لتطوير مشترك للحلول والاستثمار المشترك في تعزيز البنية التحتية المعرضة للمخاطر.

المربع 4. اعتبارات خاصة بالأوضاع في البلدان النامية

غالبًا ما تواجه البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل تعرضًا أكبر للمخاطر المناخية مقارنةً بالبلدان ذات الدخل المرتفع. يتعين على شاحني البضائع العالمية ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) الذين لديهم عمليات في هذه المناطق أن يفهموا هذه الحقائق ويدمجوها في جهود التكيف الخاصة بهم.

أولًا، هذا يعني تكييف استراتيجياتهم مع السياقات المحلية. ويتضمن ذلك فهم نقاط الضعف الإقليمية وإشراك الجهات الفاعلة المحلية—مثل مشغلي النقل الصغار والمنظمات المجتمعية—وخاصةً في الأماكن التي تكون فيها شبكات الخدمات اللوجستية غير الرسمية هي الأساس. ثانيًا، هناك حاجة إلى تبادل المعرفة. ينبغي على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية الذين لديهم عمليات أو شراكات في المناطق النامية أن يعملوا بنشاط على نشر أفضل الممارسات، والأدوات، والبيانات لنظرائهم المحليين. ويمكن أن يشمل ذلك تبادل منهجيات تقييم مخاطر المناخ والتخطيط للطوارئ، على سبيل المثال. ثالثًا، وحيثما أمكن، يجب على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) دعم أو المشاركة في الاستثمار في تطويرات أو تحديثات البنية التحتية المقاومة للمناخ. يمكن أن يساعد التعاون مع بنوك التنمية متعددة الأطراف، والوكالات المانحة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص في تمويل وتنفيذ مشاريع مثل المستودعات المقاومة للتغير المناخي وسلاسل التبريد التي تعمل بالطاقة المتجددة.

الخاتمة

تؤثر المخاطر المناخية - بما في ذلك التغيرات في أنماط الطقس الظواهر المناخية القاسية - على أنظمة الخدمات اللوجستية بعدة طرق. ورغم أن التأثيرات تختلف باختلاف السياق، فإنها تؤثر عادةً على واحد أو أكثر من المكونات الأساسية الثلاثة: البنية الأساسية، والعمليات، والقوى العاملة.

ولكي نتمكن من إدارة المخاطر المرتبطة بمخاطر المناخ بشكل فعّال—والتي تتزايد مع ارتفاع درجة حرارة العالم— فلابد من دمج المرونة في أنظمة الخدمات اللوجستية. تتضمن المرونة المادية تقوية البنية التحتية، وحماية العمليات، والقوى العاملة التي تعتمد عليها. تشير المرونة التشغيلية إلى المهارات الناعمة اللازمة لتوقع المخاطر المناخية والاستجابة لها، والتي تهدف في المقام الأول إلى حماية العمليات والقوى العاملة. إن كلا البُعدين ضروريان، وفي حين أن التكلفة والفائدة للتدابير بعينها قد تتفاوت، فإن الأدلة تشير إلى أن الاستثمارات المستهدفة غالبًا ما تحقق عوائد إيجابية.

يقوم شاحنو البضائع ومقدمو الخدمات اللوجستية (LSPs) بإدارة الأنشطة اللوجستية يوميًا؛ فهم يربطون الشبكات ويدعمون الصناعات والأنظمة التي تدعم مجتمع اليوم. وبالتالي، فإنهما يتأثران بشكل مباشر بالمخاطر ويلعبان دورًا حاسمًا في قيادة التغيير داخل القطاع. مع ذلك، تظل جهود التكيف محدودة في كلتا المجموعتين. وفي حين بدأ بعض شاحني البضائع في تطوير استراتيجيات للتكيف مع المناخ، فإن هذه الاستراتيجيات غالبًا ما تعطي الأولوية للإنتاج، مع إيلاء القليل من الاهتمام للخدمات اللوجستية. فيما يتعلق بمقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs)، تركز الجهود في المقام الأول على التخطيط التقليدي للطوارئ، مع وجود افتقار إلى التفكير التحويلي.

