دليل مؤشر جودة الهواء الخليجي

GCC Air Quality Index (GCC-AQI)

1 مقدمة:

دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) هو مؤشر يدل على نوعية و جودة الهواء في دول مجلس التعاون الخليجي ويستند دليل جودة الهواء على البيانات الواردة من محطات رصد جودة الهواء التي ستشارك بها دول مجلس التعاون الخليجي لعرضها في البوابة الإلكترونية البيئية الخليجية (GCC Environmental ePortal). و يعبر دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) عن ملوثات الهواء الرئيسية ، وهي:

1. ثاني أوكسيد الكبريت (Sulphur Dioxide, SO_2)
2. ثاني أوكسيد النيتروجين (Nitrogen Dioxide, NO_2)
3. أول أوكسيد الكربون (Carbon Monoxide, CO)
4. الأوزون الأرضي (Ground-level Ozone, O_3)
5. المواد الجسيمية الناعمة (Fine Particulate Matter, PM_{10})

ونظراً للطبيعة الصحراوية والعواصف الرملية والأيام المغبرة المتكررة في دول مجلس التعاون الخليجي فغالباً ما سيعكس دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) القيمة العالية لمؤشر المواد الجسيمية (PM_{10}) في دول مجلس التعاون الخليجي معظم أيام العام. لذلك تقرر فصل دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) إلى دليلين فرعيين: مؤشر جودة الهواء للغازات ، ومؤشر للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}). يقيس مؤشر جودة الهواء ملوثات الهواء الغازية الرئيسية الأربعة (SO_2, CO, NO_2, O_3) ، ويمثل مكافيء أعلى معدل تركيز لأحد الملوثات الغازية الأربعة دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI). أما مؤشر المواد الجسيمية فهو يقيس القيمة المعادلة لتراكيز المواد الجسيمية ذات القطر الأقل من 10 ميكرون (PM_{10}) في الهواء المحيط.

سيتم حساب دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) لخمسة ملوثات رئيسية مندرجة في اللائحة التنفيذية لمقاييس (معايير) جودة الهواء المحيط لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (الأمانة العامة ، 2008)[1] والتي قامت الأمانة العامة باعتمادها وإصدارها لحماية الصحة العامة والجدول 1-4 يوضح المعايير المعتمدة للملوثات الرئيسية الخمسة:

[1] اللائحة التنفيذية لمقاييس جودة الهواء المحيط لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (الأمانة العامة ، 2008) . http://sites.gcc-sg.org/DLibrary/index.php?action=ShowOne&BID=20

جدول (4-1): مقاييس (معايير) جودة الهواء المحيط لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (2008) [3]

طريقة القياس Measuring Method	متوسط خلال الفترة الزمنية Average Period	القياس Standard		الملوث Pollutant
		ميكروجرام/م³ µg/m³	جزء من مليون ppm	
UV-Fluoresence	ساعة واحدة	441	0.169	ثاني أكسيد الكبريت Sulfur Dioxide(SO2)
	24 ساعة	217	0.083	
	سنة واحة	65	0.076	
Chemiluminscence	ساعة واحدة	660	0.350	ثاني اكسيد النيتروجين Nitrogen Dioxide(NO2)
	سنة واحدة	100	0.050	
UV-Photometry	ساعة واحدة	235	0.120	غاز الأوزون Ozone (O_3)
	8 ساعات	157	0.08	
	24 ساعة	340		الدقائق العالقة القابلة للأستنشاق (PM_{10}) Inhalable Particulat
	ساعة واحدة	80		
Non Dispersive IR	ساعة واحدة	40000	35	أول أكسيد الكربون Carbon Monoxide(CO)
	8 ساعات	10000	9	

2 المنهجية و طريقة حساب دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI):

سيتم حساب دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) باستخدام المنهجية المتبعة في طريقة وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA[2] مع إجراء بعض التعديلات وباستخدام معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي المبينة في الجدول 4-1 أعلاه.

