

# معدلات تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>)

تعود الى ما كانت عليه قبل جائحة كورونا  
في مدن الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

كانون الأول/ديسمبر 2021

### **المؤلفون:**

أندريس أنهوسير (منظمة غرينبيس شرق آسيا)  
أيدان فرّوو (منظمة غرينبيس الدوليّة)

### **المساهمون:**

كنزي عزمي  
أحمد الدروبي  
(منظمة غرينبيس الشرق الأوسط وشمال إفريقيا)

### **النشر:**

منظمة غرينبيس الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

### **الاقْتِباس المُقْتَرَح:**

أنهوسير، أ.، فرّوو، أ. المستويات الخطيرة لتلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين NO<sub>2</sub> في مدن كل من الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تعود إلى ما كانت عليه قبل جائحة كوفيد-19، <الشهر> ٢٠٢١.

# جدول المحتويات

4	الرسائل الرئيسيّة
5	المقدمة
6	الوسائل
6	بيانات الأقمار الصناعيّة
6	قيود جائحة كوفيد-19
6	مقارنات بين السنوات
7	ملخص النتائج
10	المغرب
13	تونس
16	مصر
18	الشرق الأوسط
21	لبنان
23	عمّان
25	جدة
26	دبيّ
27	الخلاصة
29	المراجع
31	الملحق التقني
31	فترات الإغلاق والتنفّل
31	القيود الصارمة وعتبة الإغلاق
31	تأثيرات عطل نهاية الأسبوع
31	الآثار المترتبة عن تنقل النّاس
32	الرسوم البيانيّة التكميليّة
32	المغرب
35	تونس
40	مصر
45	لبنان
48	الأردن
50	المملكة العربيّة السعوديّة
52	الإمارات العربيّة المتحدّة

# الرسائل الرئيسية

## الخلفية

- في العام 2019، جاء تلوث الهواء في المركز الرابع كعامل خطر رئيسي في حالات الوفاة المبكرة المسجلة عالمياً، والتي بلغ عددها 6.67 مليون حالة (بحسب معهد الآثار الصحية، عام 2020)، حيث شكّل ارتفاع ضغط الدم، وتعاطي التبغ، وسوء التغذية عوامل الخطر الوحيدة الأكثر أهمية. وقدّرت دراسة حديثة أنّ حالات الوفاة المبكرة الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوريّ وحده بلغت 8.7 مليون وفاة سنوياً (بحسب فوهرا وآخرون، 2021).
- يشكّل ثاني أكسيد النيتروجين ملوثاً ساقماً للهواء ويخلّف آثاراً خطيرة على الصحة ويسبّب الوفاة المبكرة.

• في معظم المدن التي شملتها الدراسة، عاد مستوى ثاني أكسيد النيتروجين ليرتفع إلى ما كان عليه قبل جائحة كوفيد-19 بالمقارنة مع الفترة نفسها من العام 2021.

• شهد 13 من أصل 16 موقعاً انخفاضاً في مستوى ثاني أكسيد النيتروجين في العام 2020 وارتفاعاً في العام 2021.

• لم تُشر عمليات رصد تلوث الهواء بواسطة الأقمار الصناعية إلى أيّ تحسّن في مستويات ثاني أكسيد النيتروجين في مدن الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

## التوصيات

• ثمة حاجة ملحة للحد من تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في المناطق المأهولة، وذلك لحماية صحة الإنسان. ويستوجب ذلك إجراء تعديلاتٍ وتحديد معايير حول انبعاثات جميع الغازات الملوثة، فضلاً عن ضمان امتثال الصناعات الملوثة لها.

• يجب إتاحة بيانات موثوقة وطويلة الأمد من أجهزة رصد تلوث الهواء الأرضية في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وذلك لإدارة تلوث الهواء في المنطقة وتحسين مستوياته.

• تسمح التكنولوجيا النظيفة المتوفرة اليوم بالاستغناء عن عملية حرق الوقود الملوّث كالفحم والنفط والغاز. وتسجّل كلفتها انخفاضاً مستمراً. فإنّ كلفة توليد الطاقة المتجددة على نطاق المرافق قد انخفضت بشكل هائل في خلال العقد الماضي (انخفاض تكلفة طاقة الرياح بنسبة 50%، وتركيز الطاقة الشمسية بنسبة 68% والطاقة الكهربيّة الضوئية بنسبة 85%)، حيث أصبحت كلفة بناء مرافق طاقة الرياح والطاقة الشمسية الجديدة تقلّ عن كلفة التشغيل المستمر للعديد من محطات الطاقة القائمة والتي تعمل بواسطة الفحم. هذا وغالباً ما تقلّ كلفة تطوير مصادر الطاقة المتجددة، كطاقة الرياح والطاقة الشمسية، عن كلفة إنشاء محطات طاقة جديدة تعمل بواسطة الوقود الأحفوريّ (بحسب الوكالة الدوليّة للطاقة المتجددة، 2021). إلّا أنّ منافع كلفة الطاقة المتجددة تبقى أكبر بكثير عند أخذ تضرر العوامل الخارجية باحتراق الوقود الأحفوريّ بعين الاعتبار، كأمد حياة أقصر والتأثير السلبي على الصحة (لييلفيلد وآخرون، 2019 ومارريس وآخرون، 2019 وفاروو وآخرون، 2020). وغالباً ما يتمّ التعاضد عن هذه التكاليف لأنها لا تُدفع من قبل مشغلي محطة الطاقة، بل من قبل المجتمع ككل.

• يفرض تأثير تلوث الهواء على الصحة تكاليف إقتصادية باهظة على المجتمع. فتلوث الهواء الناجم عن احتراق الوقود الأحفوريّ وحده يسبّب بخسارات سنوية تُقدّر 6.9 مليون دولار أمريكي (108 مليار جنيه مصريّ) في مصر (فاروو وآخرون، 2020).

• قامت منظمة الصحة العالمية (WHO) بتعزيز المبادئ التوجيهية بشأن جودة الهواء في العام 2021، مشيرة إلى الأدلة المتزايدة التي تثبت عدم وجود مستوى آمن محدّد للتعرض لتلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين. وبالرغم من أنّ دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا قد حدّدت مبادئ توجيهية وطنية، إلّا أنّ كلّ منها يبقى أقلّ صرامة من مبادئ منظمة الصحة العالمية بشأن جودة الهواء.

• تعتبر الأنشطة البشرية، بما في ذلك الصناعة وحركة السير البرية والبحرية ومحطات الطاقة الحرارية (التي تعمل بواسطة الوقود مثل الفحم أو النفط أو الغاز) والتدفئة المنزلية، مصدر انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين. ولحماية صحتنا، ينبغي الحدّ من انبعاثات الغازات الملوّثة من هذه الصناعات.

## النتائج

• كشفت عمليات الرصد بواسطة الأقمار الصناعية مواقع تركّز التلوث بثاني أكسيد النيتروجين في المدن والمنشآت الصناعية الواقعة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ويعود هذا التلوث إلى النشاط البشري.

• سجّل مستوى تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في جميع المدن التي شملتها الدراسة باستثناء مدينة واحدة، انخفاضاً كبيراً في خلال فترات الإقفال التام في العام 2020.

# المقدمة



**أدت الاستجابة المبكرة لجائحة كوفيد-19 إلى انخفاض هائل في تركيزات ملوثات الهواء في العديد من المواقع حول العالم (مثلًا: شي وأخرون، ٢٠٢١ وهو وآخرون، ٢٠٢١ وبيلوكوني وآخرون، ٢٠٢١). ويبحث هذا التقرير في بيانات تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين الصادرة عن عمليات الرصد بواسطة الأقمار الصناعية في مناطق واقعة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وذلك في خلال جائحة كوفيد-19.**

ويُعتبر تأثير تلوث الهواء على الصحة شديدًا للغاية. فبحسب دراسة سابقة نشرتها منظمة غرينبيس في جنوب شرق آسيا، يؤدي تلوث الهواء الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري، لا سيّما الفحم والنفط والغاز، إلى حوالي ٤,٥ مليون حالة وفاة كل عام في جميع أنحاء العالم وإلى أكثر من ٥٠,٠٠٠ حالة وفاة سنويًا في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (فاروو وآخرون، عام ٢٠٢٠).

وغالبًا ما يؤدي توليد الطاقة والنقل والعمليات الصناعية إلى إنتاج ملوثات الهواء، لا سيّما عندما تتضمن هذه الأنشطة حرقًا للوقود الأحفوري. ومن القواسم المشتركة مع معظم مناطق العالم اعتماد الاقتصادات في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل كبير على حرق الوقود الأحفوري، ما يعني أن فرض القيود للحدّ من انتشار جائحة كوفيد-19 ساهم في خفض كمية الوقود المستهلك وبعض الانبعاثات الملوثة.

أما في مرحلة ما بعد القيود الصارمة المفروضة على الحياة العامة في ربيع وصيف العام ٢٠٢٠، استعاد الاقتصاد عافيته أو عاود نشاطه بشكل سريع في العديد من البلدان. ويعود ذلك غالبًا إلى دعم الحكومات، حيث قامت لجنة جدولة الأسعار التابعة للحكومة المصرية على سبيل المثال بخفض سعر الغاز الأحفوري للصناعات وسعر الكهرباء للصناعات الثقيلة (كصناعة الصلب) خلال الجائحة في محاولة للحدّ من الخسائر الاقتصادية (بحسب جريدة الأهرام أونلاين، ٢٠٢٠). وفي هذه الحالات، أي الحالات التي لا يزال يعتمد الاقتصاد فيها على الوقود الأحفوري، تؤدي استعادة النشاط الاقتصادي إلى زيادة في مستويات انبعاث ملوثات الهواء الخطرة، على غرار ثاني أكسيد النيتروجين، مقارنة بما كانت عليه أثناء فترة الإقفال التام.

وتقترح الأبحاث إمكانية تحقيق فوائد صحيّة هائلة في حال المحافظة على انخفاض مستوى التلوث الذي سُجل في خلال العام ٢٠٢٠ على الأمد الطويل، وذلك بعد التخفيف من حدّة القيود الحكوميّة (مثلًا: ميليفيرتا وثيربوت، ٢٠٢٠). ولعلّ عمليّة التحوّل إلى مصادر طاقة نظيفة، كطاقة الرياح والطاقة الشمسيّة، ووسائل النقل النظيفة والمستدامة، يجب أن تقع في صلب جهود التعافي المستمرة. كذلك، لا يجوز أن تؤثر جهود التعافي من الجائحة على جودة الهواء الذي نتنفسه، فأمام الحكومات اليوم فرصة لاعتماد مسارٍ نظيفٍ وصحّي نحو المستقبل عبر اختيار استحداث فرص عمل وتعزيز النشاط الاقتصادي في قطاعات الطاقة المستدامة، كطاقة الرياح والطاقة الشمسيّة، وذلك من خلال تحسين النقل والبنية التحتية لأنظمة النقل العام، بغية جعل وسائل النقل هذه آمنة جذابة للجميع، وتحفيز استخدام الكهرباء في عمليات النقل الفرديّة.

# الوسائل

السطح، وبخاصة عند قياس المعدل على فترات زمنية أطول. وإن الكمية المبيّنة في هذه الدراسة هي الكمية المرصودة فوق دائرة بقطر 10 كلم حول كل موقع شملته الدراسة. ويتأثر تلوث الهواء بشكل كبير بالأحوال الجوية. لذلك، يتم حساب متوسط البيانات لفترات زمنية لا تقل عن 11 أسبوعًا ومقارنتها بالفترة نفسها في مختلف سنوات التقييم (الجدول <فترات-الدراسة>). وإن معدل متوسط البيانات هذا يبيّن فترة القيود الأكثر حدّة خلال جائحة كوفيد-19- لكل منطقة وما إذا كان التغيير القابل للقياس في كمية ثاني أكسيد النيتروجين يتزامن مع بداية فرض قيود كوفيد-19- كما هو موضح أدناه.

## قيود جائحة كوفيد-19

تأثرت منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا كمعظم بلدان العالم بجائحة كوفيد-19- المستمرة. ويختلف توقيت وحدّة القيود التي فرضتها الحكومات بين منطقة وأخرى. لقد استعنا بمقاييس موضوعي لتحديد بداية ومدة الفترة الأولية للقيود الصارمة المفروضة على الحياة العامّة («الإقفال التام») في كل من البلدان المشمولة في الدراسة في ربيع وصيف العام 2020. ويبرز ذلك في الملحق التقني (قسم «فترات الإقفال التام والتنقل»). ويعرض الجدول <الفترات الدراسية> لمحة عامّة عن هذه الفترات في كل بلد من البلدان. وشهدت بعض البلدان فترات إقفال تام لاحقة في العام 2020 أو 2021، ولكن انخفاض نسبة تنقل الأشخاص كانت الأبرز خلال الفترات المذكورة في الجدول <فترات-الدراسة>. وتمّ تقريب جميع الفترات (تنازليًا) لضعف 7 أيام بغية التخلص من تأثيرات نهاية الأسبوع في المقارنات القائمة على أساس سنوي.

تمّ تحليل بيانات الأقمار الصناعية لثاني أكسيد النيتروجين الملوث للهواء في 16 موقعًا، فوق سبعة بلدان في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وهي: فاس، الرباط، والدار البيضاء في المغرب؛ وسوسة و صفاقس وقابس في تونس؛ والقاهرة والإسكندرية ودمياط في مصر؛ وبيروت في لبنان؛ وعمان في الأردن؛ وجدة في المملكة العربية السعودية؛ ودبي في الإمارات العربية المتحدة. تُضاف إلى هذه المدن المواقع الصناعية التابعة لشركة الإسمنت بقابس في تونس ومعامل التربة في شكا في لبنان وميناء دمياط في مصر. هذا وسيتمّ عرض النتائج الخاصة بمدينة تونس، عاصمة الجمهورية التونسية، لوجود خلل في بيانات الأقمار الصناعية للعام 2019.

## بيانات الأقمار الصناعية

تمّ تسجيل بيانات الأقمار الصناعية لثاني أكسيد النيتروجين الواردة في هذه الدراسة بواسطة «تروبومي» وهو جهاز استشعار يقيس تلوث الهواء على متن القمر الصناعي «سنينل-5 بي» (كوبيرنيكوس، 2018). ويستخدم جهاز الاستشعار هذا منذ شهر شباط/فبراير من العام 2018. وبعكس أجهزة الاستشعار الأرضية، لا يقيس جهاز الاستشعار تروبومي التركيز القريب من السطح، بل كميته في الجو، أي يقيس كمية ثاني أكسيد النيتروجين في سماكة الغلاف الجوي السفلي بأكمله (وصولًا إلى حوالي 10 كلم فوق سطح الأرض). وعلى الرغم من أن بيانات الأقمار الصناعية وحدها لا تكفي لتحديد تركيزات التلوث الفعلية الموجودة بالقرب من سطح الأرض، إلا أنّها بديل معقول لرصد تلوث الهواء القريب من السطح (لامسال وآخرون، 2008، وسيلتريش، 2014). ومن المرجح أنّ تتوافق التغيرات النسبية في الكمية التي يقيسها القمر الصناعي في الجو، مع تغييرات مماثلة في التركيزات القريبة من

**الجدول 1:** يرد في هذا التقرير فترات الدراسة للبلدان. ويتمّ اختيار الفترات العائدة للبلدان ذات القيود الحكومية الأكثر صرامة فيما يتعلّق بجائحة كوفيد-19 في ربيع وصيف العام 2020. انظر إلى الملحق التقني للحصول على المزيد من التفاصيل.

البلد	فترة الدراسة		
	البداية	النهاية	الفترة الزمنية
المغرب	20 آذار / مارس	4 حزيران / يونيو	11 أسبوعًا
تونس	20 آذار / مارس	4 حزيران / يونيو	11 أسبوعًا
مصر	25 آذار / مارس	30 حزيران / يونيو	14 أسبوعًا
لبنان	18 آذار / مارس	14 تموز / يوليو	17 أسبوعًا
الأردن	18 آذار / مارس	2 حزيران / يونيو	11 أسبوعًا

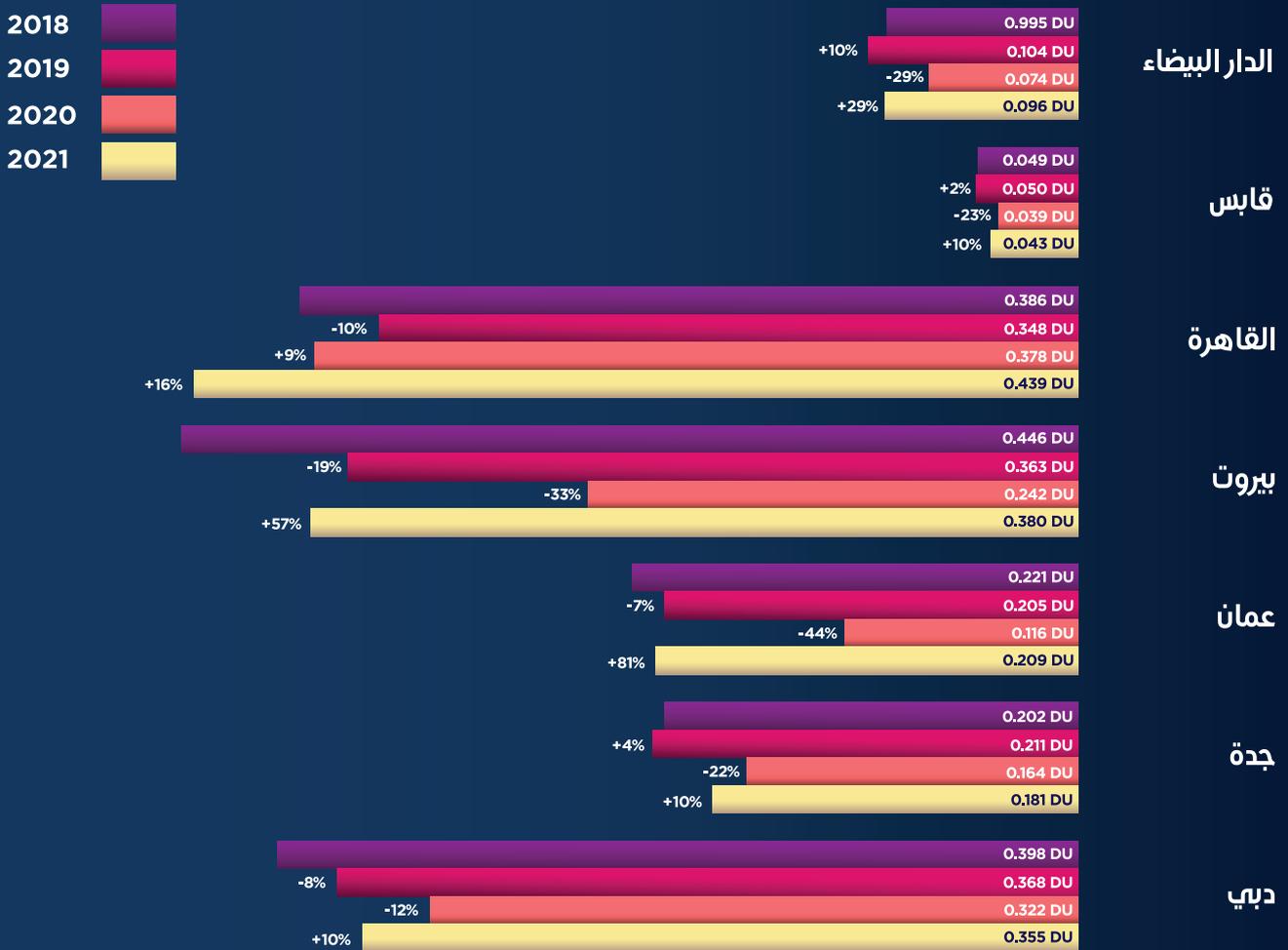
## مقارنات بين السنوات

تمّ عرض بيانات معدل الفترات الموصوفة في الجدول 1 والإبلاغ عن الاختلافات في التلوث بين هذه الفترات في العامين 2020 و2021. ويتمّ الإبلاغ عن التغييرات في كل سنة في الفترة نفسها من العام السابق.

# ملخص النتائج

عرض الرسم البياني 1 لمحة عامّة عن كمّيات ثاني أكسيد النيتروجين المرصودة في سبع مدن في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا خلال فترة الدراسة، وشهدت جميع المدن باستثناء مدينة القاهرة انخفاضًا لا يُستهان به في مستويات ثاني أكسيد النيتروجين خلال فترات الإقفال التام الأولى في العام 2020 وارتفاعًا في العام 2021، مقارنةً بمستويات التلوث المسجلة قبل الجائحة.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين: التغيرات السنوية



وحدة دونسون- DU  
المصدر: قياسات فضائية لكمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو من نروبومي  
المعدل المسجل في دائرة بمحيط 10 كلم حول الموقع

**الرسم البياني 1:** كمّية ثاني أكسيد النيتروجين خلال فترات الدراسة في دائرةٍ بقطر 10 كلم حول سبع مدن عبر الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. تمّ اختيار مدينةٍ واحدة من كلّ دولةٍ مشمولة في الدراسة، وعرض التغيرات الحاصلة في السنة السابقة. وبالتالي، إنّ الانخفاض بنسبة X-%، تليه زيادةٌ بالنسبة نفسها (X-%) (مقارنةً بالقيمة المنخفضة) لا يسمح بتحديد القيمة الأولى. ولهذا السبب، تختلف النسب بين مدينة بيروت وعمّان في العامين 2020 و2021، على الرغم من التشابه بين القيمة المسجلة في العام 2021 والعام 2019.

