مجلة العلوم الشاملة
عدد خاص بالمؤتمر الدولي الثالث للعلوم والتقنية
المجلد (10)، العدد (37)، (نوفمبر2025)
ردمد: 3014-6266

Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (37), (NOV. 2025)
SICST2025, www.sicst.ly
ISSN: 3014-6266

تقييم التعرض لغاز كبريتيد الهيدروجين وآثاره الصحية في بيئة العمل النفطية

"دراسة حالة مجمع مليته"

د. ربيعة ضو الصغير[*1]
alsagerr@yahoo.com

أ. أمنى محمد طلوز[*2]
monaTalooz@gmail.com

عبد الرحمن منصور المخرم[*3]
abdu7479@yahoo.ca

أ. برنية الطاهر دردور[*4]
brnyhaltar@ gmail.com

المعهد العالي لتقنيات السلامة والصحة المهنية

Received: 30-09-2025; Revised: 10-10-2025; Accepted: 31-10-2025; Published: 25-11-2025

الملخص

وجود غاز كبريتيد الهيدروجين في بيئة العمل يجعلها بيئة غير آمنة، حيث يشكل خطورة كبيرة على سلامة وصحة العاملين والمحيط البيئي عند تجاوز تركيزه الحدود المسموح بها للتعرض. هدفت هذه الدراسة لتحقيق عمليات رصد وقياس تركيز هذا الغاز وتحديد اماكن انتشاره في بيئة العمل والوقوف على أهم تأثيراته الصحية على العاملين. تمحورت الدراسة حول جانبين أساسيين. تمثل الأول في أخذ قياسات لتركيز كبريتيد الهيدروجين في جميع الأقسام بالشركة موضوع الدراسة باستخدام أجهزة خاصة، وأشتمل الجانب الثاني على إستبانة العاملين حول المشاكل الصحية المرتبطة بوجود هذا الغاز في مواقع العمل. كما تم تحديد معامل الارتباط بين المشاكل الصحية والعوامل الشخصية للعاملين , أظهرت نتائج الدراسة أن مستوى تركيز غاز H_2S في جميع مواقع العمل تقع ضمن الحدود المسموح بها دولياً، حسب مواصفات (OSHA)، ألا أن التعرض لهذه المستويات على المدى البعيد يسبب في أضرار خطيرة، حيث بلغت أعلى مستويات تركيز غاز H_2S في بعض مواقع العمل إلى (3 p.p.m.). أما أهم المشاكل الصحية التي توصلت إليها النتائج كانت الشعور بالصداع، السعال، تهيج العينين، وفقدان حاسة الشم، وذلك بنسبة(35%، 10%، 10% و9.7%)على الترتيب. أكثر الفئات العمرية التي تعانى من الصداع الفئة العمرية ما بين 31–43. بينما العاملون الذين يعانون من مشاكل صحية كان مستوى تعليمهم "عالي" ، ومدة الخدمة للعاملين من5–9 سنوات هي أكثر من يعانى من المشاكل الصحية ، في حين سجلت فئة الفنيين أعلى عدد بين العاملين من يعانون من مشاكل صحية. الحدود المسموح بها حسب مواصفات إدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) ، كما أظهرت نتائج معامل الارتباط معظم العلاقات قوية أو متوسطة بين المشاكل الصحية وطبيعة العمل.

الكلمات المفتاحية: غاز كبريتيد الهيدروجين ، المشاكل الصحية، صناعات النفط والغاز. بيئة العمل، سلامة وصحة العاملين

Abstract

The presence of hydrogen sulfide in the workplace is unsafe, as it poses a significant risk to worker and environmental safety when exposure limits exceed maximum levels. This study aimed to monitor and measure the concentration and spread of this gas in the workplace and determine the most significant health effects on workers. The study focused on two main aspects. The first involved measuring hydrogen sulfide concentrations in all departments of the company under study using specialized equipment. The second included a questionnaire surveying employees about health problems associated with the presence of this gas in workplaces. The correlation coefficient between health problems and employees' personal factors was also determined. The study results showed that the concentration of H2S gas in all work sites falls within the internationally permitted limits, according to OSHA specifications. However, long-term exposure to these levels causes serious damage, as the highest concentration levels of H2S gas in some work sites reached (3 ppm). The most common health problems identified in the study were headaches, coughing, eye irritation, and loss of smell, with rates of 35%, 10%, 10%, and 9.7%, respectively. The age group most affected by headaches was the 31-43 age group. Workers with high levels of education were also more likely to report experiencing health problems. Workers with 5-9 years of service are more likely to suffer from health problems, while technicians recorded the highest number of workers with health problems. The permissible limits according to Occupational Safety and Health Administration (OSHA) specifications are within the limits. Correlation coefficient results also showed that most health problems are strong or moderately related to the nature of the job.