يتم حساب قيمة دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) وفقاً للمعادلة الرياضية التالية المستخدمة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية. وتطبق هذه المعادلة لكل ملوث على حدة:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{HI} - BP_{Lo}}(C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}.$$

حيث أن :

I_p : دليل جودة الهواء لأحد الملوثات الخمسة	I_p = the index for pollutant p
C_p : القيمة التقريبية لتركيز الملوث	C_p = the rounded concentration of pollutant p
I_{HI} : قيمة دليل جودة الهواء الموازية لقيمة نقطة التحول العليا	I_{HI} = the AQI value corresponding to BP Hi
I_{Lo} : قيمة دليل جودة الهواء الموازية لقيمة نقطة التحول الدنيا	I_{Lo} = the AQI value corresponding to BP Lo
BP_{HI} : قيمة نقطة التحول العليا التي تكون أكبر او مساوية لتركيز الملوث	BP_{Hi} = the breakpoint that is greater than or equal to C_p
BP_{Lo} : قيمة نقطة التحول الدنيا التي تكون اقل او مساوية لتركيز الملوث	BP_{Lo} = the breakpoint that is less than or equal to C_p

ويبين الجدول 4-2 نقاط التحول الدنيا و العليا (Breaking Points, BP_{Hi} & BP_{Lo}) و لكل فئة من الفئات الستة والتي ستطبق في حساب دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) للملوثات الغازية الرئيسية الأربعة (SO_2, CO, NO_2, O_3).

[2] Technical Assessment Document for the Reporrting of Daily Air Quality-the Air Quality Index (EPA-454/B-13-001, USEPA, December 2013) http://www.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-dec2013.pdf

جدول (4-2): نقاط التحول العليا و الدنيا (Breaking Points, BP_{Hi} & BP_{Lo}) للملوثات الغازية (SO_2, CO, NO_2, O_3).

محسوبة بواحدة ميكروغرام/مترمكعب ($\mu g/Nm^3$) في الشرطين النظاميين (1 Atmosphere and 273°K).

حالة دليل جودة الهواء الخليجي GCC-AQI	مجال قيمة دليل جودة الهواء الخليجي GCC-AQI	ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) $\mu g/Nm^3$ ميكروغرام/مترمكعب		أول أوكسيد الكربون (CO) mg/Nm^3 ميليغرام/مترمكعب		ثاني أوكسيد النيتروجين (NO_2) $\mu g/Nm^3$ ميكروغرام/مترمكعب		الأوزون (O_3) $\mu g/Nm^3$ ميكروغرام/مترمكعب	
		24 ساعة		8 ساعات		1 ساعة		8 ساعات	
	$(I_{Hi} - I_{Lo})$	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}
جيد جداً	50 - 0	0	108.5	0	5.0	0	330.0	0	78.5
جيد	100 - 51	108.5	**217.0**	5.0	**10.0**	330.0	**660.0**	78.5	**157.0**
غير صحي للمجموعات الحساسة	150 -101	217.0	528.3	.100	15.49	660.0	738.9	157.0	203.5
غير صحي	200 -151	528.3	868.2	15.49	19.24	738.9	1332.2	203.5	246.3
غير صحي بتاتا	300 -201	868.2	1724.9	19.24	37.98	1332.2	2563.8	246.3	801.1
خطر	500 -301	1724.9	2867.1	37.98	62.97	2563.8	4205.9	801.1	1293.7

كما يبين الجدول (4-2) أعلاه أن دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) ينقسم إلى ستة فئات :

1) الفئة الأولى من 0 إلى 50 (جيد جداً – اللون الأخضر)
2) الفئة الثانية من 51 إلى 100 (جيد – اللون الأصفر)
3) الفئة الثالثة من 101 إلى 150(غير صحي للمجوعات الحساسة – اللون البرتقالي)
4) الفئة الرابعة من 151 إلى 200 (غير صحي – اللون الأحمر)
5) الفئة الخامسة من 201 إلى 300 (غير صحي بتاتاً – اللون البنفسجي)
6) الفئة السادسة من 301 إلى 500 (خطر – اللون البني)