# المربع ا: قياس الكميّة الموجودة في الجو ووحدة قياس دبسون (DU)

إنّ الكميّة الموجودة في الجو هي ما يتمّ قياسه عبر أجهزة الأقمار الصناعيّة لرصد تلوث الهواء. فتشير هذه الأخيرة إلى كميّة الملوثات الموجودة في الهواء والتي تتركز بين سطح الأرض والفضاء فوق منطقة معينة. ويمكن استخدام قياس الكميّة الموجودة في الجو كبديل لعملية رصد تركيز الملوثات بالقرب من السطح، مع العلم أنّ هذه الأخيرة مختلفة. فمثلاً، في حال وجود حالة طفيفة من الخلط العاموديّ في الجو، يبقى بذلك كلّ التلوث المنبعث بجوار مستوى السطح داخل طبقة رقيقة قريبة من السطح. وفي هذه الحالة، قد يكون التركيز الموجود في هذه الطبقة الرقيقة مرتفعاً جداً، فيما يقيسه القمر الصناعيّ على أنّه منخفض (وذلك يعود إلى نفاثة الغلاف الجويّ الواقع فوق هذه الطبقة).

تُقاس الكميّة الموجودة في الجو باستخدام وحدة قياس دبسون أو المليغرام لكلّ متر مربع.

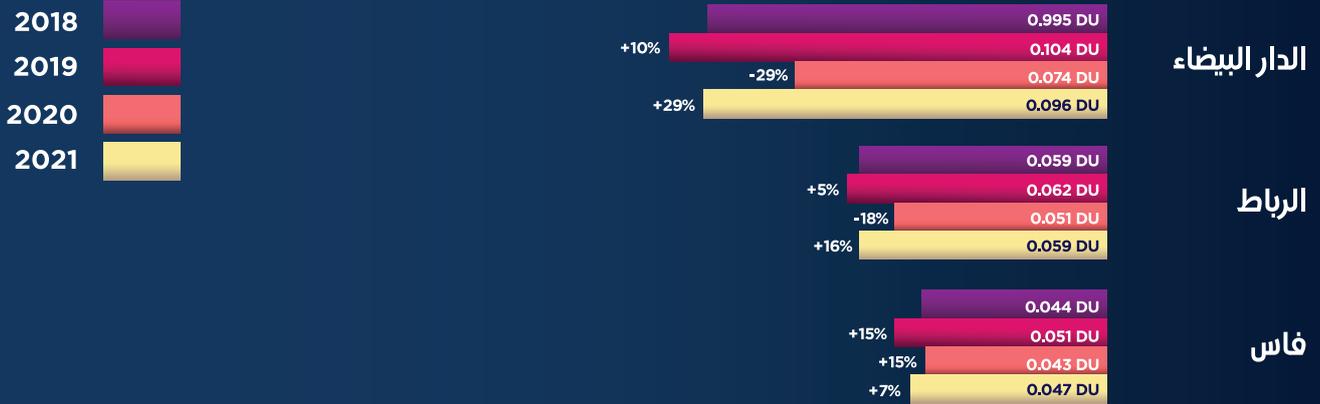


# المغرب

يظهر الرسم البياني 3 كمّية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو في شمال المغرب ويبرز موقع تركيز هذا التلوث. وعند الانتقال إلى الجنوب الغربي للدار البيضاء، يمكن تمييز التلوث الناجم عن المحطة الحرارية للجرف الأصفر كموقع تركيز للتلوث مقارنة بالرباط وفاس. أمّا داخل مدينة مضيق جبل طارق وحولها، فيتأثر بانبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين الملوثة الناتجة عن حركة السفن القائمة بين الغرب والشرق.

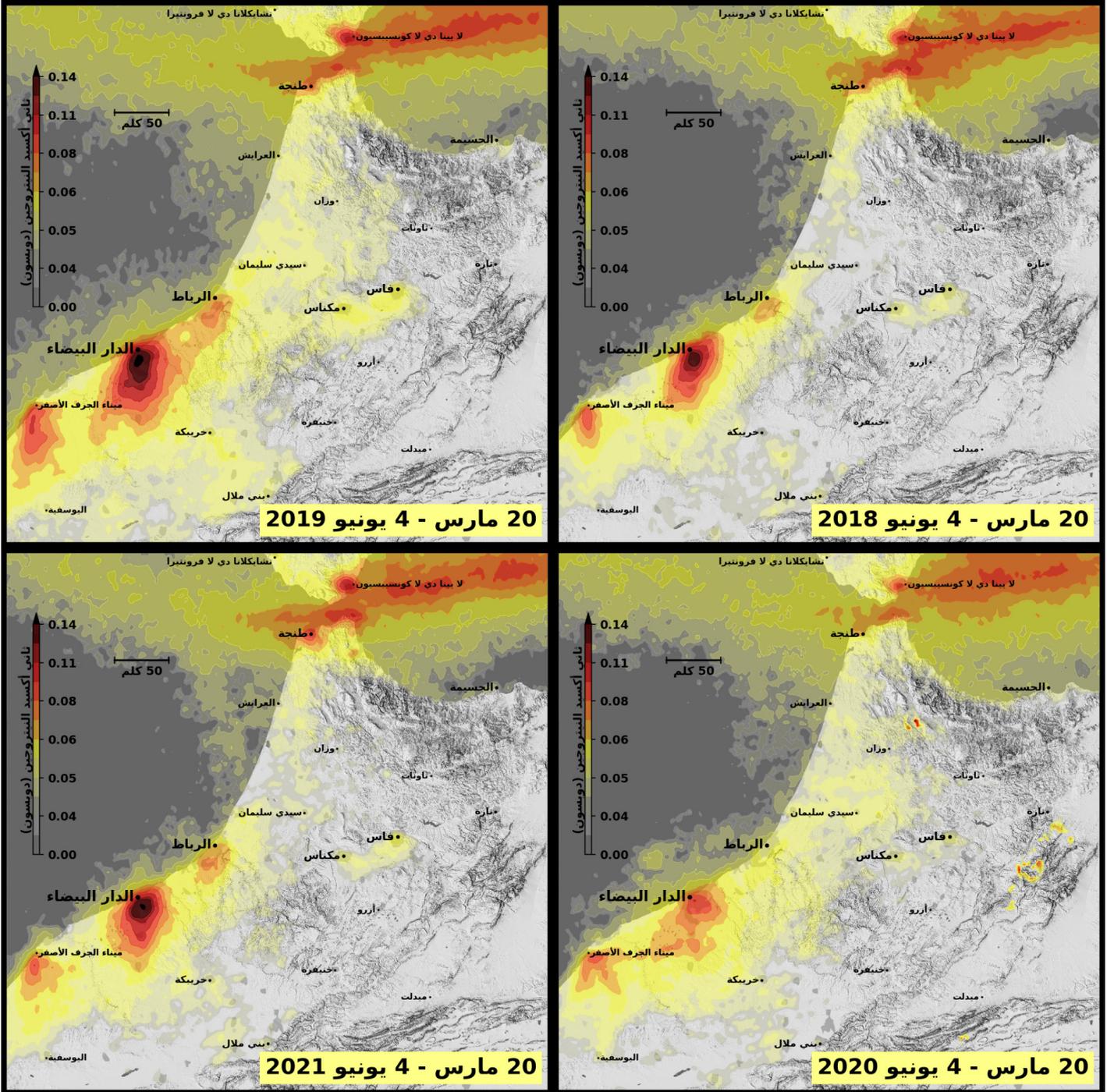
تقع الدار البيضاء في لائحة المدن المشمولة بالدراسة، وتبيّن أنّها المدينة الأكثر تلوثاً بـ NO<sub>2</sub> في المغرب بعد قياس التلوث فيه من الفضاء خلال فترة الدراسة (الرسم البياني 2). وخلال فترة الإقفال التام الأولى التي بلغت مدتها 11 أسبوعاً، فامتدت من 20 آذار إلى 4 حزيران، إنخفض التلوث الملحوظ بـ NO<sub>2</sub> في الجو بنسبة 29% في مدينة الدار البيضاء، مقارنةً بالعام السابق. أمّا في الفترة نفسها من العام 2021، فكان مستوى تلوث الهواء أعلى بنسبة 29%. وتشهد كل من مدينة فاس والرباط تغييرات مشابهة في مستويات تلوث NO<sub>2</sub>، فقد سجل انخفاضاً عام 2020 وارتفاعاً عام 2021، إلا أنّ الشذوذ الملحوظ عام 2020 فيهما يبرز أكثر من مدينة الدار البيضاء. ويشير هذا إلى انبعاث نسبة أقل من NO<sub>2</sub> في هاتين المدينتين اللتين خضعت قطاعاتهما لقيود صارمة خلال الوباء.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين: التغيرات السنوية



وحدة دوينسون-DU  
المصدر: قياسات فضائية لكمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو من نروبومي  
المعدل المسجل في دائرة بمحيط 10 كلم حول الموقع

الرسم البياني 2: كمّية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو خلال فترة الدراسة في دائرة بقطر 10 كلم حول الموقع.



الرسم البياني 3: كمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2021.



# تونس

## المدن

اللازمة، لا يمكن التأكد ممّ إذا كانت هذه التغيرات تعود إلى تغيّر مستوى الإنبعاثات من مصنع الإسمنت أو بفعل تأثير المدينة المجاورة. ويوضح الرسم البياني 5 تلوّث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين حول مدينة قابس خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2021. ولوحظ انخفاض واضح في مستوى التلوّث في المدينة ومحيط أعمال الأسمنت في العام 2020. ومع ذلك، فإن الاستبانة المكانيّة لبيانات الأقمار الصناعية لا تكفي للتأكد من وجود اختلافات واضحة في مستويات ثاني أكسيد النيتروجين بين مصنع الإسمنت والمناطق المأهولة في المدينة.

انخفض تلوّث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين مدينة سوسة التونسية خلال فترة الدراسة في العام 2020 بنسبة 11% (الرسم البياني 4). وتمّ تسجيل انخفاض أكبر في مدينة صفاقس (-14%) ومدينة قابس (-23%). وعادت مستويات ثاني أكسيد النيتروجين لترتفع في العام 2021 بنسبة 9% في مدينة سوسة و10% في مدينة قابس. في المقابل، سجّلت مدينة صفاقس مزيدًا من الانخفاض في مستويات ثاني أكسيد النيتروجين، بنسبة 6% إضافيّة في العام 2021. هذا وسيتعدّر تقديم النتائج الخاصة بالعاصمة تونس بسبب وجود نقص في بيانات الأقمار الصناعية للعام 2019.

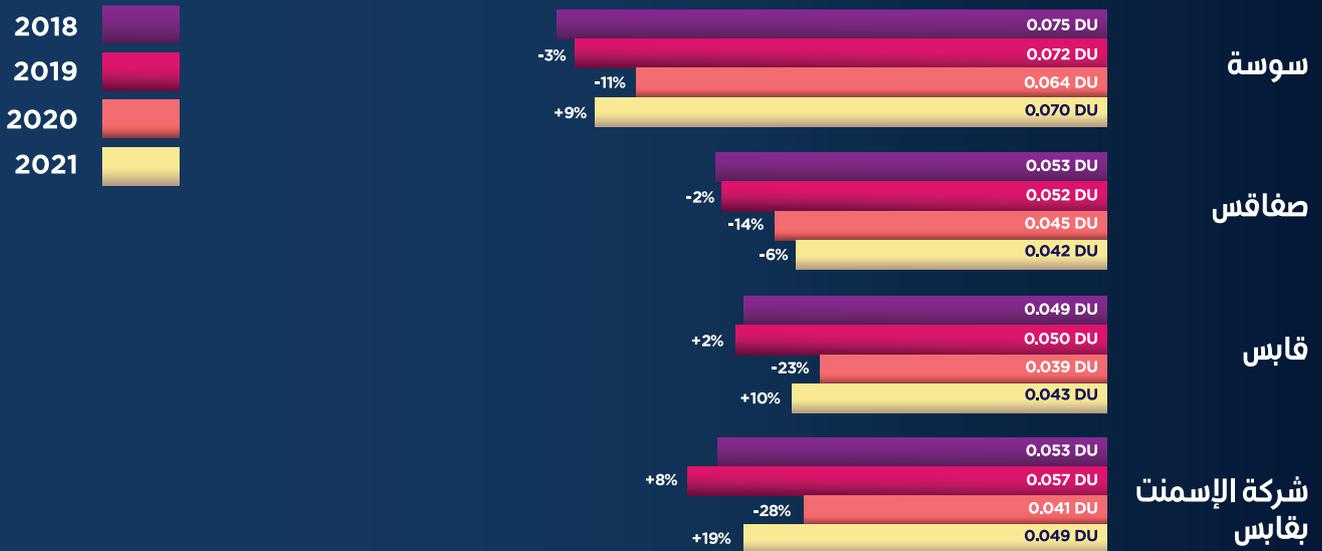
## تركّز التلوّث في البحر بالقرب من مدينة قابس

يمكن ملاحظة مستويات عالية من التلوّث بثاني أكسيد النيتروجين فوق خليج قابس، وهي منطقة تضمّ حقول نفط بحرية (بيفينغتن-بينايا وآخرون، 2008، وصحيفة شمال إفريقيا، 2012، ليون 2014) وتفاقم هذا المعدّل بعشرات الملايين من الأمتار المكعبة سنويًا (أرصاد سكاى تروث، 2021). ويمكن ملاحظة تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في سنوات الدراسة الأربعة، أي من العام 2018 حتى 2021.

## أعمال الإسمنت في غربي قابس

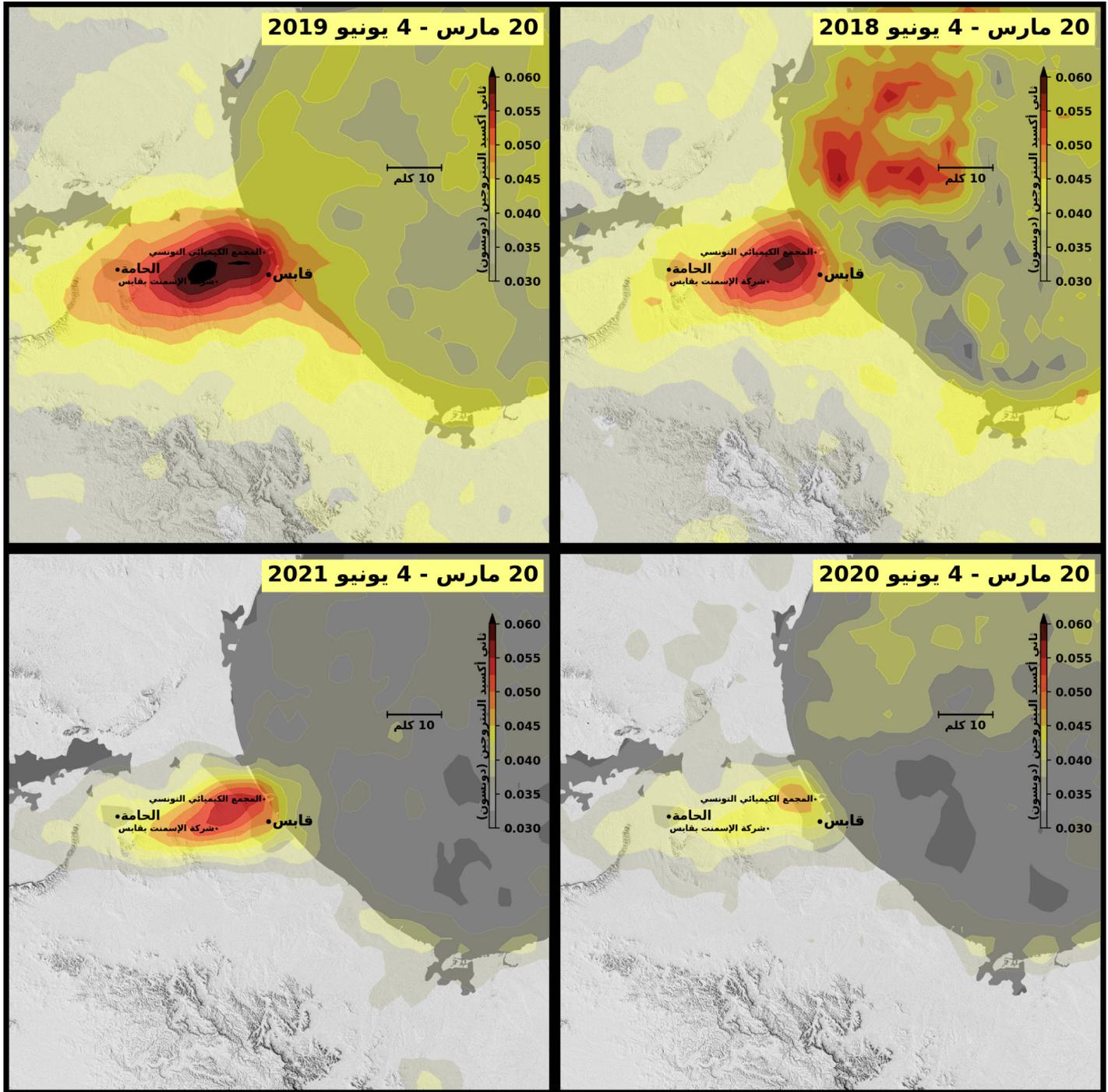
في دائرة بقطر 5 كلم حول مصنع الإسمنت بقابس، اتبعت التغييرات المسجلة في مستويات ثاني أكسيد النيتروجين النمط المسجّل في مدينة قابس المجاورة. إلّا أنّ الانخفاض البالغ (-28%) في العام 2020 والزيادة البالغة (+19%) في العام 2021 كانا أعلى مستوى في الدائرة المذكورة. وبدون إجراء التحقيقات

## تلوّث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين: التغيرات السنوية



وحدة دونيسون-DU  
المصدر: قياسات فضائية لكمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو من نروبومي  
المعدل المسجل في دائرة بمحيط 10 كلم حول الموقع

**الرسم البياني 4:** كمّيّة ثاني أكسيد النيتروجين في الجو خلال فترة الدراسة في دائرة بقطر 10 كلم حول ثلاث مدن تونسيّة. وللمقارنة بين المناطق السكنية والصناعية، ويظهر الرسم أيضًا مصنع الإسمنت الواقع على بعد 10 كلم غرب وسط مدينة قابس. ويتمّ حساب معدّل كمّيّة ثاني أكسيد النيتروجين في دائرة بقطر 5 كلم حول مصنع الإسمنت، في محاولة لرصد التغيرات المحليّة في جودة الهواء حول المصنع.



الرسم البياني 5: كمّيّة ثاني أكسيد النيتروجين في الجو حول مدينة قابس (في تونس) خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و 2021.

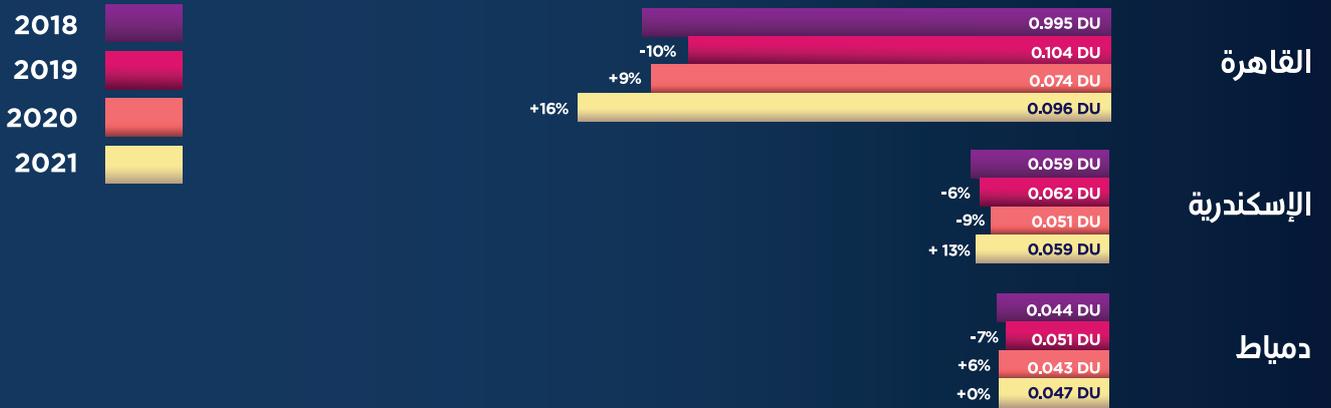


# مصر

يظهر الرسم البياني 7 تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين حول مدينة القاهرة ودلتا النيل خلال فترة الدراسة الممتدة بين العامين 2018 و2021. ويؤثر تركيز التلوث في مدينة القاهرة على المنطقة بأكملها، حيث من المحتمل أن يؤثر تركيز التلوث بثاني أكسيد النيتروجين في مدينة القاهرة إلى حد ما على جودة الهواء المحلي في مدينتي الإسكندرية ودمياط.