يتعين على شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) تسريع جهود التكيف. يمكن اتخاذ عدة إجراءات مضمونة الفائدة لحماية العمليات اللوجستية، وكذلك البنية التحتية والقوى العاملة التي تدعمها. وتتمحور هذه الإجراءات حول ثلاثة ركائز استراتيجية: أولًا، تقييم المخاطر المناخية عبر سلاسل التوريد وشبكات الخدمات اللوجستية، مع الأخذ في الاعتبار المخاطر، والتعرض، والضعف. ثانياً، تعزيز المرونة التشغيلية الأفضل في فئتها، الأمر الذي يتطلب في المقام الأول قدرات قوية للتخطيط والاستجابة. ثالثًا، تعزيز المرونة المادية، إما من خلال معالجة البنية التحتية المملوكة ذاتيًا بشكل مباشر أو من خلال التعاون مع أصحاب البنية التحتية ومُشغّليها.

في حين أن لدى شاحني البضائع ومقدمي الخدمات اللوجستية (LSPs) مصلحة تجارية في التكيف مع مخاطر المناخ، هناك أيضًا مصلحة مجتمعية أوسع في ضمان بقاء الأنظمة اللوجستية مرنة. تشكل الأنظمة اللوجستية العمود الفقري للتجارة والنشاط الاقتصادي؛ فهي تُمكّن من حركة البضائع التي تُغذّي الأعمال وتُوفّر المنتجات الأساسية للمستهلكين. كما أنها ضرورية للمجتمعات المحلية التي تعتمد سبل عيشها عليها. يمكن أن تؤدي الاضطرابات المتكررة أو الفشل الدائم في الخدمات اللوجستية إلى عواقب وخيمة على المجتمعات المحيطة، حيث يتم فقد الحركة التجارية وانتقال الأنشطة بعيدًا. وعلى هذا النحو، تقع على عاتق المتخصصين في مجال الخدمات اللوجستية مسؤولية إثارة أهمية قضية التكييف مع العملاء، ومقدمي الخدمات اللوجستية، وشركات التأمين، والكيانات الحكومية لقيادة التغيير.

أحد التحديات التي تواجه قطاع الخدمات اللوجستية هو أن التكيف مع المناخ يجب أن يحدث بالتوازي مع إزالة الكربون والتطوير السريع لقدرات جديدة استجابةً لتحولات رئيسية أخرى—مثل عدم الاستقرار الجيوسياسي، والتقنيات الناشئة، والتغيرات الديموغرافية. إن تحقيق التوازن بين هذه المطالب ليس بالأمر السهل، ولكن لا ينبغي النظر إليها باعتبارها أولويات متنافسة. في الواقع، غالبًا ما يعزز التكيف وإزالة الكربون بعضهما البعض، مما يساعد[27] على إنشاء أنظمة لوجستية أكثر كفاءة، ومرونة، وجاهزية للمستقبل.

حان وقت العمل. فتأخير التكييف سيؤدي فقط إلى زيادة المخاطر والتكاليف بالنسبة للشركات، وسلاسل التوريد، والمجتمع ككل.

المصادر

1 Logistics (2025). Wikipedia. متوفر على: https://en.wikipedia.org/wiki/Logistics.

2 Koks, E.E., Rozenberg, J., Zorn, C. et al. (2019). A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets, *Nat Commun*, 10 (2677). DOI: 10.1038/s41467-019-10442-3.

3 Verschuur, J., Koks, E.E., Li, S. et al. (2023). Multi-hazard risk to global port infrastructure and resulting trade and logistics losses, *Commun Earth Environ*, 4 (5). DOI: 10.1038/s43247-022-00656-7.

4 McKinnon, A. (2024). Logistics and climate: an assessment of logistics' multiple roles in the climate crisis, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27 (12). DOI: 10.1080/13675567.2024.2367534.