Keywords: Hydrogen Sulfide Gas, Health Problems, Oil and Gas Industries.Work Environment, Worker Safety and Health

1. المقدمة

يتشكل كبريتيد الهيدروجين من التحلل اللاهوائي للمواد العضوية المدفونة تحت الأرض أو في وسط ضحل مثل المستنقعات [1]، كما يمكن أن يتواجد أيضًا مع النفط والغاز في الخزانات الجوفية اعتمادًا على التاريخ الجيولوجي وموقع الخزان[2،3]. ويُشار إلى الغاز الطبيعي الذي يحتوي على كمية ملحوظة من كبريتيد الهيدروجين أكبر من (16p.p.m) باسم الغاز الحامض، في حين يُعتبر النفط الخام الذي يحتوي على أكبر من(0.5 %) كبريت، بما في ذلك كبريتيد الهيدروجين نفطاً حامضاً[4]. كبريتيد الهيدروجين (H_2S) هو غاز سام وقوي، وهو الخطر الكيميائي الرئيس لإنتاج الغاز الحامض[5]. وهو أيضًا من بين أكثر المخاطر الكيميائية شيوعاً، ومن خصائصه الأخرى تأثيره المهيج على الأغشية المخاطية، ويعد الجهاز التنفسي أكثر عرضة للخطر بسبب اتصاله غير المحمي بالغاز في الهواء. يتغلغل كبريتيد

الهيدروجين بعمق في الجهاز التنفسي نظراً لانخفاض ذوبانه نسبياً، الأمر الذي يجعله قادراً على التسبب في إصابة الحويصلات الهوائية، مما يؤدي إلى وذمة رئوية حادة جدا [6] ، ومن الممكن أن يحس الإنسان بوجود غاز كبريتيد الهيدروجين عند وصوله إلى تركيز معين أقل بكثير من الحدود المسموح بها، إلا أنه لا يمكن الإحساس بزيادة تركيزه عن هذه الحدود، مما يستدعى ضرورة قياسه بالأجهزة الخاصة بذلك لمعرفة درجة سمية الغاز [7]. اعتماداً على التشريعات والموقع، يمكن أن يختلف حد التعرض المسموح به لغاز كبريتيد الهيدروجين من 1 إلى 10 p.p.m لفترة 8 ساعات في اليوم. في معظم الحالات يكون حد التعرض قصير المدى (15 دقيقة) لتركيز 15 p.p.m ، في حين يختلف التركيز الذي لا ينبغي تجاوزه أبدًا دون استخدام الحماية التنفسية من 5 إلى 20 p.p.m [8،9،10]. عند 0.05 p.p.m ، يمكن عادةً اكتشاف H_2S من خلال رائحته المميزة التي تشبه رائحة البيض الفاسد، ولكن التركيزات التي تزيد عن 100 p.p.m ، مع ذلك، يمكن أن تشل نظام الشم داخل الجسم في دقائق، وقد تكون قاتلة لاحقًا [11]. لذلك يجب رصد وقياس غاز كبريتيد الهيدروجين في المناطق المتوقع والمحتمل التعرض فيها لهذا الغاز، وإتباع أساليب العمل الآمنة لضمان سلامة العمل والمستخدمين وذلك بتطبيق أحدث الإجراءات الإدارية، الفنية والهندسية لسيطرة والتحكم في مخاطره، واعتماد وسائل الوقاية والعلاج عند التعرض المفاجئ لمستويات عالية.

2.الدراسة العملية:

أجريت الدراسة العملية في مجمع مليته للنفط والغاز، حيث تمت زيارة الموقع خلال الفترة من 4 إلى 2025/6م، تناولت الدراسة قياس تركيز H_2S بالمواقع التالية:- (محطة استقبال الغاز A2 ، وحدة فصل الغاز عن الخام C2، وحدة فصل الغاز عن الخام E2 ، وحدة فصل الغاز H2 ، البوابة الرئيسية ، المبنى الإداري، وحدة إنتاج الكهرباء، وحدة معالجة المياه)، وذلك باستخدام جهاز متعدد الغازات (Dräger Multi-Gas Detector)على مدار ثلاثة أيام متتالية، وبمعدل ثلاث فترات زمنية يومياً (الساعة 10:00 صباحًا،الساعة 12:00 ظهرًا، الساعة 4:00 مساءً)، كما اشتملت الدراسة أيضاً على اعداد استمارة استبانة للعاملين بالمجمع عن المشاكل الصحية التي يعانون منها بسبب التعرض لغاز كبريتيد الهيدروجين، وكذلك الإجراءات المتعلقة بالسلامة في بيئة العمل. ثمثل مجتمع الدراسة في عدد 1100 من العاملين بالأقسام التي خضعت للدراسة ، وبلغت عينة الدراسة 300 بنسبة 27% من مجتمع الدراسة.