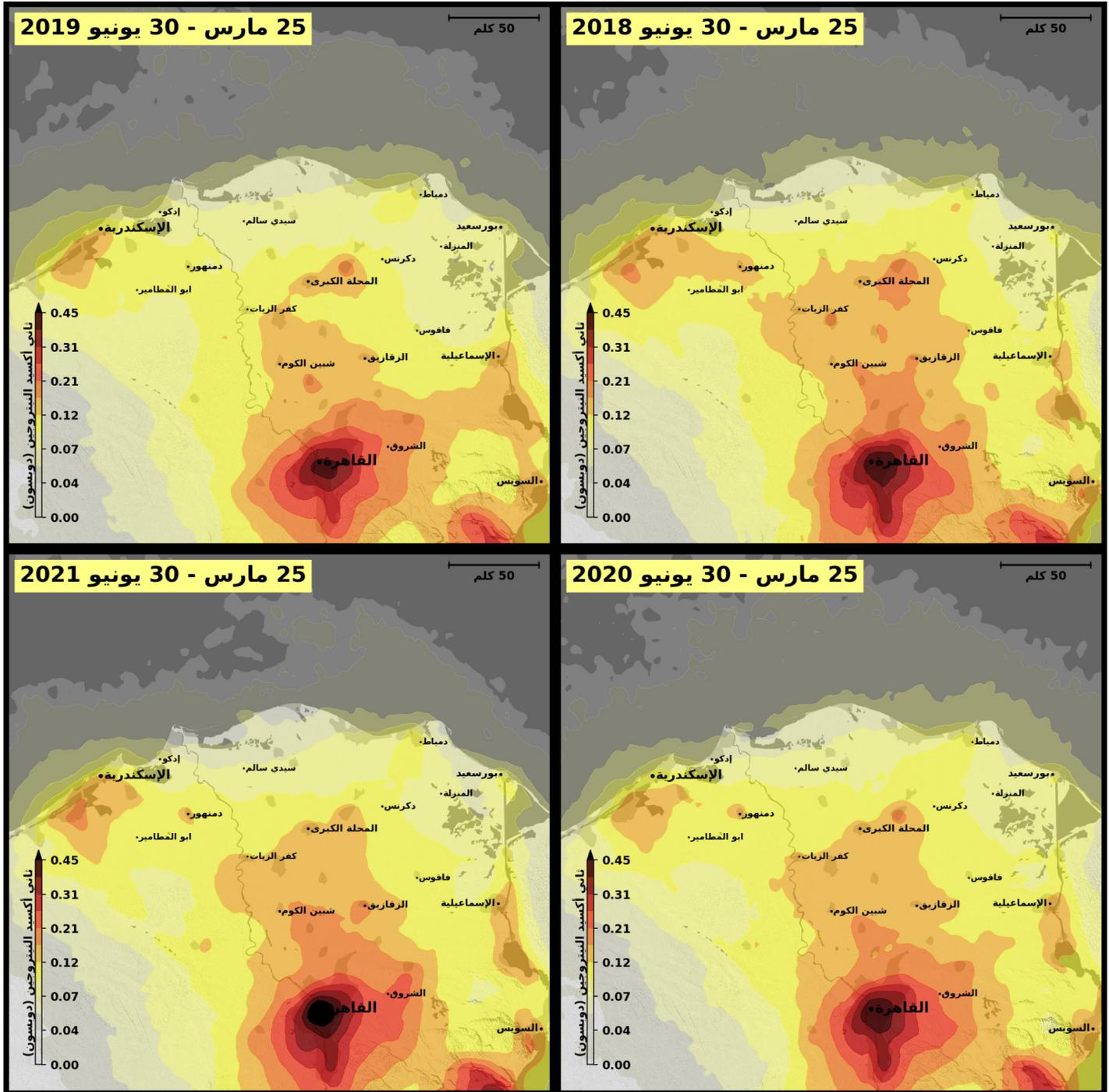
لم يلحظ مستوى تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين خلال الإقفال التام في العام 2020 أي انخفاض في مدينتي القاهرة ودمياط المصريتين (الرسم البياني 6)، بل ارتفع هذا المستوى بنسبة 9% في مدينة القاهرة وبنسبة 6% في مدينة دمياط خلال فترة الدراسة في العام 2020 مقارنة بالعام 2019. أما في العام 2021، فسجل مستوى تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين ارتفاعًا إضافيًا حتى بلغ أعلى مستوياته، بينما بقي هذا المستوى على حاله تقريبًا في مدينة دمياط من العام 2020 إلى 2021. وشهدت مدينة الإسكندرية انخفاضًا بنسبة 9% في العام 2020، تلتها زيادة بنسبة 13% في العام 2021.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين: التغيرات السنوية



وحدة دونيسون-DU  
المصدر: قياسات فضائية لكمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو من نروبومي  
المعدل المسجل في دائرة بمحيط 10 كلم حول الموقع

**الرسم البياني 6:** كمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو خلال فترة الدراسة في دائرة بقطر 10 كلم حول ثلاث مدن مصرية، وتظهر المواقع في الرسم البياني 7، حيث تقع مدينة دمياط في شمال شرق الخريطة على الساحل.



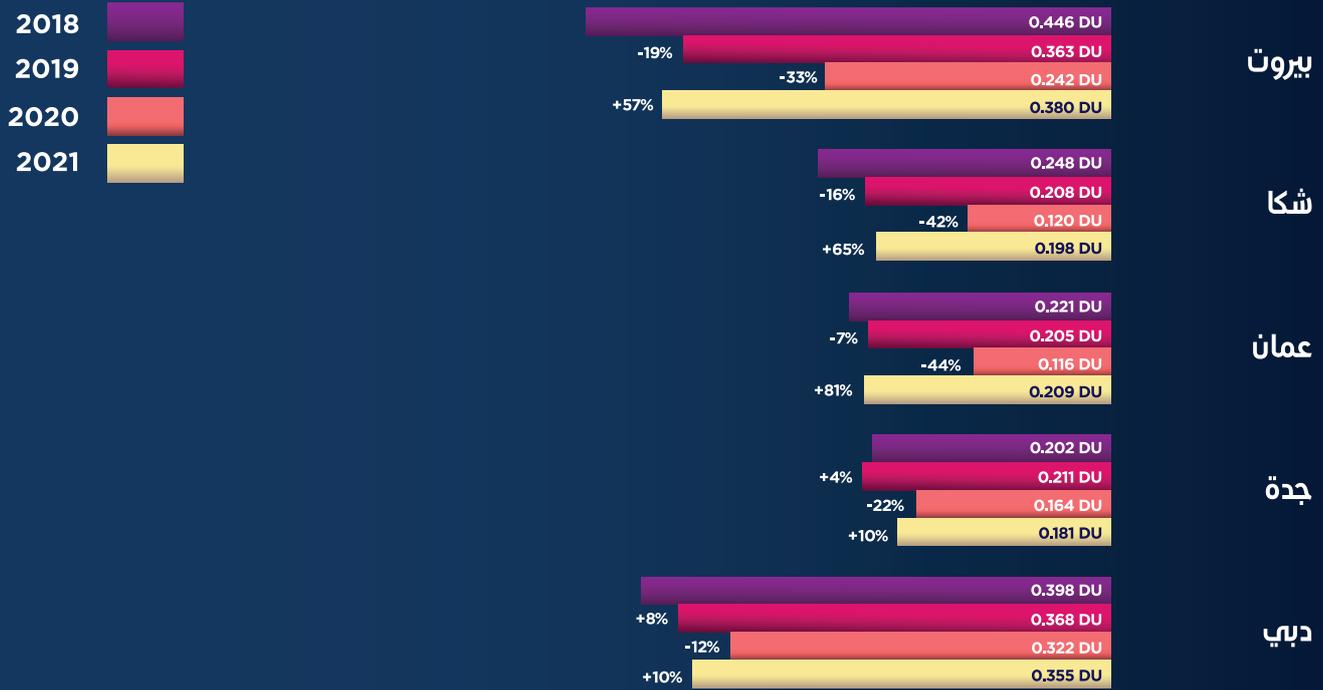
الرسم البياني 7: كمّية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو حول مدينة القاهرة ودلتا النيل في خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2020.

# الشرق الأوسط

يظهر الرسم البياني 9 خريطةً لشبه الجزيرة العربيّة تبين تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في خلال فترة الدراسة في العام 2018 على سبيل المثال. وتبرز المناطق ذات الكثافة السكانية العالية والنشاط الصناعي الكثيف كمواقع تركيز للتلوث بثاني أكسيد النيتروجين.

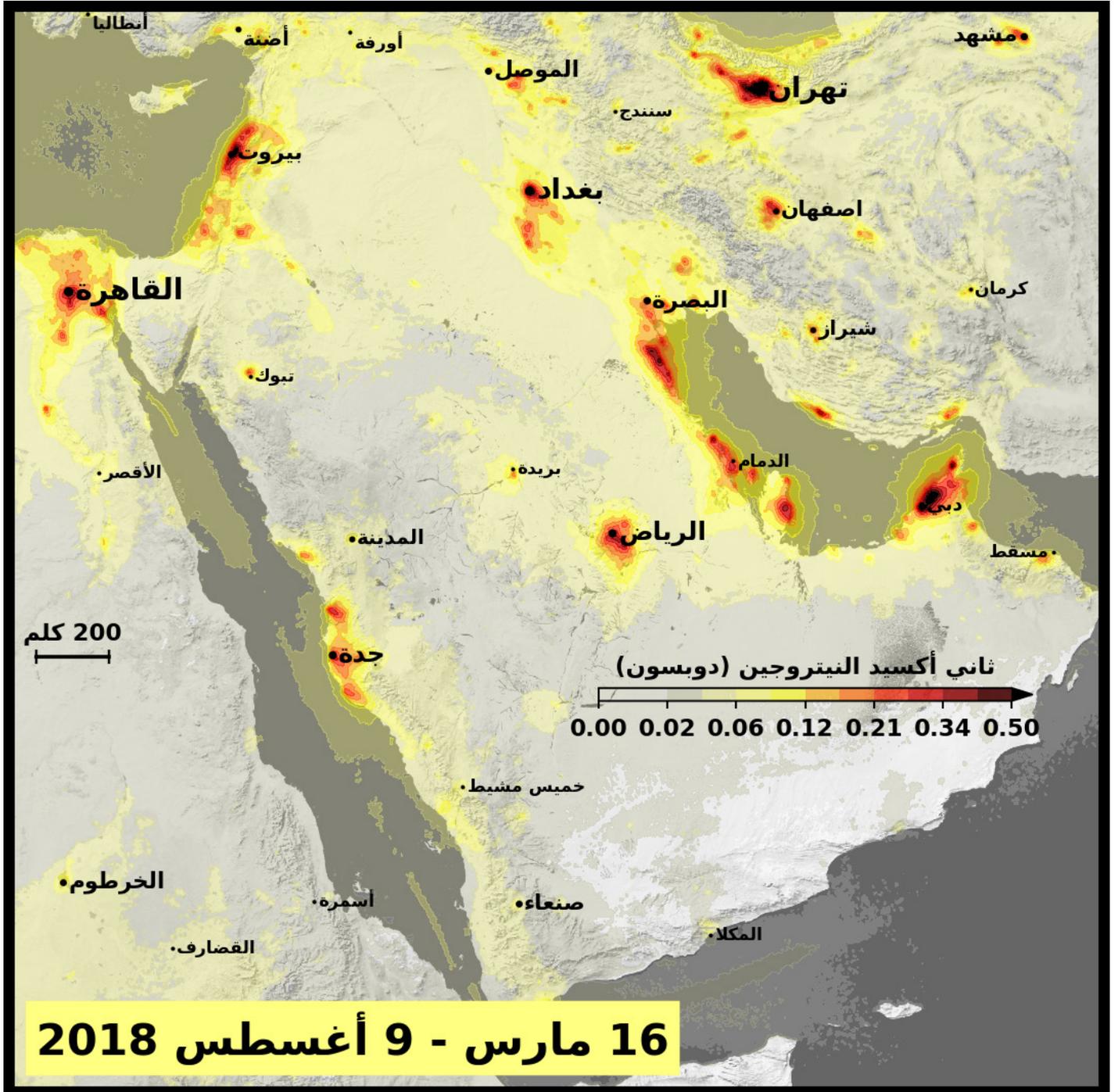
في المواقع المشمولة في الدراسة في منطقة الشرق الأوسط، سجّل مستوى تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في خلال فترة الدراسة في العام 2020، وذلك في كل من المدن الخمس التي شملتها الدراسة (الرسم البياني 8). ولوحظ انخفاض هائل في العاصمة بيروت (-33%) ومدينة شكّا الساطيّة (-42%)، وفي العاصمة الأردنيّة عمّان (-44%)، فيما بلغ هذا الانخفاض 22% في جدّة (المملكة العربيّة السعوديّة) و12% في دبي في العام 2020. أمّا في العام 2021، عاد تلوث الهواء في هذه المدن الخمس إلى مستويات تقارب تلك المسجّلة في العام 2019.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين: التغيرات السنوية



وحدة دونيسون- DU  
المصدر: قياسات فضائية لكمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو من نروبومي المعدل المسجل في دائرة بمحيط 10 كلم حول الموقع

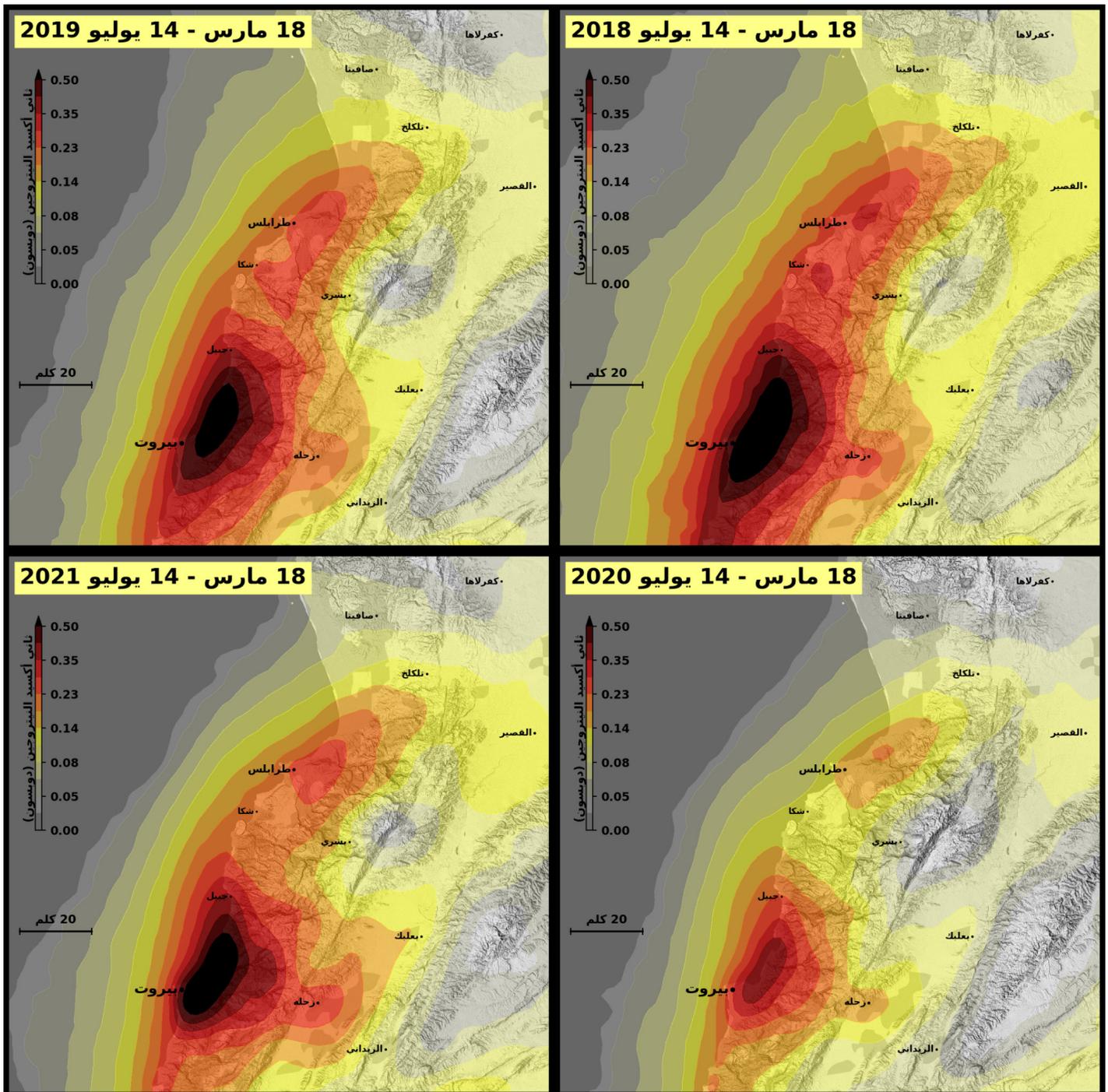
الرسم البياني 8: كمّيّة ثاني أكسيد النيتروجين في الجو خلال فترة الدراسة في دائرة بقطر 10 كلم، في خمس مدن في الشرق الأوسط.



الرسم البياني 9: كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود من الجو فوق منطقة الشرق الأوسط خلال فترة الدراسة في العام 2018



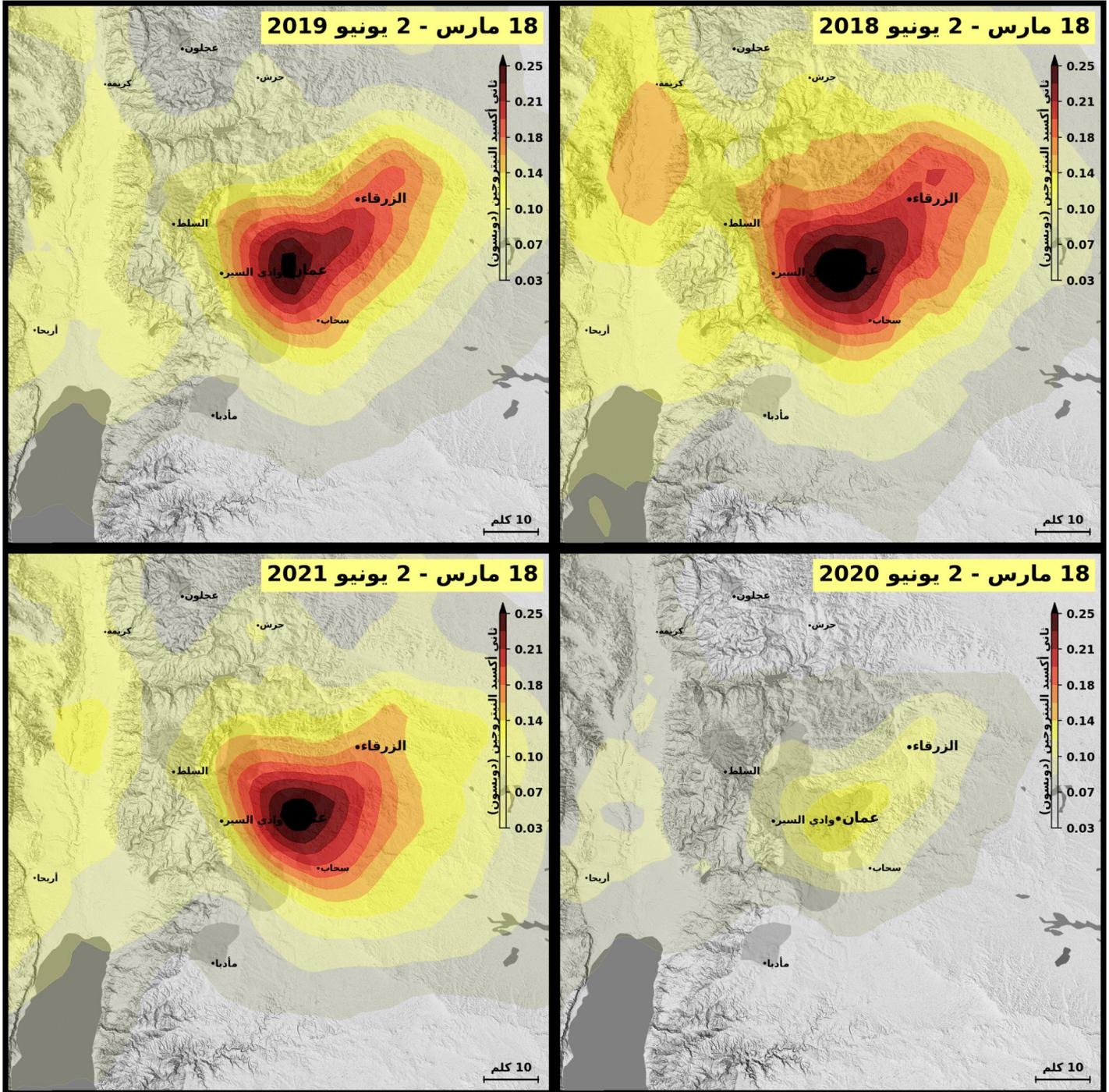
يظهر الرسم البياني 10 تلوث الهواء في المنطقة المحيطة بمدينة بيروت خلال فترة الدراسة الممتدة بين العامين 2018 و2021، مع تسجيل انخفاض واضح في العام 2020.



الرسم البياني 10: كمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو حول مدينة بيروت في خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2021.