تم وضع نقاط التحول العليا و الدنيا للملوثات الغازية (Breaking Points, BP_{Hi} & BP_{Lo}) استناداً إلى الأسس التالية:

1. إذا كانت تراكيز الملوثات الغازية الأربعة المقاسة في الهواء تساوي نصف أوأقل من قيمة معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي (أي تساوي إلى 50% من المعيار أو أقل) فبالتالي يمكننا القول أن نوعية الهواء كانت جيدة جداً وهي أدنى بكثير من المعايير الخليجية وبالتالي تم وضع نقاط التحول العليا (Breaking Point High, BP_{Hi}) في الفئة الأولى (جيد جداً) مساوية إلى نصف قيمة معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي[3] والمبينة في الجدول 4-1 أعلاه.

[3] اللائحة التنفيذية لمقاييس جودة الهواء المحيط لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (الأمانة العامة ، 2008) . http://sites.gcc-sg.org/DLibrary/index.php?action=ShowOne&BID=20

2. كذلك إذا كانت تراكيز الملوثات الغازية الأربعة المقاسة في الهواء تساوي أو أقل من معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي فبالتالي يمكننا القول أن نوعية الهواء كانت جيدة وتحقق المعايير الخليجية ، ومن هنا تم وضع نقاط التحول العليا (Breaking Point High, BP_{Hi}) في الفئة الثانية (جيد) على أنها تعادل معايير جودة الهواء المحيط للملوثات الغازية الأربعة المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي (أي تساوي إلى 100% من المعيار) .
3. أما بالنسبة لباقي الفئات (الثالثة و الرابعة و الخامسة و السادسة) فقد تم استخدام نقاط التحول العليا (Breaking Point High, BP_{Hi}) المعتمدة و المستخدمة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية في حساب دليل جودة الهواء[4] ذلك أن هذه القيم موضوعة على أسس علمية لدراسات صحية حول تأثير الملوثات على صحة الإنسان وتهدف إلى حماية صحة الانسان.

يجب الأخذ بعين الإعتبار النقاط التالية خلال عملية حساب دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI):

1. يستند حساب دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) على متوسطات تراكيز الملوثات الغازية الأربعة (SO_2, NO_2, CO, O_3) في الهواء والمقاسة في محطات رصد جودة الهواء التي ستشارك بها دول مجلس التعاون الخليجي.
2. عند تجاوز دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) للقيمة 100 (أي أعلى من معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي)، عندها تعتبر حالة الهواء غير صحية للمجموعات الحساسة وكلما ارتفعت قيمة دليل جودة الهواء كلما شكلت نوعية الهواء خطراً على الصحة.
3. تكون القراءات التي يتم قياسها يومياً هي 24 قراءة (أي 24 متوسط ساعي). ويتم إلغاء حساب متوسطات التركيز في حال كانت نسبة القراءات الساعية أقل من 75% خلال ذلك اليوم (أي أقل من 18 قراءة للمتوسطات الساعية).
4. يتم حساب المتوسط اليومي (Daily average) للملوث ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) من مجموع قيم متوسطات التراكيز الساعية (Hourly Averages) وقسمتها على 24. ويستخدم هذا المتوسط اليومي لثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) في المعادلة الرياضية لحساب دليل جودة الهواء لهذا الملوث (Ip) لذلك اليوم.
5. يتم اختيار أعلى قيمة من قيم متوسطات التراكيز الساعية (Hourly Averages) لثاني أوكسيد النتروجين (NO_2) في ذلك اليوم و يستخدم في المعادلة الرياضية لحساب دليل جودة الهواء لهذا الملوث (Ip) لذلك اليوم.
6. تستخدم آلية المتوسط المتغير لثماني ساعات (Running or Moving 8-hrs Average) في حساب متوسط تراكيز ملوث الأوزون الأرضي (O_3) وأول اكسيد الكربون (CO). و يتم حساب عدد القراءات المحسوبة كمتوسط لفترة كل 8 ساعات ابتداءاً من الساعة 00:00 صباحا وعلى التوالي (أي من الساعة 00:00 الى الساعة 08:00 ، ثم من الساعة 01:00 الى الساعة 09:00 ، ثم من الساعة 02:00 الى الساعة 10:00 ،،،،، وهكذا دواليك لغاية من الساعة 16:00 الى الساعة 24:00). وفي حال كان عدد القراءات المحسوبة في اليوم الواحد (متوسطات 8 ساعات) **أكثر من أوتساوي** 18 قراءة في اليوم (أي أكثر من 75% من القراءات في ذلك