شكل رقم (1) صورة لمكان الدراسة (مجمع مليته للنفط والغاز)

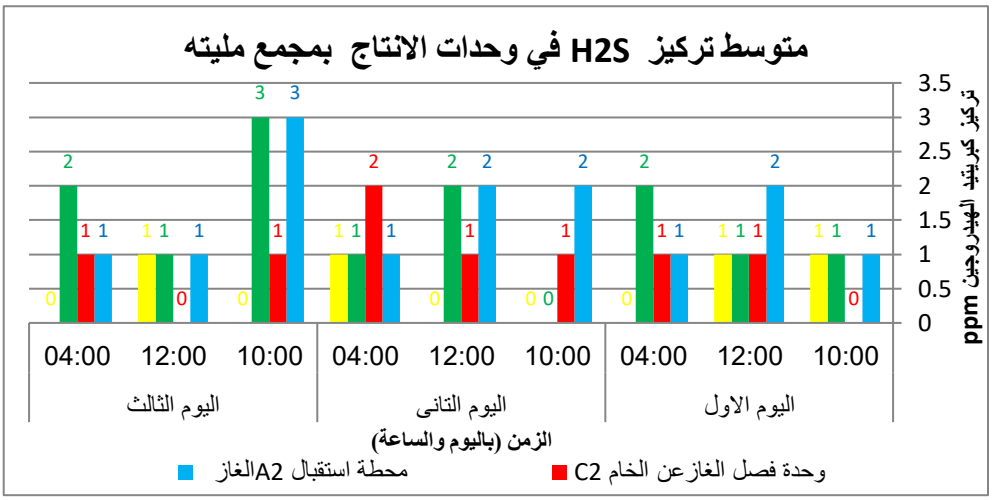
3.عرض ومناقشة النتائج :

من خلال القياسات والاستبيان توصلت الدراسة إلى النتائج التالية:

1.3. قياسات تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في بيئة العمل

تم إجراء رصد وقياس لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) في عدد من مواقع العمل الحيوية داخل مجمع مليته للنفط والغاز. وكان الهدف من هذه القياسات التحقق من مدى امتثال مستويات تركيز الغاز لمتطلبات السلامة المهنية المقررة من قبل منظمة السلامة والصحة المهنية (OSHA)، والحد الأقصى المسموح به للتعرض المستمر خلال 8 ساعات عمل عند p.p.m10 .

نلاحظ من الشكل رقم (2) أن متوسط تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في مواقع العمل تراوح بين 1-3 p.p.m حيث سجل أعلى تركيز في وحدة فصل الغاز عن الخام E2 وصل 3 p.p.m . بينما سجلت وحدة فصل الغاز H2 أقل مستوى تركيز للغاز مقارنة بالوحدات الاخرى حيث سجل (p.p.m1) خلال الايام الثلاثة وفي فترات القياس المختلفة. هذا وقد ذكرت أحدى المصادر إن التعرض المزمن في البيئات الخارجية لتركيزات منخفضة (10^{-1} جزء في المليون) لفترات طويلة قد يؤدي إلى مشاكل صحية مزمنة مثل اضطرابات الجهاز العصبي والتنفسي[5]. بشكل عام بيئة العمل داخل المجمع آمنة نسبيًا من ناحية التعرض لغاز H_2S، مع ضرورة الانتباه للانبعاثات المؤقتة في وحدات التشغيل خلال فترات النشاط المكثف.