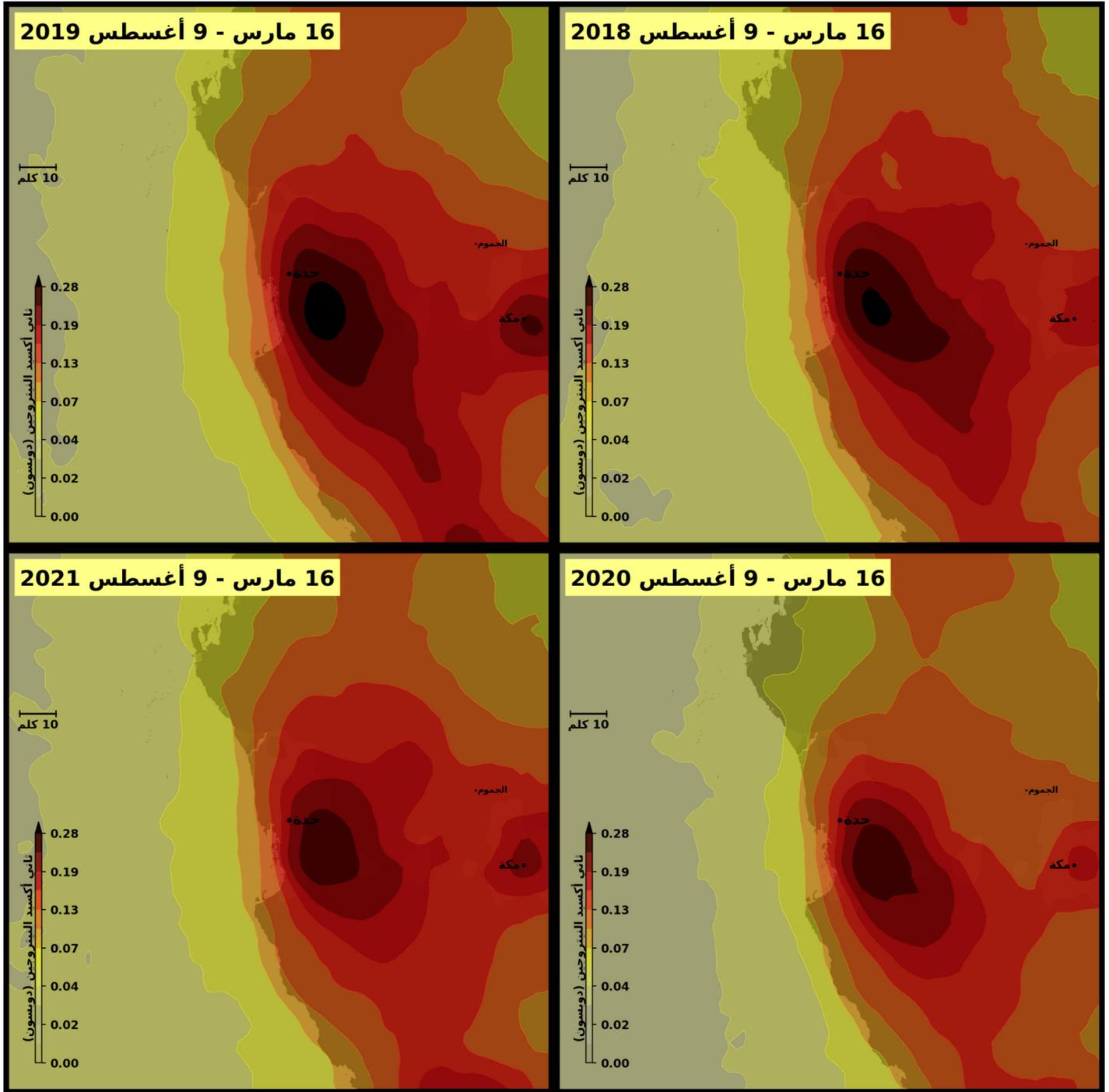
يظهر الرسم البياني 11 تلوث الهواء في المنطقة المحيطة بمدينة عمان خلال فترة الدراسة الممتدة بين العامين 2018 و2020.



الرسم البياني 11: كمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو حول مدينة عمان خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2021.

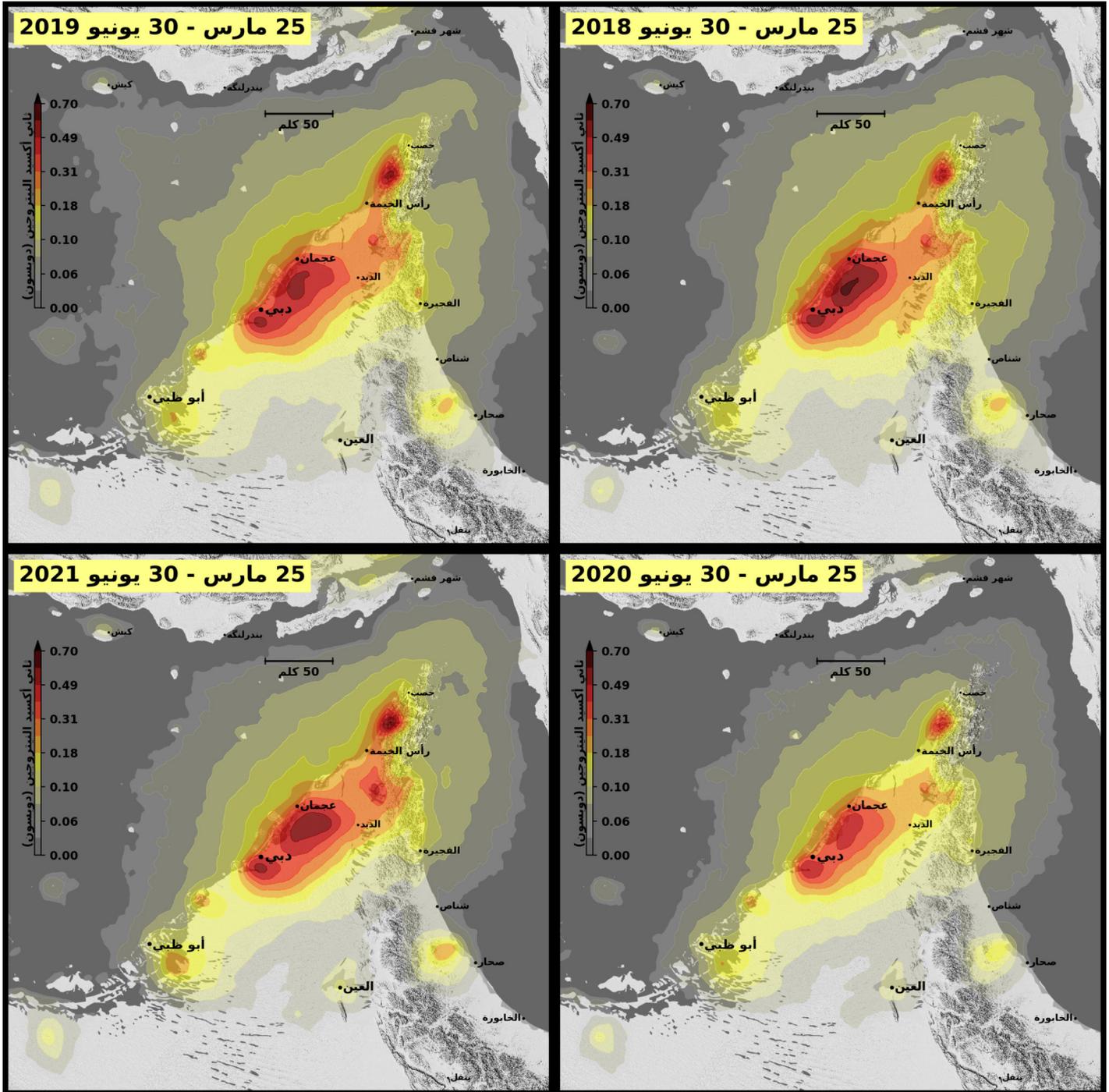


يظهر الرسم البياني 12 تلوث الهواء في المنطقة المحيطة بمدينة جدة خلال فترة الدراسة الممتدة بين العامين 2018 و2021. ولوحظ في العام 2020، انخفاض بنسبة 22% في التلوث في دائرة بقطر 10 كلم حول المدينة مقارنةً بالمستوى المسجل في العام 2019.



الرسم البياني 12: كمية ثاني أكسيد النيتروجين في الجو حول مدينة جدة خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2021.

يظهر الرسم البياني 13 تلوث الهواء في المنطقة المحيطة بمدينة دبي خلال فترة الدراسة الممتدة بين العامين 2018 و2021. ولوحظ في العام 2020 انخفاض في التلوث بنسبة 12% في دائرة قطر 10 كلم مقارنة بالمستوى المسجل في العام 2019.



الرسم البياني 13: كمية ثاني أكسيد النيتروجين الموجودة في الجو حول مدينة دبي خلال فترة الدراسة بين العامين 2018 و2021.

# الخلاصة

هذا وحدد تقرير «سيادة القانون البيئي» الصادر عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة الهواء النظيف كحقي أساسي من حقوق الإنسان في العام 2019. وقد تبني العديد من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا هذا الحق الدستوري، ولكنه بقي غير منفي في معظم الحالات. وغالبًا ما يؤثر تلوث الهواء (كمعظم التأثيرات البيئية) على المجتمعات الفقيرة والمهمشة أكثر من غيرهم. لحماية هذه المجتمعات، يتعين على الحكومات إجراء تغييرات منهجية تركز على «الروابط الحيوية بين البيئة والنمو الاقتصادي والصحة العامة والتماسك الاجتماعي والأمن» (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2019). ويعد إشراك هذه المجتمعات في صنع القرار من خلال تمكين وصولهم إلى البيانات خطوة أولى مهمة.

إن مراقبة تلوث الهواء التي قد تسمح لصانعي القرار والناس باتخاذ قرارات مستنيرة أمرًا ضروريًا لإدارة وتحسين جودة الهواء في الوقت المناسب. وقد يساعد هذا النوع من البيانات في توجيه الإجراءات الرامية إلى الحد من انبعاثات الملوثات. كما قد تساهم بيانات الرصد في تنفيذ وإنفاذ معايير الانبعاثات لجميع ملوثات الهواء، وذلك حماية لصحة الناس. كما وأنها تكتسب أهمية خاصة في غياب مثل هذه المعايير.

قد تعود الإجراءات الرامية لتحسين جودة الهواء أيضًا بمنفعة على الجهود المبذولة للحد من تغير المناخ الناتج عن الإنسان. فالمصدر الأساسي لملوثات الهواء (مثل ثاني أكسيد النيتروجين) ما هو إلا مصدر غازات الدفيئة (مثل ثاني أكسيد الكربون) نفسه: حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم والغاز والنفط. وينطبق ذلك بشكل خاص على البلدان التي تكثر فيها انبعاثات غازات الدفيئة، لا سيما منطقة الخليج.

وتعليقًا على الأبحاث التي أجرتها وكالة ناسا مؤخرًا حول تأثيرات الوباء على ملوثات الهواء وغازات الدفيئة، صرح الدكتور جوشوا لوغرن قائلاً: «لقد تجاوزنا المرحلة التي تخولنا اعتبار هاتين المشكلتين منفصلتين» (ناسا 2021).

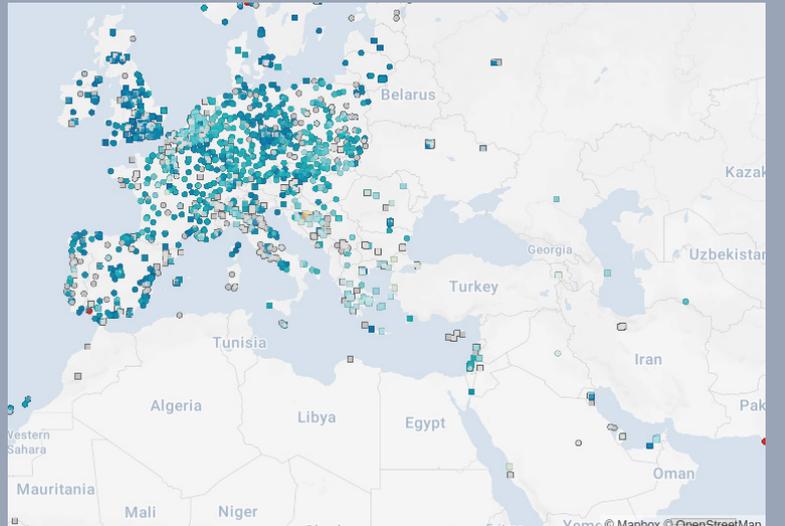
الرسم البياني 14: مواقع أجهزة مراقبة تلوث الهواء الأرضي بحسب منظمة أوبن آي. كيو (OpenAQ). تخضع معظم المناطق أوروبا لمراقبة مكثفة فيما تحصل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على تغطية متفرقة. لقطة شاشة من <https://openaq.org> بتاريخ 2021-11-09. خريطة الأساس: المساهمون في OpenStreetMap.

وفقًا لبيانات الأقمار الصناعية، سجّل تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين انخفاضًا ملحوظًا في خلال فترة الإغلاق التام في العام 2020 في جميع المدن المشمولة في الدراسة باستثناء تلك الموجودة في مصر، مقارنة بالسنوات السابقة. وفي 13 مدينة من أصل 16، عاد التلوث إلى مستويات ما قبل الجائحة أو أعلى في العام 2021.

تمّ قياس هذه التغييرات في التلوث من خلال احتساب معدل نسب التلوث المسجلة في فترات تتراوح بين 11 و21 أسبوعًا، وذلك بحسب توقيت ومدة الإغلاق في مناطق مختلفة. ومن المتوقع أن يقلل هذا القياس الوتقي للتلوث أن يحدّ من تأثير الطقس على النتائج ويزيد احتمال أن تكون التغييرات المرصودة ناتجة عن تغييرات مماثلة في الانبعاثات.

وثمة علاقة قوية واضحة بين التشدد في الإغلاق والتلوث بثاني أكسيد النيتروجين. فقد كانت مستويات ثاني أكسيد النيتروجين أقل بشكل كبير في خلال فترة الإغلاق الأولية في العام 2020 مقارنة بالفترات الأخرى. لذلك قد تكون التغييرات في ممارسات المجتمع، كتراجع حركة السير والنشاط الاقتصادي في خلال فترات الإغلاق، مسؤولة عن التغييرات الحاصلة في تلوث الهواء.

لا يمكن تحويل كميات ثاني أكسيد النيتروجين في عامود من الغلاف الجوي المرصودة عبر الأقمار الصناعية مباشرة إلى تركيز ثاني أكسيد النيتروجين الأرضي. ومع ذلك، تقل أو تنعدم عمليات قياس تلوث الهواء الأرضي طويلة الأمد في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (الرسم البياني 14). هذا ويشكل عدم مراقبة تلوث الهواء بشكل متسق وشامل في المنطقة عائقًا رئيسيًا أمام الإدارة الفعالة وتحسين جودة الهواء. وكلما استمر هذا النقص في المراقبة الأرضية، يبقى استخدام البيانات التي تشير إلى كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود من الغلاف الجوي المرصودة عبر الأقمار الصناعية، كبديل لتركيز ثاني أكسيد النيتروجين القريب من السطح، أفضل مصدر متاح للمعلومات، كما هو مبين في هذا التقرير.





# المراجع

أهرام أونلاين، "مصر: طاقة أرخص للصناعة"، 27 آذار/مارس 2020، تاريخ الدخول: 29/11/2021 عبر الرابط: <https://english.ahram.org.eg/NewsContent/50/1201/365943/Ahram-Weekly/Egypt/Egypt-Cheaper-energy-for-industry.aspx>

بيفينغتون بيني، سيمون ونادين، فيل ورايت، ف. كلارك، إدوارد وماكيلكن، جوناثان وبيلي، هايدون. (2008). تباين جودة الخزان على منحدر كربونات الإيوسين، تكوين الجارية، قبالة سواحل تونس: التحكم الهيكلي في تآكل الدفن والتحلل. الجيولوجيا الرسوبية. 209. 42-57. دوى: 10.1016 / j.sedgeo.2008.06.006

بيلوكوني، أنطون، نيكول م. بروبست-هينش، وبينيلوبي فوناتسو. "النمذجة المكانية والزمانية للتغيرات في التعرض لتلوث الهواء المرتبط بتدابير إغلاق كوفيد في جميع أنحاء أوروبا." علم البيئة الكلية (2021): 147607. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147607>

Copernicus Sentinel-5P (تمت معالجته بواسطة ESA)، منتجات العمود الكلي لثاني أكسيد النيتروجين TROPOMI Level 2. الإصدار 01. وكالة الفضاء الأوروبية. (2018) <https://doi.org/10.5270/S5P-s4ljg54>

فارو، ايدان، كاثرين. أ ميلر، لوري ميليفيرتا. "الهواء السام: سعر الوقود الأصفر". غربنيس جنوب شرق آسيا 44 (2020).

تقارير التنقل المجتمعي من غوغل (2021). تاريخ الدخول: 06/11/2021 عبر الرابط: <https://www.google.com/covid19/mobility>

هيل، توماس وآخرون. "قاعدة بيانات لوحة عالمية لسياسات الأوبئة متتبع استجابة الحكومة لكوفيد-19- التابع لأكسفورد" سلوك الإنسان الطبيعي 5.4 (2021): 529-538.

معهد التأثيرات الصحية. 2020. حالة الهواء العالمي 2020. تقرير خاص. بوسطن، ماساتشوستس: معهد التأثيرات الصحية.

هو جيا باو، وآخرون. "التغيرات في ملوثات الهواء أثناء إغلاق كوفيد-19- في بكين: رؤى من تقنية التعلم الآلي والآثار المترتبة على سياسة التحكم المستقبلية." رسائل علوم الغلاف الجوي والمحيطات (2021): 100060. <https://doi.org/10.1016/j.aosl.2021.100060>

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2021: ملخص لصانعي السياسات. في: تغير المناخ 2021: أساس العلوم الفيزيائية. مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم السادس للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ [ماسون-دلموت، ف.، ب. زاي، أ. بيراني، س. ل. كونورز، سي بيان، إس بيرغر، إن كاود، واي تشن، إل غولدفارب، إم آي. جوميس، إم هوانج، كيه ليتزل، إي لونوي، جيه بي آر. ماثيوز، ت. ك مايكوك، تي ووترفيلد، و يلكشي، آر يو، وب. تشو (محرران)]. صحافة جامعة كامبرج. في الصحافة Q23GS

إيرينا (2021)، "تكاليف توليد الطاقة المتجددة في 2020"، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، أبو ظبي. تاريخ الدخول: 25/11/2021 عبر الرابط: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>

لامسال، ل.ن.ل. ر.ف. مارتن، أ. فان دونكيلر، م ستاينباكر، أ. إي. سيلارير، إي. بوسيللا، إي. دنليا، جيه بينتو. تم استنتاج تركيزات ثاني أكسيد النيتروجين على مستوى سطح الأرض من جهاز مراقبة الأوزون المحمول عبر الأقمار الصناعية. جيوفيز. الدقة، 113 (2008)، ص. D16308، 10.1029 / 2007JD009235

لي، هان، جرينستون ومايكل. مؤشر جودة الهواء في الحياة. "التحديث السنوي لعام 2021". الرسم البياني 11. تاريخ الدخول: 02/09/2021 عبر الرابط: <https://aqli.epic.uchicago.edu/reports>

ليليفيلد، ج. ك. كيلنغمولر، أ. بوزير، آر تي بورنيت، أ. هينز، ف. راماناثان، آثار الوقود الأصفر والازالة الكلية للانبعاثات البشرية المنشأ على الصحة العامة والمناخ، وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم أبريل 2019، 116 (15) 7197-7192. <https://doi.org/10.1073/pnas.1819989116>

ليون، أودري، وضع مشاهد في تونس، في الهندسة البحرية، 1 سبتمبر 2014، تم الاسترجاع من الرابط: <https://www.oedigital.com/news/454986-setting-sights-on-tunisia> بتاريخ 21-11-2021

ماريه، إلويز إيه، راشيل إف سيلفرن، ألينا فودونوس، إيونور دوبيين، ألفريد إس بوكاري، لوريتا جي ميكلي، وجويل شوارتز، جودة الهواء والأثر الصحي لاستخدام الوقود الأحفوري في المستقبل لتوليد الكهرباء والنقل في إفريقيا، البيئية. العلوم. التكنولوجيا. 2019، 53، 22، 13524-13534، تاريخ النشر: 24 أكتوبر 2019  
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04958>

ميليفيرتا، ولوري، وهوبرت ثيرپوت. مركز أبحاث الطاقة والهواء النظيف: تم تجنب 38000 حالة وفاة مرتبطة بتلوث الهواء في أوروبا في عام 2020، حيث انخفض حرق الوقود الأحفوري. مركز الطاقة والهواء النظيف. (2020). تاريخ الدخول: 08/11/2021 عبر الرابط: <https://energyandcleanair.org/air-pollution-related-deaths-avoided-in-europe-in-2020> on 21-11-08

ناسا تغيّر المناخ العالمي (2021). كان لخفض الانبعاثات من الجائحة آثار غير متوقعة على الغلاف الجوي. 09-11-2021. تاريخ الدخول: 15/11/2021 عبر الرابط: <https://climate.nasa.gov/news/3129/emission-reductions-from-pandemic-had-unexpected-effects-on-atmosphere>

بريد شمال إفريقيا، تونس/ليبيا: سوند لتحمل مرحلة الاستكشاف الثانية، 7 كانون الأول/ديسمبر 2012. تاريخ الدخول: 22/11/2021 عبر الرابط: <https://northafricapost.com/1706-tunisia-libya-sonde-to-carry-2nd-exploration-phase.html>

سلنترينتش، ن. 2014. تطبيقات الإستشعار عن بعد لأبحاث الصحة البيئية. منظور الصحة البيئية 122: 268-275. معرّف الغرض الرقمي: 10.1289 / منظور الصحة البيئية. -268252722501122.

شي، زونغبو وآخرون. "تغييرات مفاجئة ولكن أصغر من المتوقع في جودة الهواء جراء عمليات الإغلاق الناتجة عن مرض فيروس كورونا (كوفيد-19)". تقدّم العلوم 7.3 (2021) <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6696>

سكاي تروث (2021). تقديرات حجم الاحتراق السنوي من فريق رصد الأرض (2012-2020)، تاريخ الدخول: 25/11/2021 عبر الرابط: <https://viirs.skytruth.org/apps/heatmap/flarevolume.html>

يمكن الاطلاع على مصدرين (0.022 مليار متر مكعب + 0.013 مليار متر مكعب (سنويًا)) في خليج قابس.