[4] http://www. Technical Assessment Document for the Reporrting of Daily Air Quality-the Air Quality Index (EPA-454/B-13-001, USEPA, December 2013) http://www.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-dec2013.pdf

اليوم) فيؤخذ أعلى تركيز من تلك القراءات (متوسط 8 ساعات) ويمثل قيمة أعلى المتوسطات لذلك اليوم ويستخدم في المعادلة أعلاه لحساب قيمة دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI). **أما في حال كانت عدد القراءات المحسوبة أقل من 18 قراءة، يعتمد أعلى تركيز إن كان أكثر من الحد الأقصى المسموح به لأي من الملوثين، ويكون ممثل للمعدل اليومي في ذلك اليوم. أما في حال أن التركيز أقل من الحد اليومي المسموح به فأن القراءات لا تحسب لذلك اليوم.**

7. يتم حساب متوسطات تراكيز الملوثات (SO_2, NO_2, O_3, PM_{10}) بواحدة الميكروغرام في المتر المكعب النظامي ($\mu g/Nm^3$) بينما يتم حساب متوسط تركيز أول أوكسيد الكربون (CO) بواحدة الميليغرام في المتر المكعب النظامي (mg/Nm^3). ومن أجل تحويل واحدة القياس من جزء في المليون (ppm, V/V, حجم/حجم) إلى واحدة الميكروغرام في المتر المكعب ($\mu g/m^3$) في الشرطين النظاميين (1 Atmosphere and 273ºK) يمكن استخدام المعادلة التالية:

$$\mu g/Nm^3 = \frac{ppm * MW}{22.41} * 10^3$$

حيث أن ppm هو تركيز الغاز الملوث (بواحدة جزء في المليون) و MW هو الوزن الجزيئي للغاز الملوث (SO2=64 و NO2 = 46 و O3 = 48 و CO= 28)

8. **وتؤخذ أعلى قيمة مكافئة لأعلى ملوث (I_p) من الملوثات الأربعة لتمثل دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI).**

3 مؤشر المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}):

يتم حساب مؤشر المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) بشكل منفصل عن باقي الملوثات نظراً لخصوصية منطقة دول مجلس التعاون الخليجي وتعرضها للعواصف الغبارية والغبار من المصادر الطبيعية المحلية والإقليمية والمتكررة خلال أيام السنة بحيث قد تصل في دولة الكويت إلى أكثر من 100 يوم في العام. بالتالي فإن التراكيز العالية جداً للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) من المصادر الطبيعية خلال الأيام المغبرة والعواصف الغبارية سوف تطغى على باقي المصادر ولن تعكس حقيقة التلوث بالمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) من المصادر الأخرى (مثل : النقل والصناعة والسكن و توليد الطاقة وغيرها من المصادر الأخرى الناتجة عن نشاط الإنسان Anthropogeic Sources).

كما بينت بعض الدراسات والأبحاث الحديثة في دولة الكويت أن نسبة مساهمة المصادر الطبيعية في تركيز المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10} & $PM_{2.5}$) في الهواء قد تصل حتى 54% [5] و [6]. كما أنه لايتوفر دراسات و أبحاث كافية عن سمية المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) من المصادر الطبيعية بينما هناك الكثير من الأبحاث و الدراسات لدى منظمة الصحة العالمية التي تثبت سمية المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) المنبعثة من مصادر الاحتراق المختلفة كونها محملة بالمواد العضوية والمعدنية السامة و المسرطنة.