5 IPCC (2022). Decision-Making Options for Managing Risk. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.026.

6 IPCC (2022). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.001.

7 WEF (2024). *Business on the Edge: Building Industry Resilience to Climate Hazards*. متوفر على: https://www.weforum.org/publications/business-on-the-edge-building-industry-resilience-to-climate-hazards/.

8 Changing Transport (2021). *Resilience on the Slow Lane?*. متوفر على: https://changing-transport.org/transport-resilience-ndcs/.

9 Changing Transport (nd). SLOCAT Findings from the previous rounds of NDCs. In: *NDC Transport Tracker*. متوفر على: https://changing-transport.org/tracker/.

10 Goldstein, A., Turner, W., Gladstone, J. and Hole, D. (2019). The private sector's climate change risk and adaptation blind spots, *Nature Climate Change*, 9. DOI: 10.1038/s41558-018-0340-5.

11 IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.001.

12 Copernicus (2025). The 2024 Annual Climate Summary: Global Climate Highlights 2024. متوفر على: https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024.

13 Barnes, E., Diffenbaugh, N., and Seneviratne, S (2024). Combining climate models and observations to predict the time remaining until regional warming thresholds are reached. *Environmental Research Letters*, 20 (1). DOI: 10.1088/1748-9326/ad91ca.

14 IPCC (2022). Key Risks Across Sectors and Regions. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.025.

المصادر

15 IPCC (2021). Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: .10.1017/9781009157896.013

16 IPCC (2021). Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: .10.1017/9781009157896.014

17 Koks, E. E., van Ginkel, K., van Marle, M., and Lemnitzer, A. (2022). Brief communication: Critical infrastructure impacts of the 2021 mid-July western European flood event, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22 .(12). DOI: 10.5194/nhess-22-3831-2022

18 Hallegatte, S., Jun R., and Julie R. (2019). *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Sustainable Infrastructure Series. Washington, DC: World Bank. DOI: .10.1596/978-1-4648-1430-3

19 LaRocco, L. (2024). 'Panama Canal says shipping rebound is underway after record drought', *CNBC*, 12 November متوفر على: https://www.cnbc.com/2024/11/12/panama-canal-cargo-container-trade-rebound-record-drought.html.

20 McKinsey (2024). *How could Panama Canal restrictions affect supply chains?* متوفر على: https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/how-could-panama-canal-restrictions-affect-supply-chains.

21 UNDP Uganda (2013). *Vulnerability Impact Assessment (VIA) for the Mt Elgon Ecosystem*. متوفر على: https://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/resources/undp_ugandaunepunep-wcmc_2013_uganda_via_report.pdf.

22 Palmer, A. (2021). 'Amazon drivers sought safety at warehouse as tornado hit but found only death and destruction', CNBC, 20 December متوفر على: https://www.cnbc.com/2021/12/20/amazon-warehouse-in-illinois-hit-by-tornado-killing-6.html.

23 Network Rail (nd). *Buckled Rail*. متوفر على: https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/looking-after-the-railway/delays-explained/buckled-rail-and-summer-heat/.

24 Castillo, M. (2024). 'The two-day or less shipping Americans have come to expect faces a climate change threat', CNBC, 24 August. متوفر على: https://www.nbcnews.com/business/economy/two-day-shipping-climate-change-amazon-walmart-rcna168077.

25 BASF (2022). *Celebrating a milestone: Hull of innovative tanker 'Stolt Ludwigshafen' arrives in Rotterdam*. متوفر على: https://www.basf.com/eg/en/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/the-site/news-and-media/news-releases/2022/11/p-22-355.

26 CCNR (2023). *"Act now!" on low water and effects on Rhine navigation*. متوفر على: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/infovoienavigable/Act_now_3_0_en.pdf.

27 McKinnon, A. (2024). *Evaluating the relationships between connectivity, decarbonisation and resilience in freight transport*. متوفر على: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/sipa-methodology-relationships.pdf.

CLIMATE
CENTER

by Kühne Foundation

Kuehne Climate Center
Grosser Grasbrook 17
20457 Hamburg
Germany
climate@kuehne-foundation.org البريد الإلكتروني
https://www.kuehne-stiftung.org/areas/
climate/climate-center