الأساليب بح: ألفيدج، ك د، زهزهان، م، بوخ، ك، حسو، ف س، غوش، ت. طرق للمسح العالمي لإشعال الغاز الطبيعي من بيانات مجموعة مقياس إشعاع التصوير المرئي بالأشعة تحت الحمراء. الطاقات. 2016، 9(1): 14. <https://doi.org/10.3390/en9010014>

برنامج الأمم المتحدة للبيئة، "سيادة القانون البيئي: التقرير العالمي الأول"، 24 يناير/كانون الثاني 2019، تاريخ الدخول: 29/11/2021 عبر الرابط: <https://www.unep.org/resources/assessment/environmental-rule-law-first-global-report>

فوهرا، ك، ألينا فودونوس، جول شوارتز، ألويز. أ. ميراي، ميليسا. ب. سلبريزيو، لوريتا. ج. ميكلي، الوفيات العالمية من تلوث الجسيمات الدقيقة في الهواء الطلق الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري: نتائج النموذج العالمي ثلاثي الأبعاد لكيمياء الغلاف الجوي، البحوث البيئية، المجلد 195، 2021، 110754، الرقم التسلسلي القياسي الدولي 9351-0013، <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147607>

منظمة الصحة العالمية (2021). إرشادات منظمة الصحة العالمية حول جودة الهواء: الجسيمات (الجسيمات 2.5 والجسيمات 10) والأوزون وثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون. منظمة الصحة العالمية. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

الرخصة: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

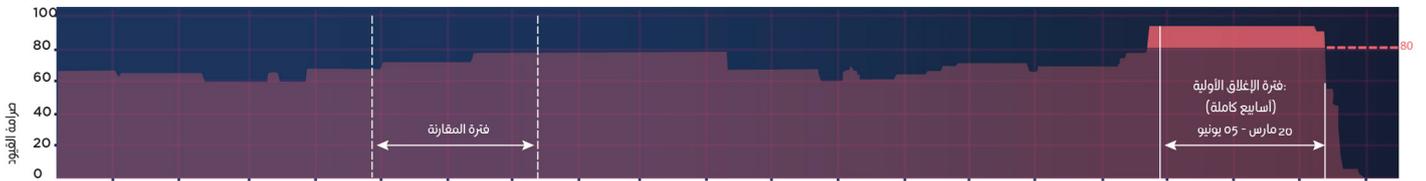
# الملحق التقني

## فترات الإغلاق والتنقل

### القيود الصارمة وعتبة الإغلاق

من أجل تحديد توقيت ومدّة "الإغلاق" الأول بموضوعية في مختلف بلدان العالم، قمنا بتحليل مؤشر القيود الصارمة في متعقب أكسفورد لاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (هايل وآخرون، 2021). يسجّل المؤشر قيمًا تتراوح بين 0 و100 ويقاس صرامة القيود الحكومية. قمنا بتحديد فترة الدراسة على أنها أول فترة مجاورة حيث كان هذا المؤشر يتجاوز عتبة معينة. وتمّ تحديد العتبة على أنها 67 (ثلاثي 100) لجميع المواقع باستثناء المغرب. وبالنسبة إلى المغرب، لم تحدد هذه العتبة فترة تتميز فيها القيم بوضوح عن تلك المسجلة في الأشهر التالية (التي لا تزال قريبة من 67). ولذلك قمنا بتحديد العتبة عند 80 (أربعة أخماس 100) للمغرب. على سبيل المثال، يظهر مؤشر القيود الصارمة للمغرب في اللوحة العليا للرسم البياني 11 كما تظهر الرسوم البيانية للبلدان الأخرى في قسم الرسوم البيانية التكميلية.

متعقب أكسفورد لاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد: المغرب (يومياً)



تقرير غوغل للتنقل المجتمعي: المغرب (متوسط السريران: 7 أيام)



الرسم البياني 11. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) للمغرب.

### تأثيرات عطل نهاية الأسبوع

من أجل تجنب الآثار الاصطناعية الناجمة عن إدراج أيام الأسبوع المختلفة عند مقارنة السنوات المختلفة، قمنا بتقريب كل فترات الإغلاق (أسفل) إلى مضاعفات 7 أيام. ولذلك فإن الفترات التي يتم تحليلها تحتوي دائماً على نفس عدد الأيام لكل يوم من أيام الأسبوع في كل سنة يتم تحليلها.

### الآثار المترتبة عن تنقل الناس

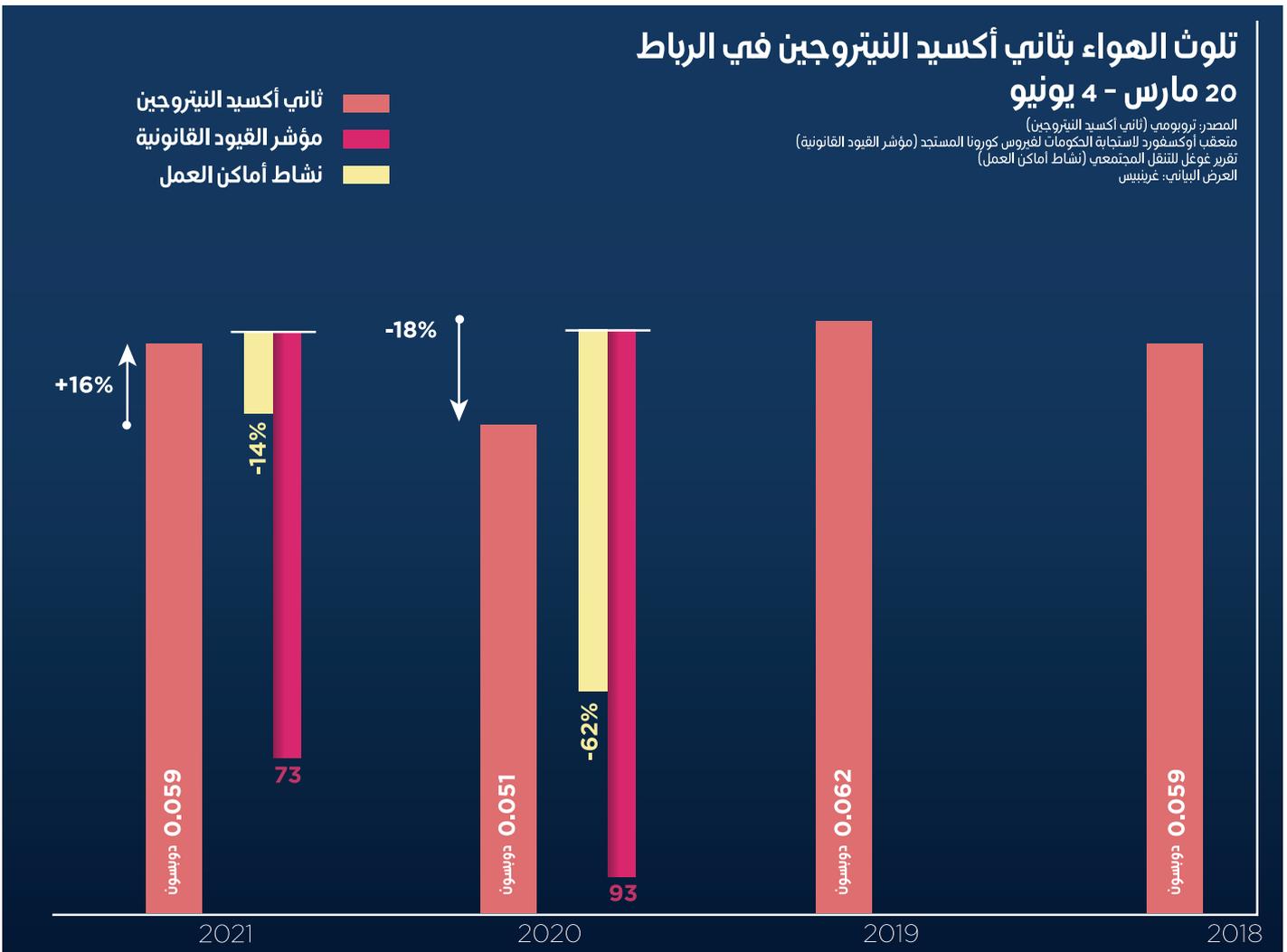
لقد تم قياس تأثير القيود الحكومية على تنقل الناس من خلال تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (غوغل، 2021). وكمثال على ذلك، يظهر تقرير غوغل للتنقل المجتمعي في المغرب في اللوحة السفلى من الرسم البياني 11. وفي جميع المواقع التي تمت دراستها، ينخفض وجود الناس في أماكن العمل ومحطات العبور انخفاضاً حاداً خلال فترات الإغلاق. تقرير غوغل للتنقل المجتمعي غير متاح بالنسبة إلى تونس.

## الرسوم البيانية التكميلية

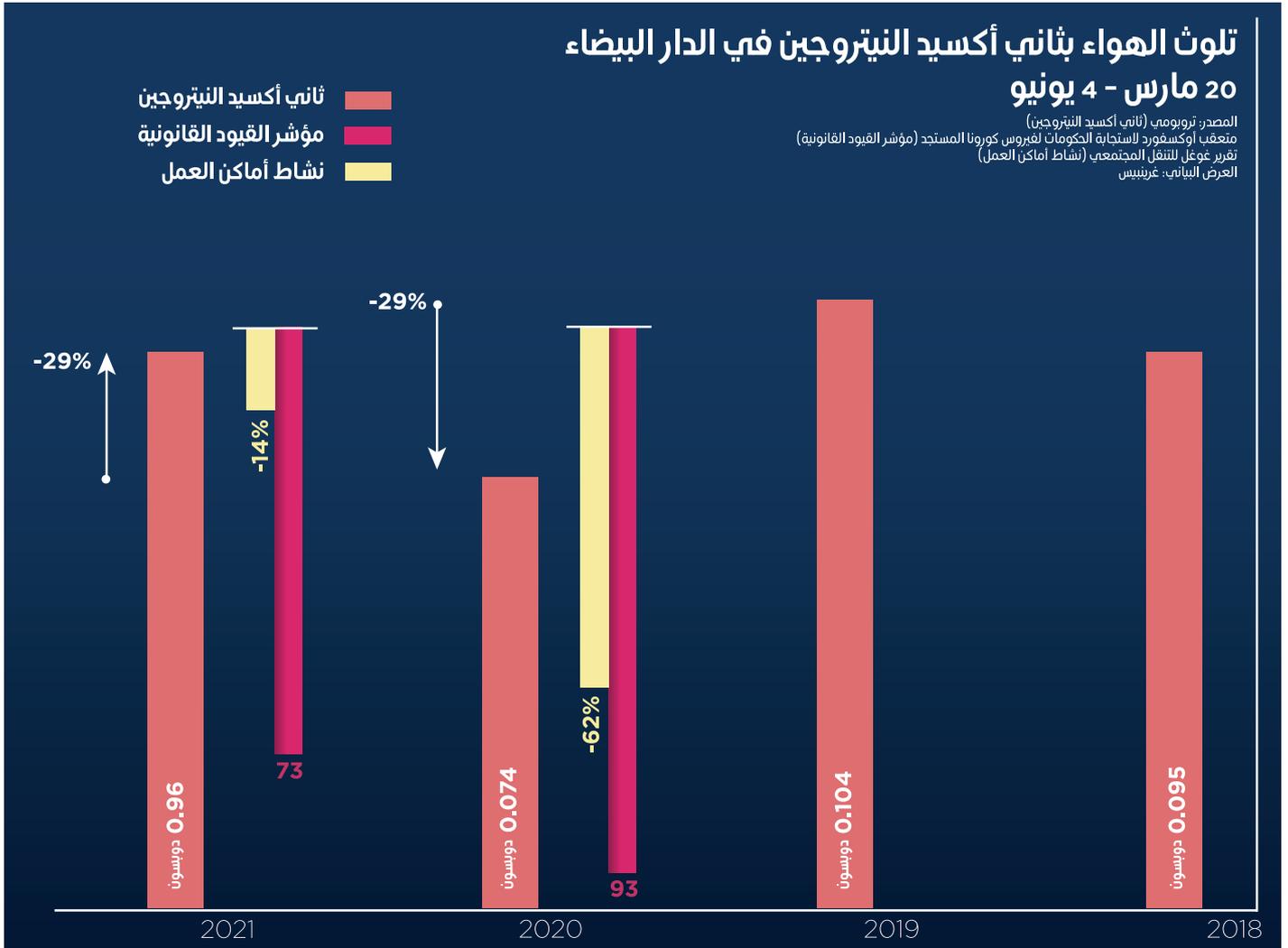
فيما يلي الرسوم البيانية لقيود الإغلاق الصارمة وتنقل الناس والتغيرات في تلوث الهواء بخ أكسيد النيتروجين خلال فترات الدراسة لكل موقع.

### المغرب

إن قيود الإغلاق وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي في المغرب موضحة في الرسم البياني أ1.



**الرسم البياني أ2.** كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة لمدينة الرباط في المغرب.

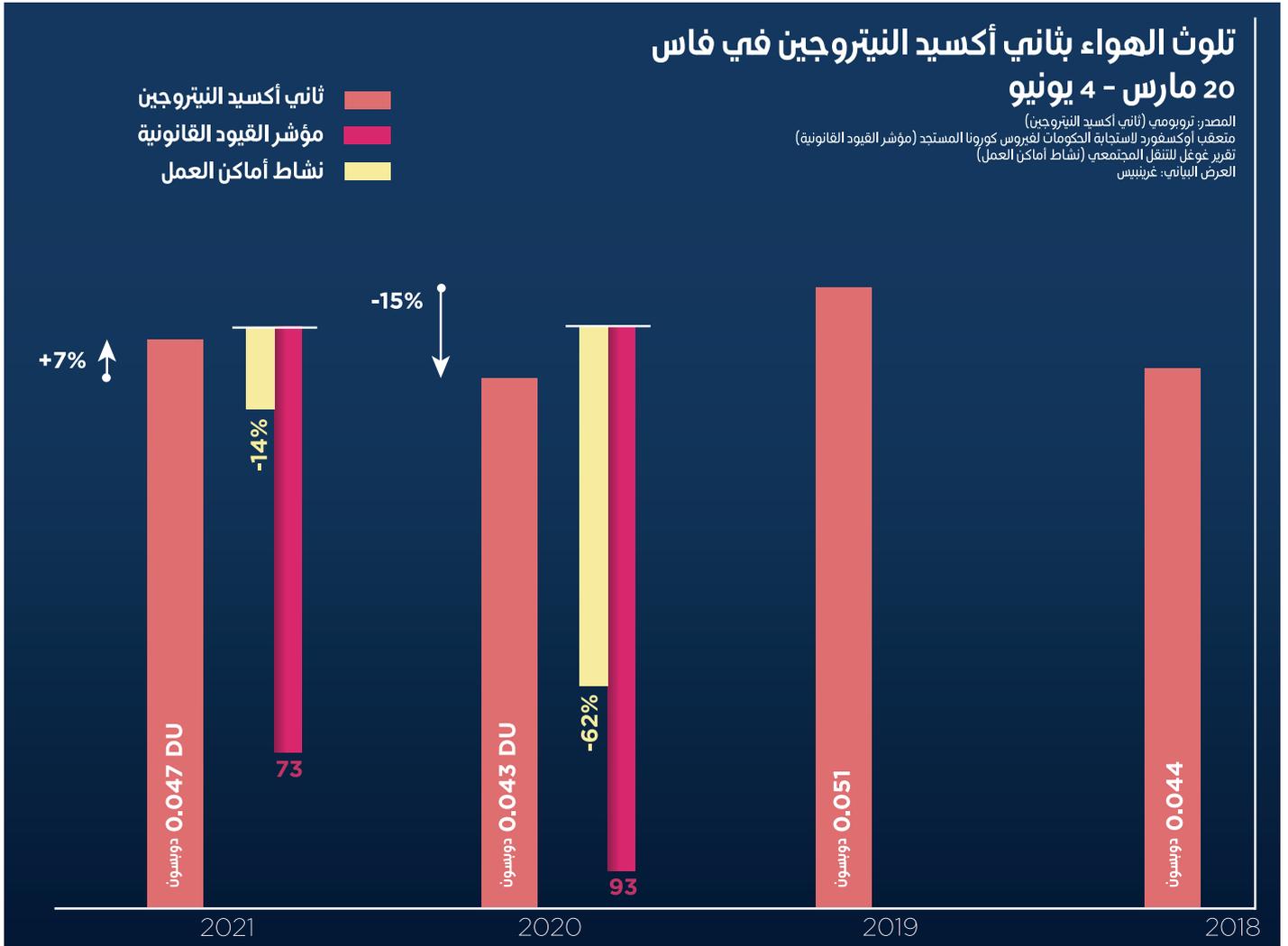


الرسم البياني 3. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي للدار البيضاء في المغرب.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في فاس 20 مارس - 4 يونيو

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة للحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس

ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية  
نشاط أماكن العمل

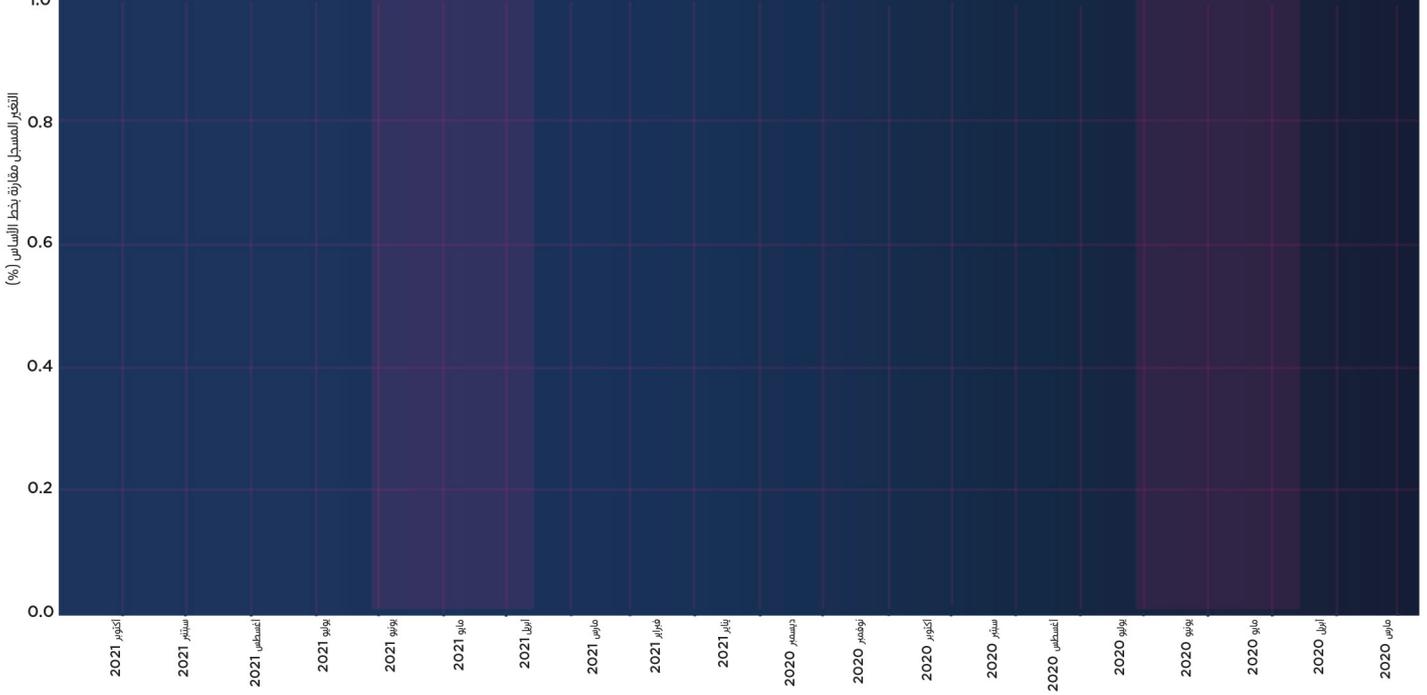


الرسم البياني 4. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة فاس في المغرب.

متعقب أوكسفورد لإستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد: تونس (يومياً)



تقرير غوغل للتنقل المجتمعي: تونس (متوسط السرطان: 7 أيام)

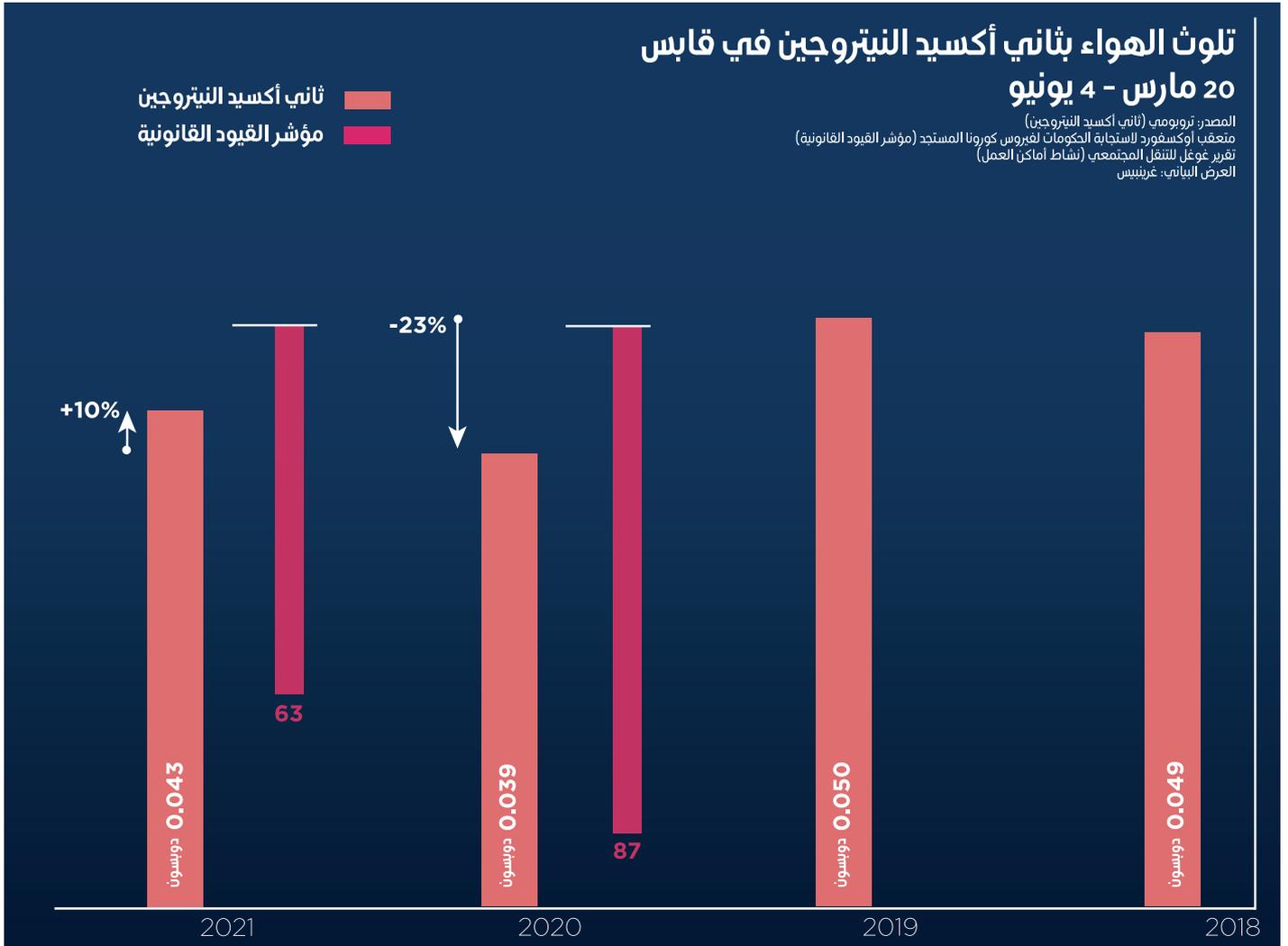


الرسم البياني 5. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) لتونس. بيانات أنشطة غوغل غير متاحة لتونس.