ومن أجل حساب مؤشر المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) سيتم مقارنة متوسط التركيز اليومي للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) مع المعيار المسموح به في دول مجلس التعاون الخليجي($340\ \mu g/m^3$) . ويبين الجدول 4-3 نقاط التحول الدنيا و العليا (Breaking Points, BP_{Hi} & BP_{Lo}) و لكل فئة من الفئات الستة والتي ستطبق في حساب دليل جودة الهواء للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}).

جدول (4-3): نقاط التحول العليا و الدنيا (Breaking Points, BP_{Hi} & BP_{Lo}) للمواد الجسيمية الناعمة

حالة دليل جودة الهواء الخليجي GCC-AQI	**مجال قيمة دليل جودة الهواء الخليجي** GCC-AQI	**متوسط فترة القياس 24 ساعة وحدة القياس $\mu g/m^3$ ميكروغرام/متر مكعب**	
	$(I_{Hi} - I_{Lo})$	**نقطة التحول الدنيا BP_{Lo}**	**نقطة التحول العليا BP_{Hi}**

[5] "PM2.5 IN KUWAIT: SOURCES, EVALUATION OF MORTALITYAND BENEFITS OF CONTROL" Mohammad AlOlayan. PhD Thesis (2012). Harvard School of Public Health, Boston Massachusetts, USA.
[6] "Source apportionment of fine particles in Kuwait City". Alolayan MA, Brown KW, Evans JS, Bouhamra WS, Koutrakis P. Science of the Total Environment. 2013 Mar 15;448:14-25. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23270730

جيد جداً	50 – 0	0	170
جيد	100 – 51	170	340
غير صحي للمجموعات الحساسة	150 -101	341	400
غير صحي	200 -151	401	500
غير صحي بتاتا	300 -201	501	750
خطر	500 -301	751	1000

تم وضع نقاط التحول العليا و الدنيا (Breaking Points, BP_{Hi} & BP_{Lo}) للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) استناداً إلى الأسس التالية:

1. إذا كان تركيز المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) المقاسة في الهواء يساوي نصف أو أقل من قيمة معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي (أي تساوي إلى 50% من المعيار أو أقل) فبالتالي يمكننا القول أن نوعية الهواء كانت جيدة جداً وهي أدنى بكثير من المعايير الخليجية وبالتالي تم وضع نقاط التحول العليا (Breaking Point High, BP_{Hi}) في الفئة الأولى (جيد جداً) مساوية إلى نصف قيمة معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي[7] والمبينة في الجدول 4-1 أعلاه.
2. إذا كان تركيز المواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) المقاسة في الهواء يساوي أو أقل من معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي فبالتالي يمكننا القول أن نوعية الهواء كانت جيدة وتحقق المعايير الخليجية بالنسبة للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) ، ومن هنا تم وضع نقاط التحول العليا (Breaking Point High, BP_{Hi}) في الفئة الثانية (جيد) على أنها تعادل معايير جودة الهواء المحيط للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) والمعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي والمبينة في الجدول 4-1 أعلاه (أي تساوي إلى 100% من المعيار).
3. عند تجاوز دليل جودة الهواء الخليجي (GCC-AQI) بالنسبة للمواد الجسيمية الناعمة (PM_{10}) القيمة 100 (أي أن متوسط التركيز اليومي للمواد الجسيمية الناعمة كان أعلى من معايير جودة الهواء المحيط المعتمدة من قبل دول مجلس التعاون الخليجي 340 $\mu g/m^3$) عندها تعتبر حالة الهواء غير صحية للمجموعات الحساسة وكلما ارتفعت قيمة دليل جودة الهواء كلما شكلت نوعية الهواء خطراً على الصحة.

[7] اللائحة التنفيذية لمقاييس جودة الهواء المحيط لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (الأمانة العامة ، 2008) . http://sites.gcc-sg.org/DLibrary/index.php?action=ShowOne&BID=20