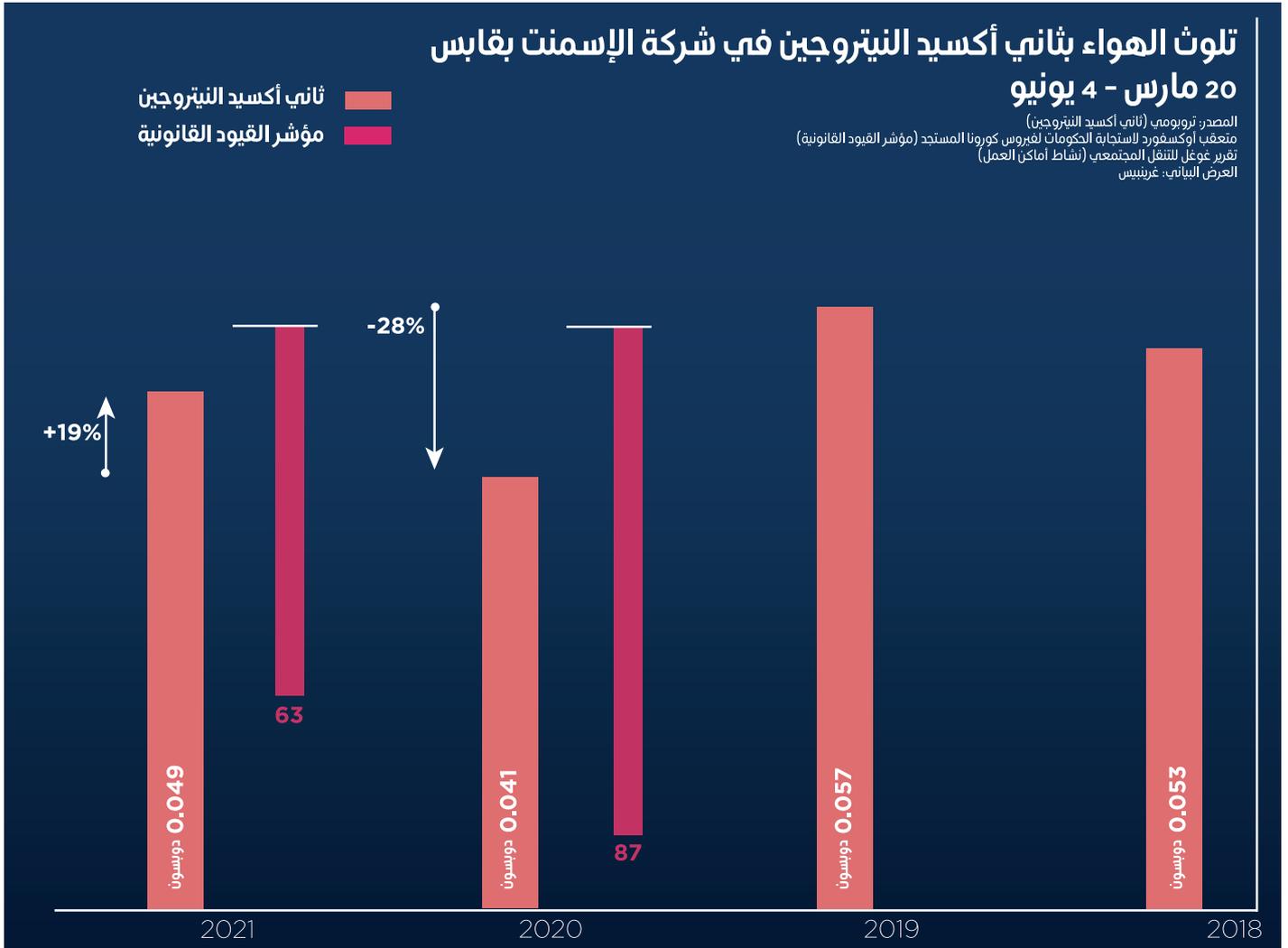
## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في قابس 20 مارس - 4 يونيو

ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية

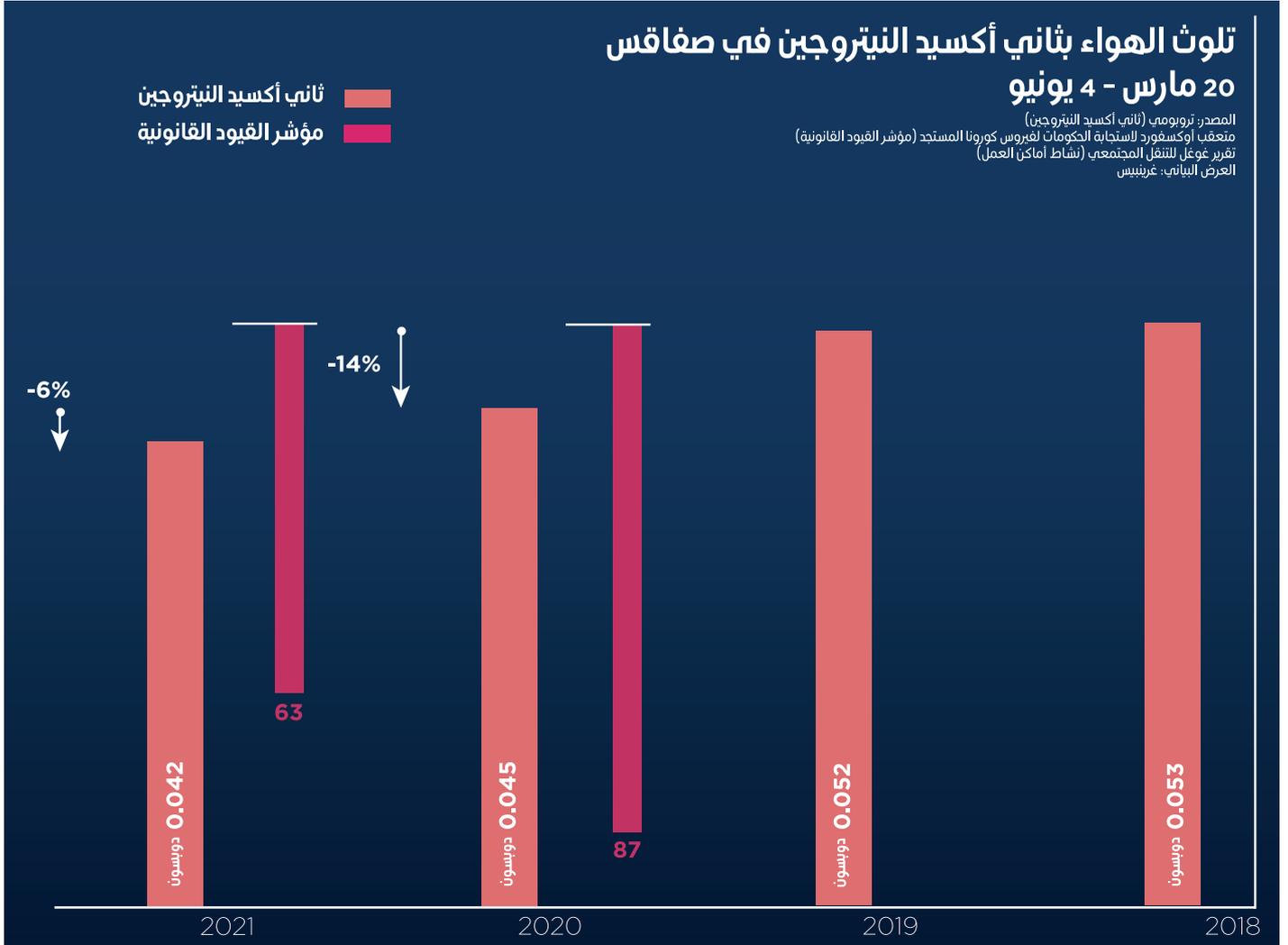
المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة للحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتقليل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس



الرسم البياني أ6. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة لمدينة قابس في تونس.



الرسم البياني 7. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، لشركة الاسمنت بقابس في تونس.

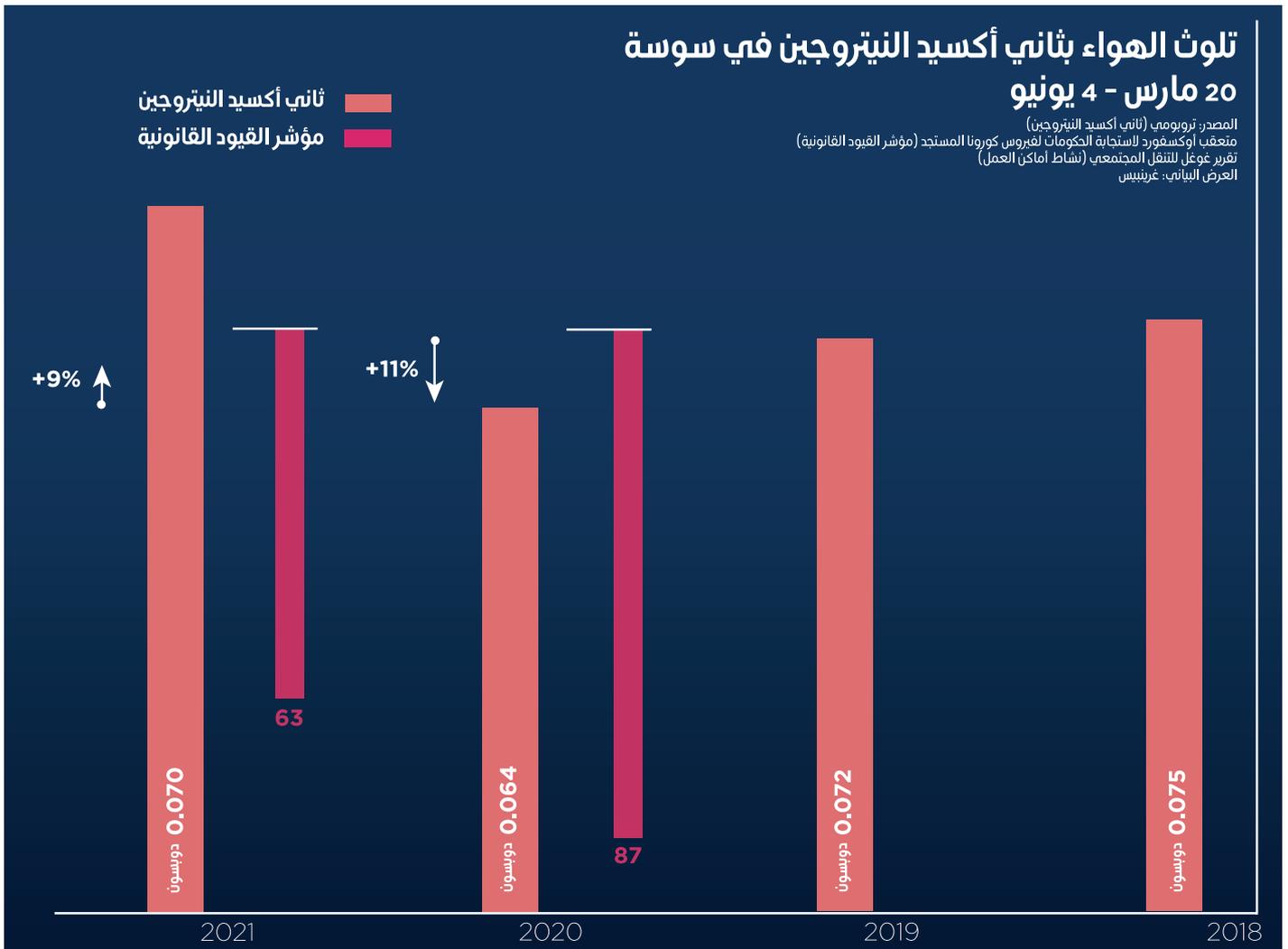


الرسم البياني 8. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، لمدينة صفاقس في تونس.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في سوسة 20 مارس - 4 يونيو

ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية

المصدر: ترومبي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أو كسفورد للاستجابة للحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس



الرسم البياني 9. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة لمدينة سوسة في تونس.

متعقب أوكسفورد لإستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد : مصر (يومية)



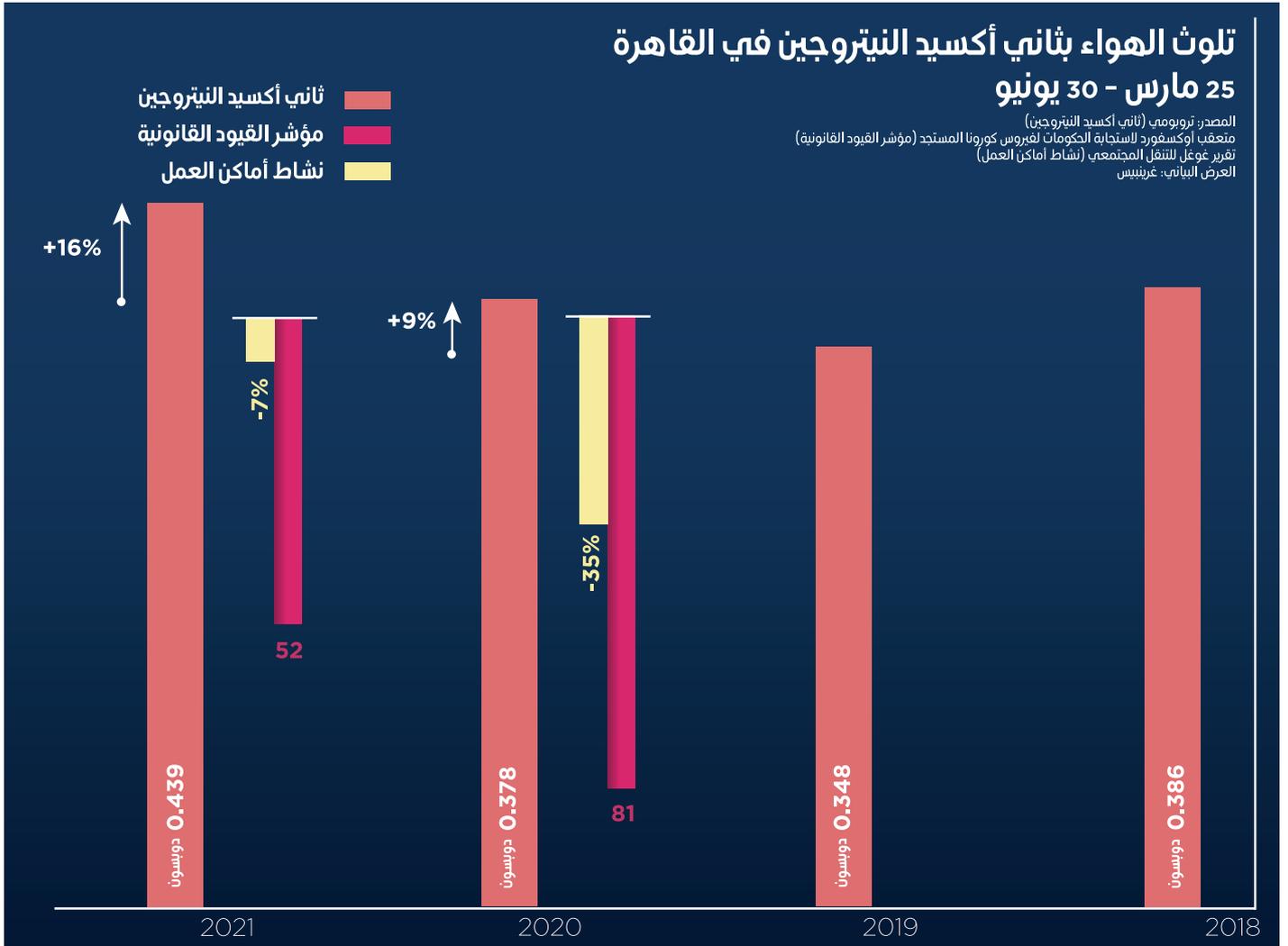
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي: مصر (متوسط السريان: 7 أيام)



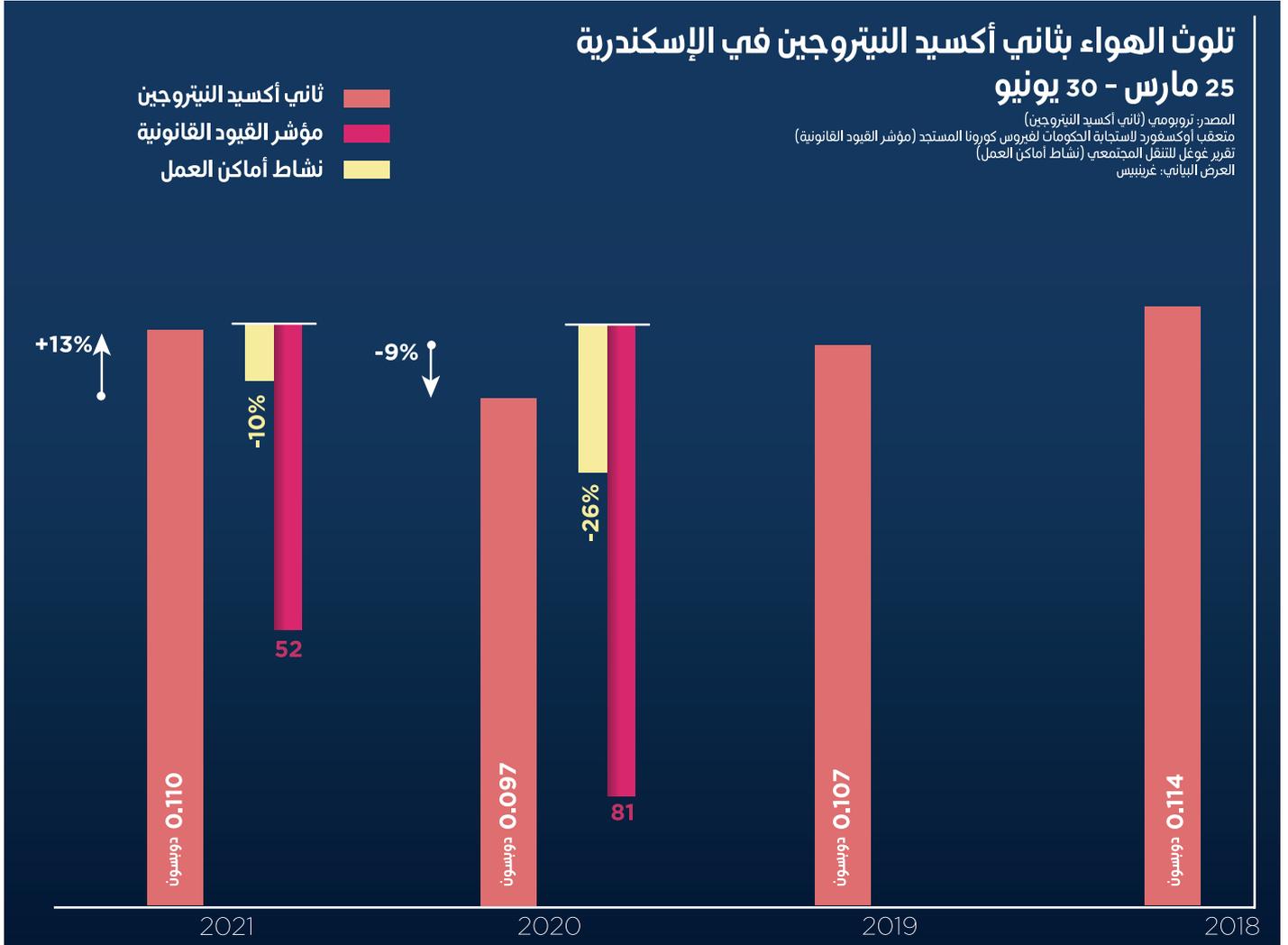
الرسم البياني 10. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) لمصر.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في القاهرة 25 مارس - 30 يونيو

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أو كسفورد لاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس



الرسم البياني 11. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عام 2021 في القاهرة، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة القاهرة في مصر.

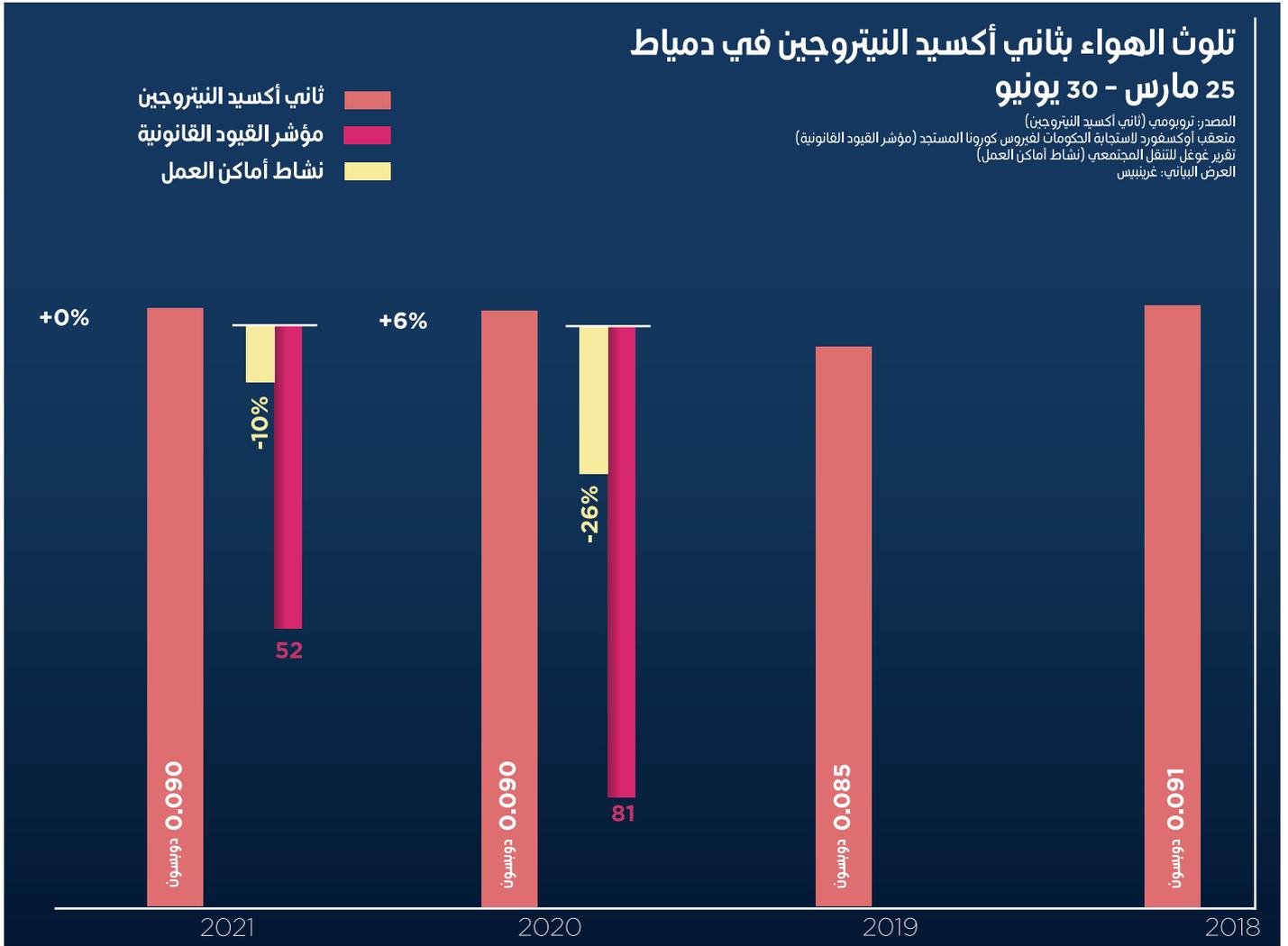


الرسم البياني 12. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عام 2021 جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة الإسكندرية في مصر.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في دمياط 25 مارس - 30 يونيو

ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية  
نشاط أماكن العمل

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس

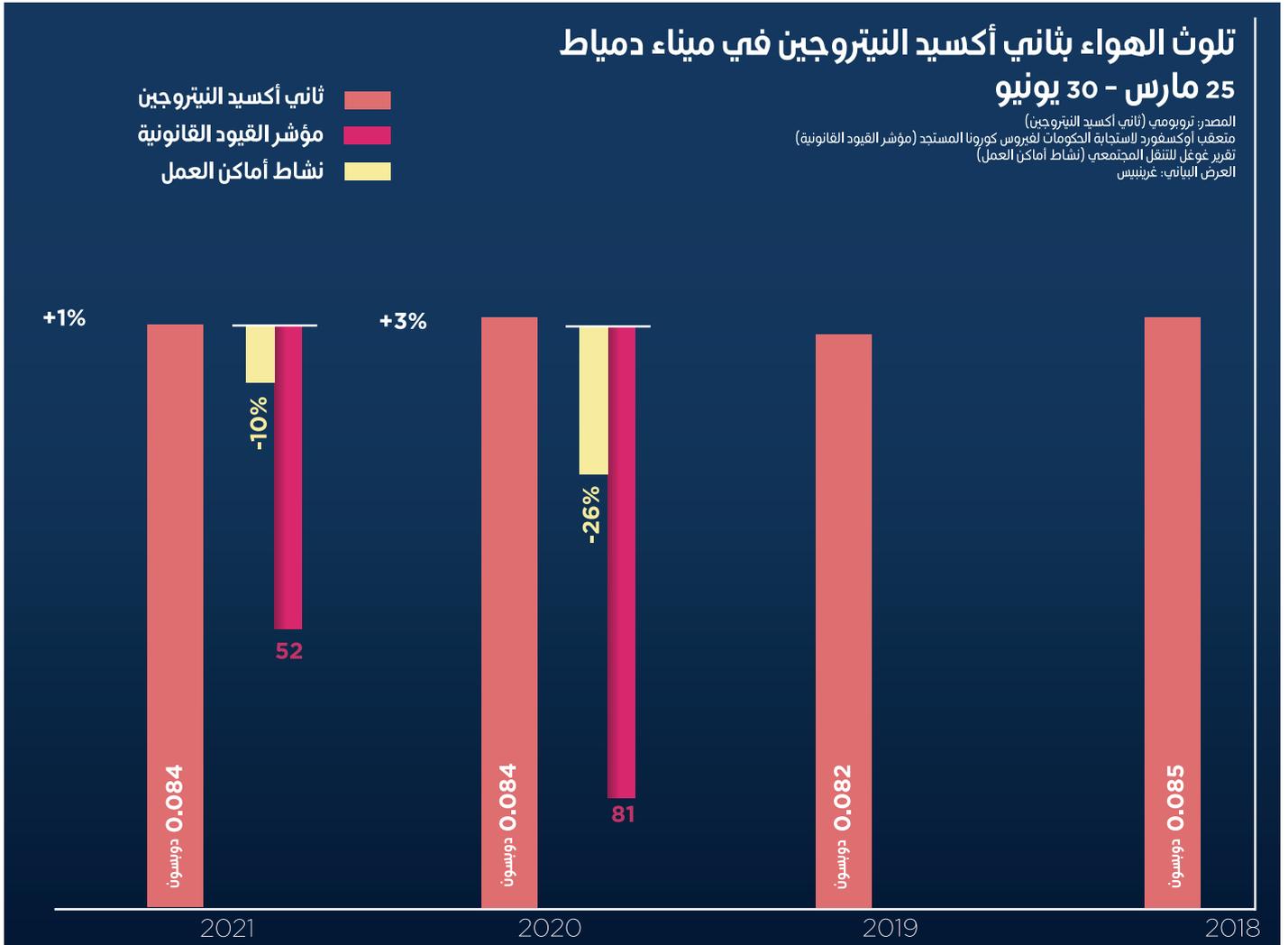


الرسم البياني 13. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة دمياط في مصر.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في ميناء دمياط 25 مارس - 30 يونيو

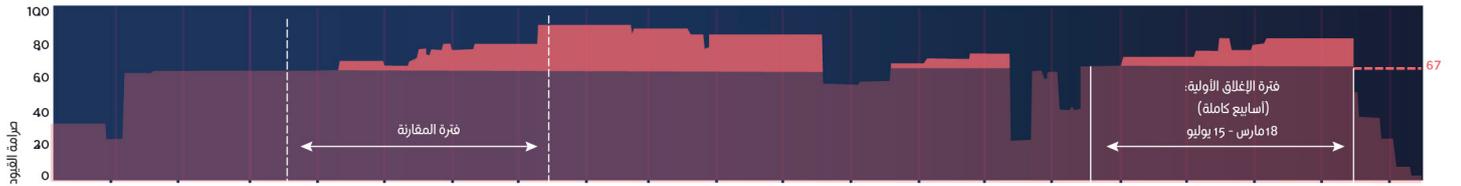
ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية  
نشاط أماكن العمل

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس

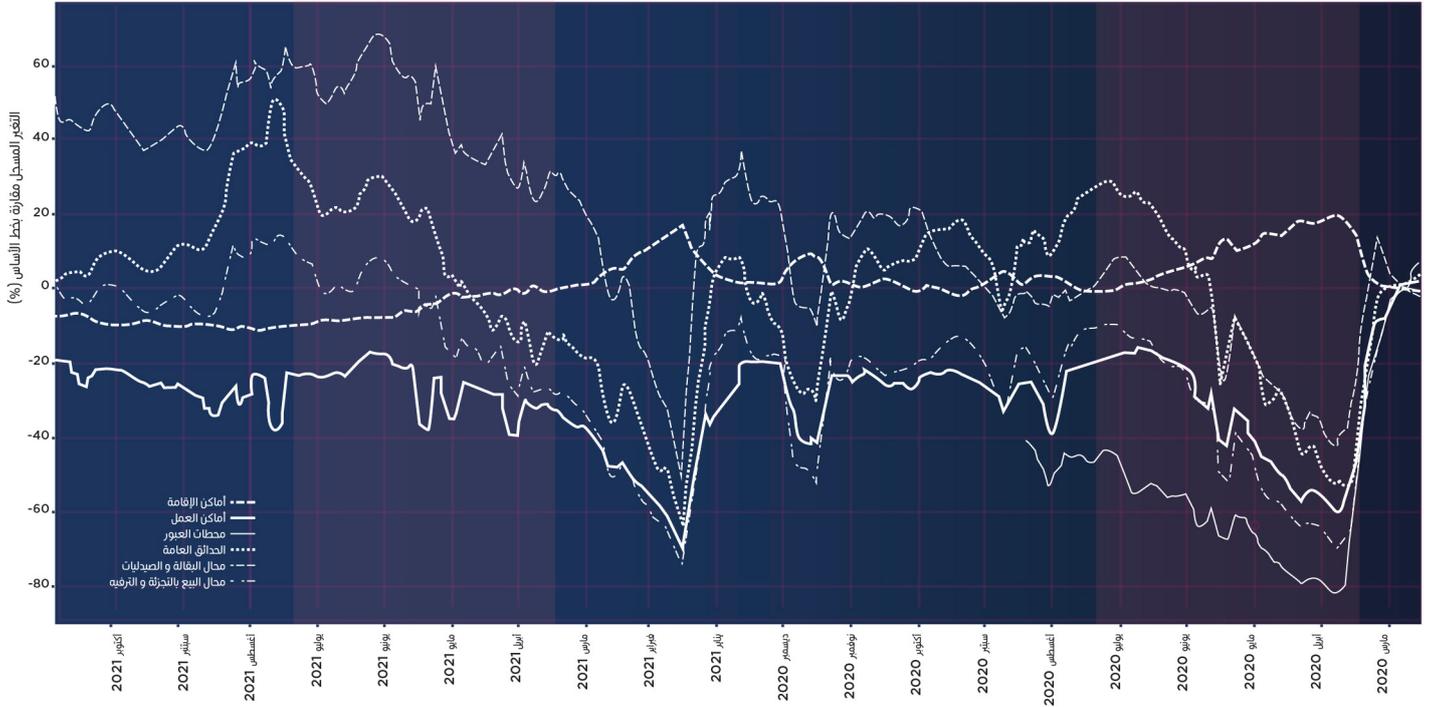


الرسم البياني 14. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لميناء دمياط في مصر.

متعقب أوكسفورد لإستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد : لبنان (يومية)



تقرير غوغل للتنقل المجتمعي: لبنان (متوسط السريان: 7 أيام)

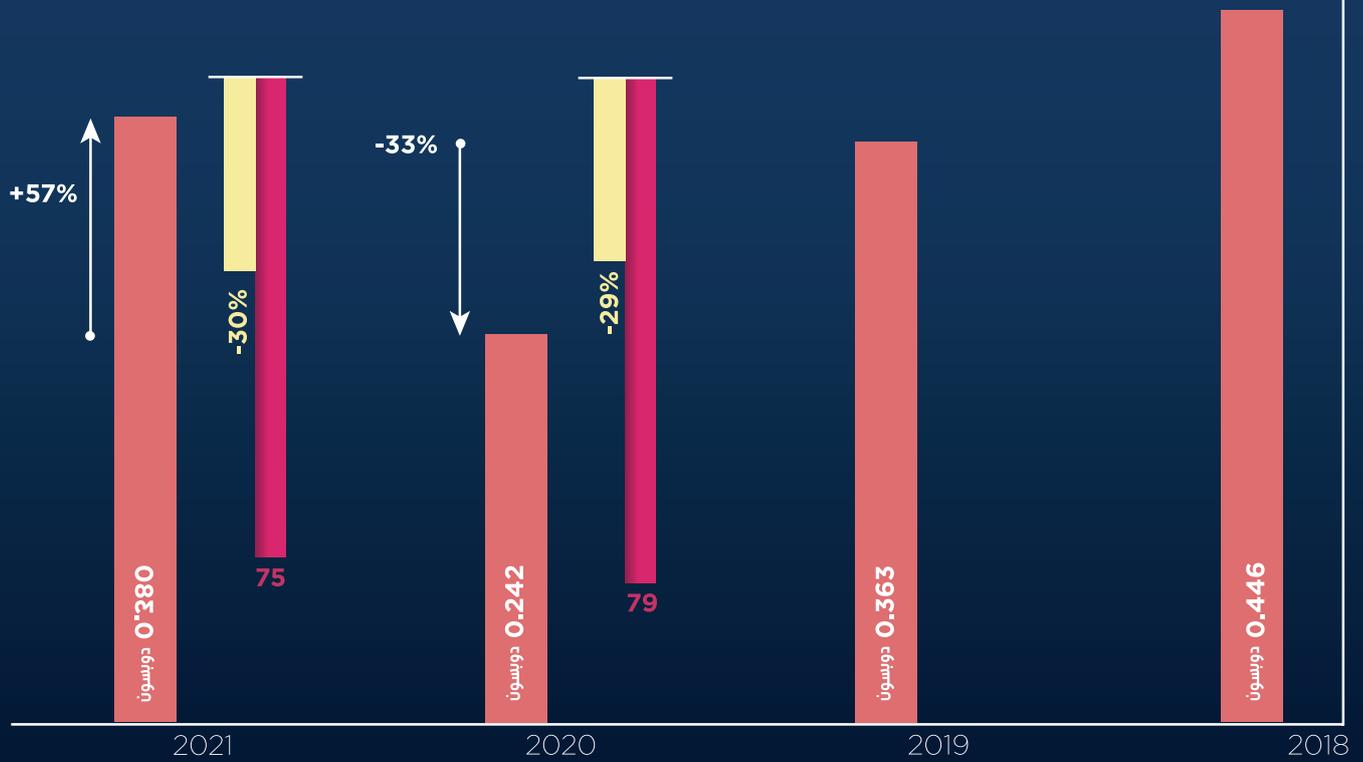


الرسم البياني 15. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) للبنان.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في بيروت 18 مارس - 14 يوليو

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
منعقب أوكسفورد لاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينبيس

ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية  
نشاط أماكن العمل

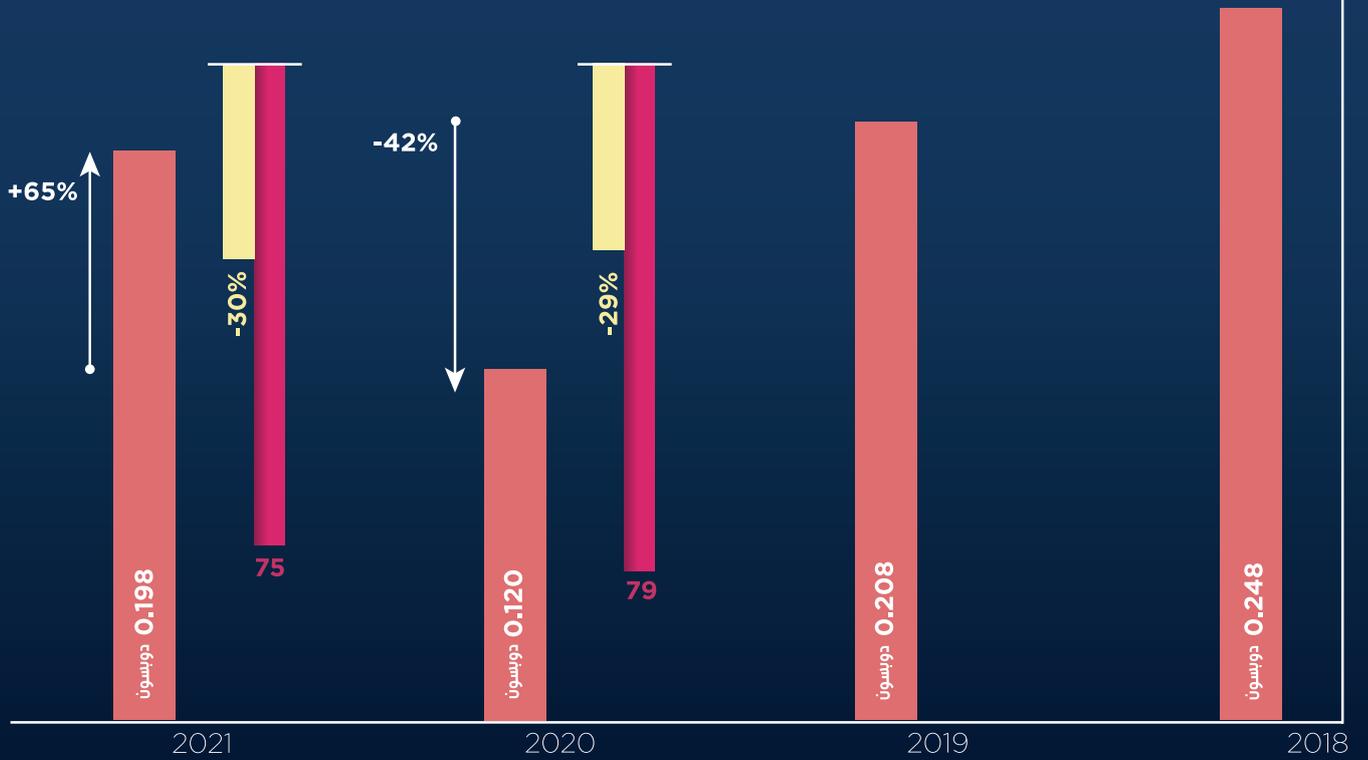


الرسم البياني 16. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عام 2021 جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة بيروت في لبنان.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في شكا 18 مارس - 14 يوليو

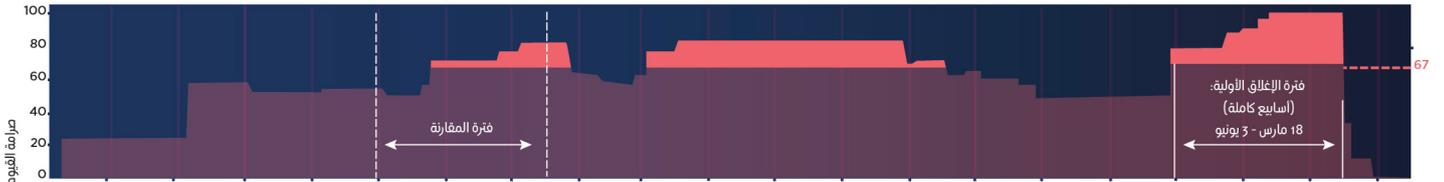
المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد لاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس

ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية  
نشاط أماكن العمل

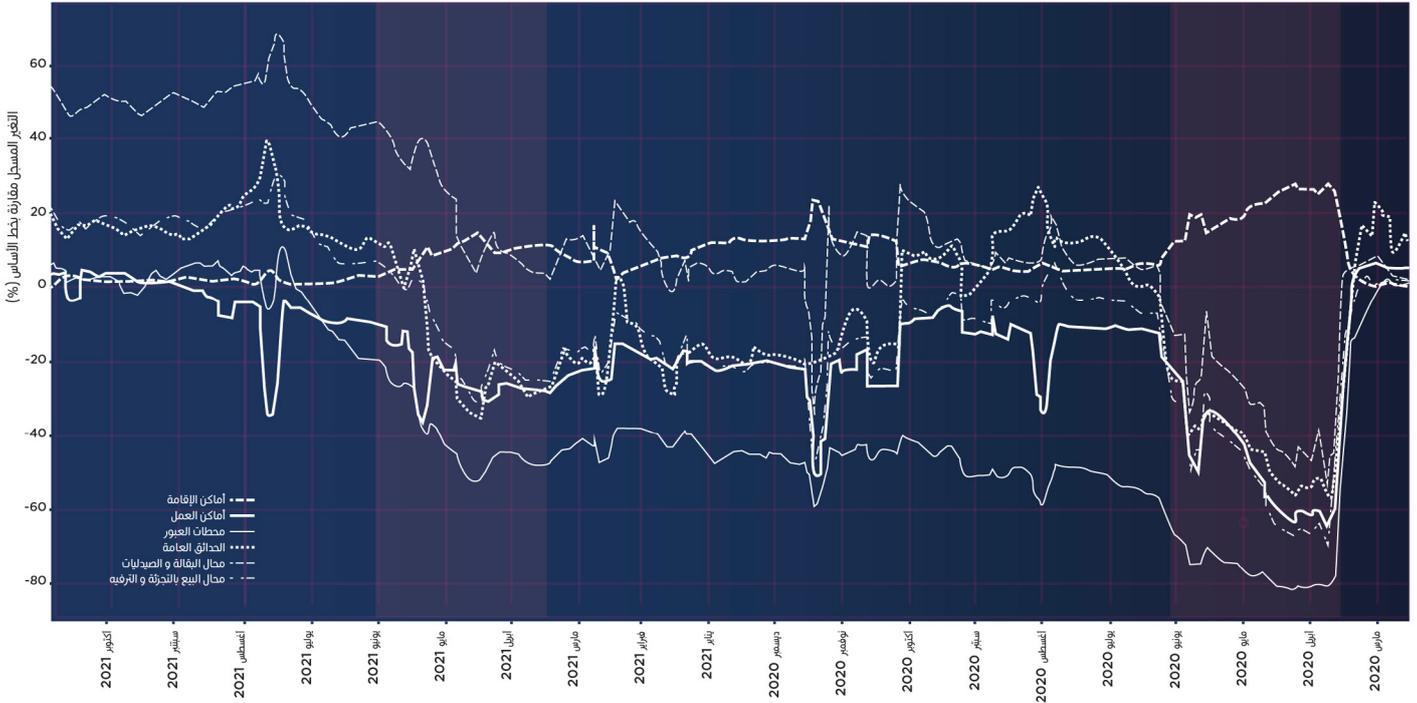


الرسم البياني 17. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة شكا في لبنان.

متعقب أوكسفورد لإستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد : الأردن (يومية)



تقرير غوغل للتنقل المجتمعي:الأردن (متوسط السريان:7 أيام)

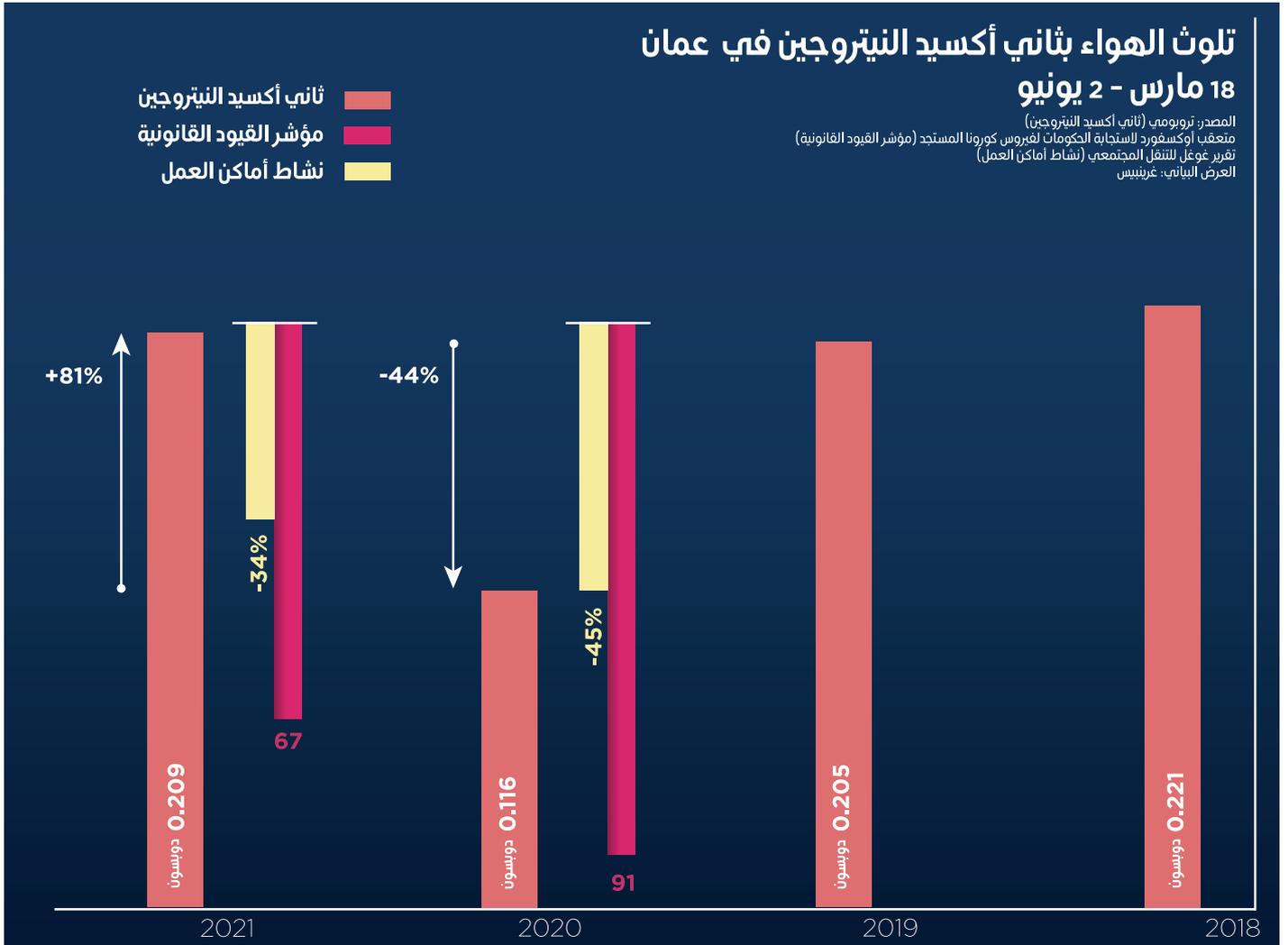


الرسم البياني 18. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) للأردن.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في عمان 18 مارس - 2 يونيو

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس

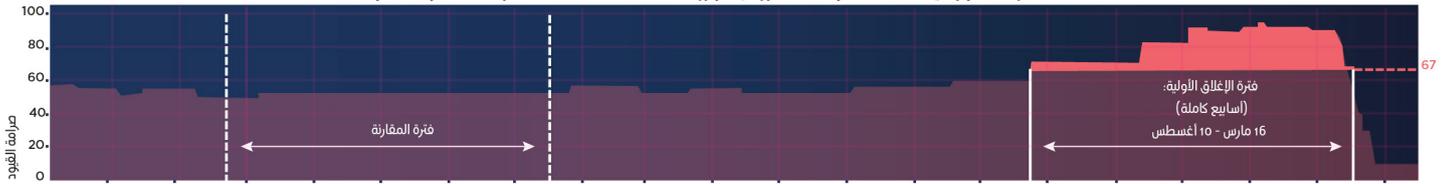
ثاني أكسيد النيتروجين  
مؤشر القيود القانونية  
نشاط أماكن العمل



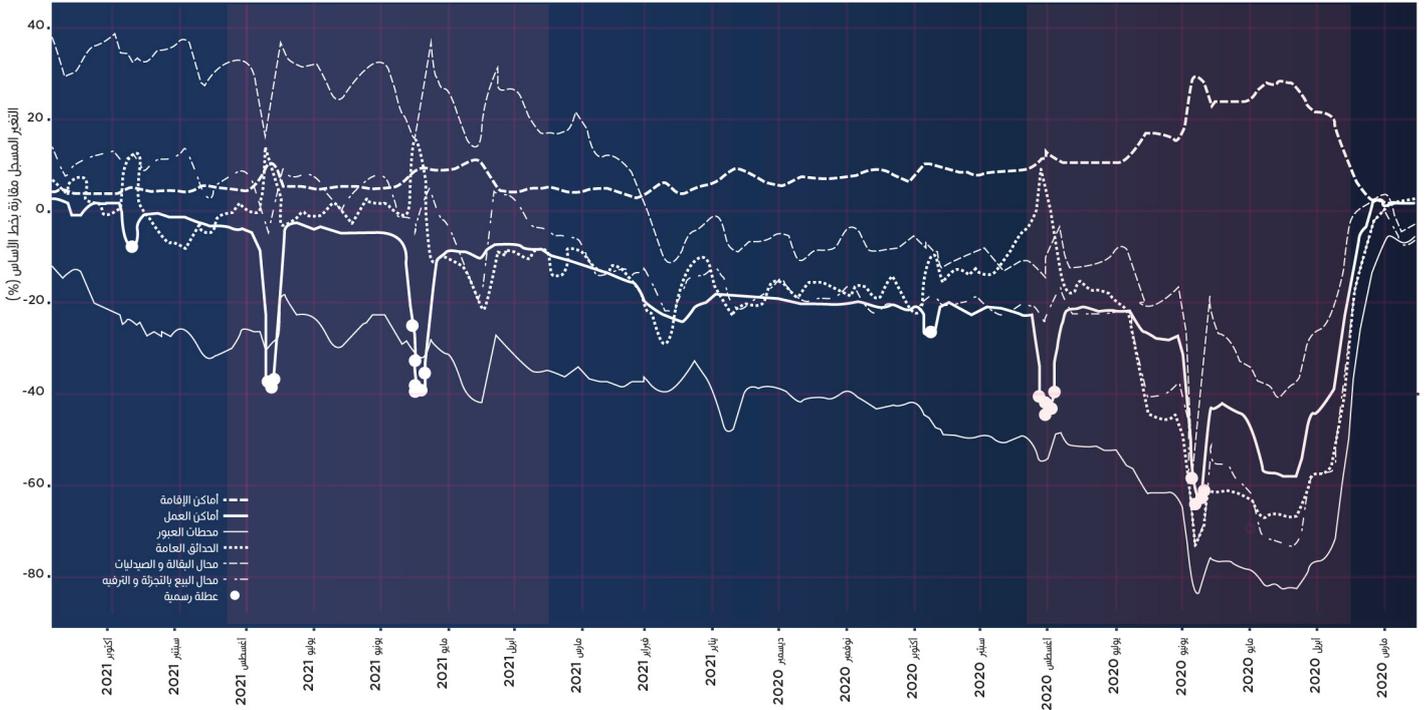
الرسم البياني 19. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة عمّان في الأردن.

## المملكة العربية السعودية

منعقب أوكسفورد لإستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد : المملكة العربية السعودية (يومياً)



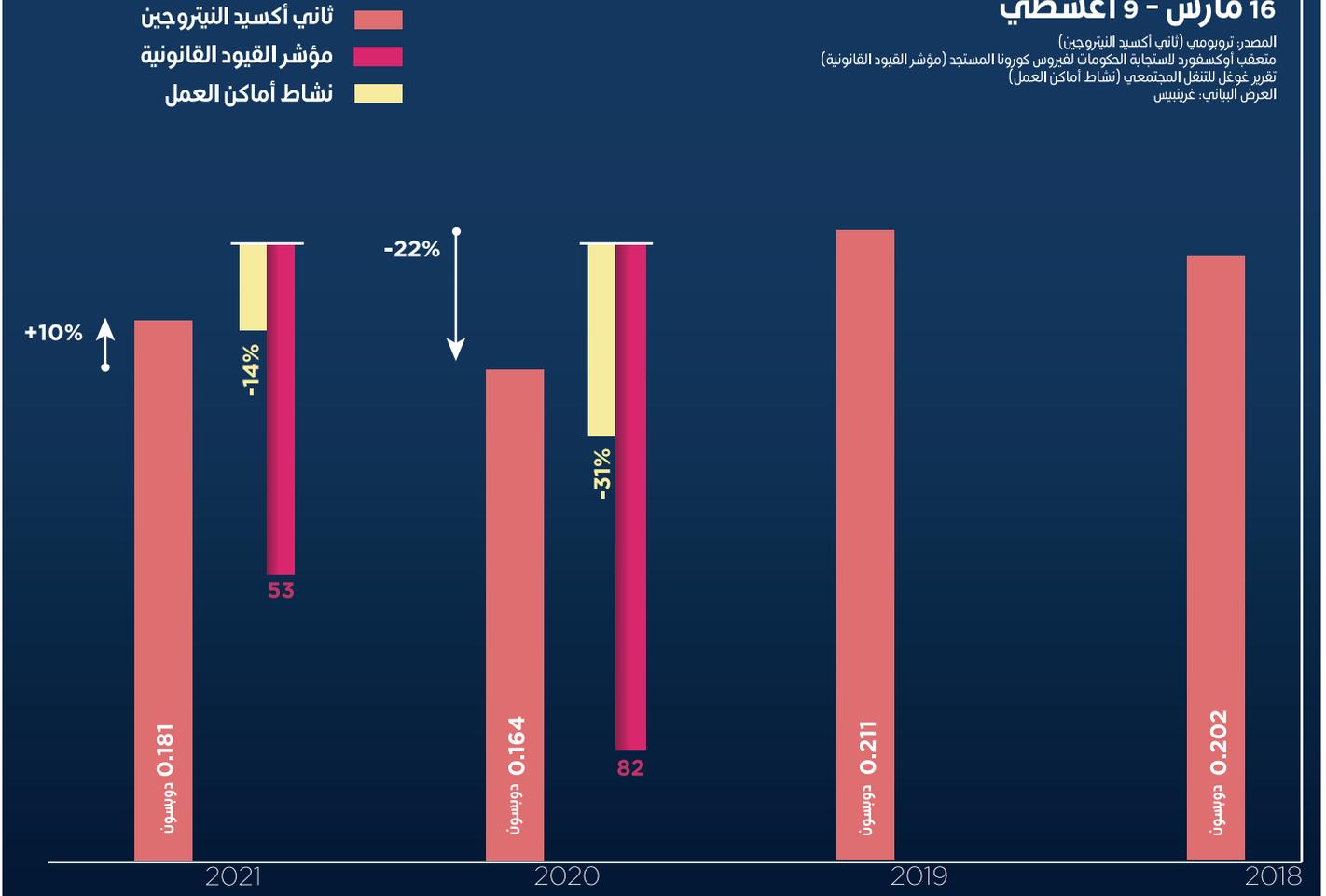
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي: المملكة العربية السعودية (متوسط السرطان: 7 أيام)



الرسم البياني 20. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) للمملكة العربية السعودية.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في جدة 16 مارس - 9 أغسطس

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة للحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس



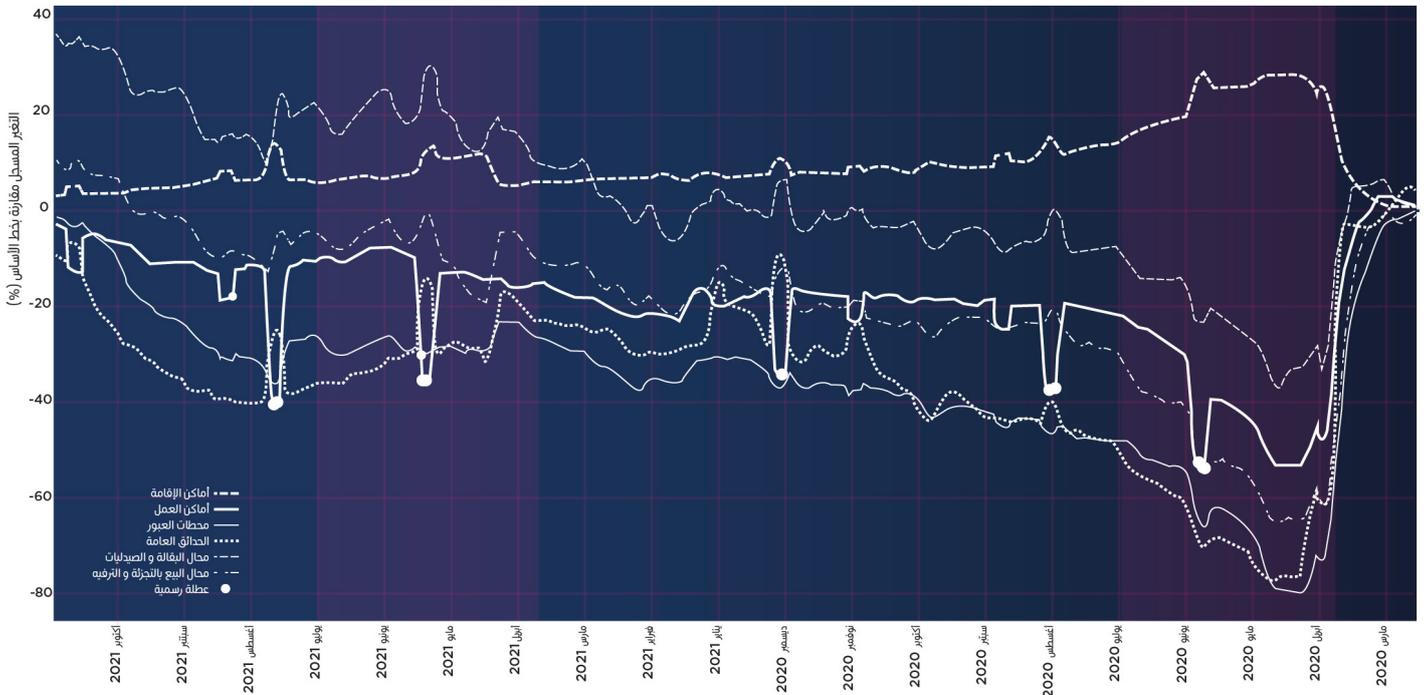
الرسم البياني 21. كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة جدة في المملكة العربية السعودية.

## الإمارات العربية المتحدة

متعقب أوكسفورد لإستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد : الإمارات العربية المتحدة (يومية)



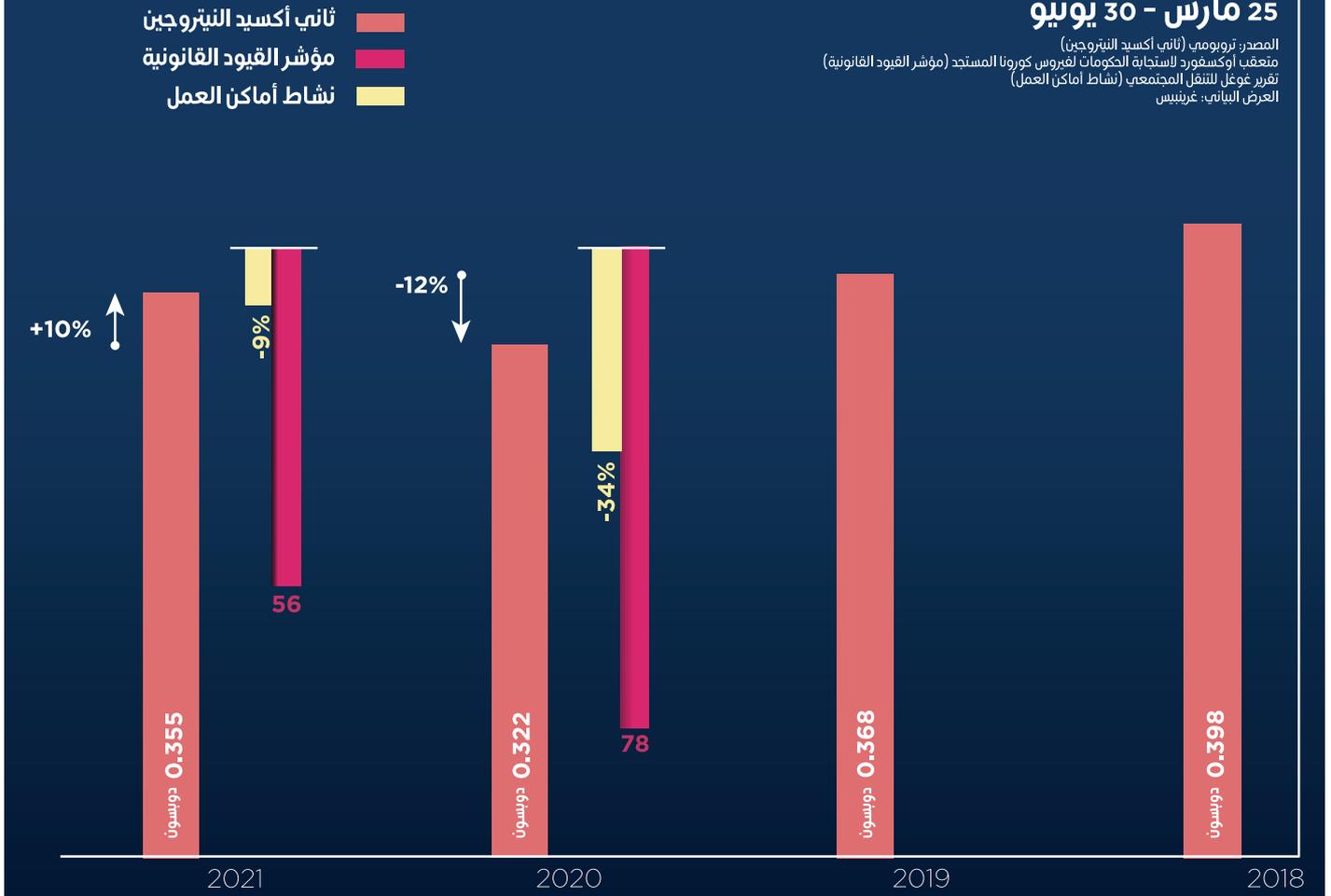
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي: الإمارات العربية المتحدة (متوسط السريان: 7 أيام)



الرسم البياني 22. القيود الحكومية الصارمة (اللوحة العليا) وتقرير غوغل للتنقل المجتمعي (اللوحة السفلى) للإمارات العربية المتحدة.

## تلوث الهواء بثاني أكسيد النيتروجين في دبي 25 مارس - 30 يونيو

المصدر: تروبومي (ثاني أكسيد النيتروجين)  
متعقب أوكسفورد للاستجابة الحكومات لفيروس كورونا المستجد (مؤشر القيود القانونية)  
تقرير غوغل للتنقل المجتمعي (نشاط أماكن العمل)  
العرض البياني: غرينيس



الرسم البياني 23: كمية ثاني أكسيد النيتروجين في عامود جوي، القيود الحكومية الصارمة، تقرير غوغل للتنقل المجتمعي لمدينة دبي في الإمارات العربية المتحدة.



GREENPEACE  
گرین پیس