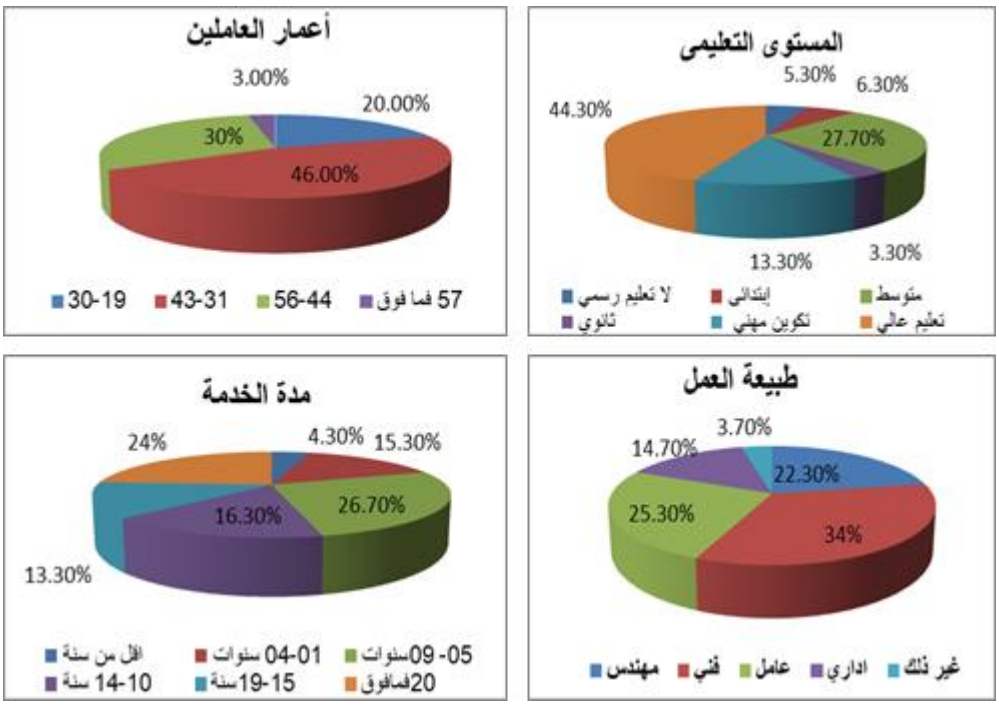


الشكل رقم (2) متوسط تركيز كبريتيد الهيدروجين H_2S في وحدات العمل بمجمع مليته للنفط والغاز

2.3 إستبيان العاملين عن المشاكل الصحية التي يعانون منها بسبب التعرض لغاز كبرتيد الهيدروجين

1.2.3 توزيع نسبة العمال حسب بعض العوامل الشخصية

يتضح من الشكل رقم (3) أن الفئة العمرية الأكثر تمثيلاً بين العمال المشاركين في الاستبيان هي الفئة التي تتراوح أعمارها بين (31–43) سنة، حيث بلغ عددهم (139) عاملاً، بنسبة بلغت (46.3%) من إجمالي العينة. في حين كانت النسبة الأكبر من العمال المشاركين في الاستبيان يمتلكون مستوى تعليمياً عالياً، حيث بلغ عددهم (133) عاملاً، ما يمثل نسبة (44.3%) من إجمالي العينة. وكانت الفئة الأكبر من العمال المشاركين في الاستبيان من حيث مدة الخدمة هي الفئة التي تتراوح مدة خدمتها بين (05–09) سنوات، حيث بلغ عددهم (80) عاملاً، ما يمثل نسبة (26.7%) من إجمالي العينة. بينما كانت النسبة الأكبر من العمال المشاركين في الاستبيان يعملون في وظائف ذات طابع فني، حيث بلغ عددهم (122) عاملاً، ما يمثل نسبة (% 32)من إجمالي العينة .تليهم فئة العمال الذين يمارسون أعمالاً يدوية مباشرة، بعدد قدره (71)عاملاً، وبنسبة (% 22.3) .



الشكل رقم (3) يوضح توزيع نسبة العمال حسب بعض العوامل الشخصية

3. 2.2 علاقة العوامل الشخصية بالمشاكل الصحية التي يعانى منها العمال

الجدول رقم (1) يبين المشاكل الصحية بين العاملين في مجمع مليته

ت	المشاكل الصحية	يعانى		لا يعانى	
		العدد	%	العدد	%
1	الصداع	105	35	195	65
2	سعال مع ألم في الرئة	31	10	269	90
3	تهيج في العينين	30	10	270	90
4	تهيج في الجلد	11	4	289	96
5	فقدان حاسة الشم	29	10	271	90
6	مشاكل في القلب والأوعية الدموية	8	3	292	97
7	التعرض إلى فقدان الوعي	3	1	297	99
8	زيارة عيادة طبية بسبب التعرض لغاز H_2S	8	3	292	97

يوضح الجدول رقم (1) أن النسبة الأكبر من العمال المشاركين في الاستبيان لا يعانون من أعراض صحية مرتبطة بالتعرض لغاز H_2S. حيث كانت نسبة من لا يعانون من الصداع (65%) من العمال، في حين أن (35%) منهم يعانون من هذه المشكلة. كذلك كانت نسبة (89.7%) من العمال لا يعانون من سعال مع ألم في الرئة، بينما نسبة (10.3%) ظهرت لديهم هذه الأعراض. وكذلك كانت مشكلة تهيّج العينين قد ظهرت بين العاملين بنسبة (10%) فقط، من العمال، أما من لا يشكون من هذه المشكلة كانت نسبتهم (90%)، في حين كانت نسبة من لا يعانون من تهيج الجلد (96.3%) من العمال، بينما يعاني (3.7%) منهم فقط من هذه المشكلة. و من لا يعانون من فقدان حاسة الشم كانت بنسبة (90.3%) ، في حين يعاني منها ما نسبته (9.7%) من العمال، أما مشاكل القلب والأوعية الدموية فقد كانت أقل شيوعا، كما أظهرت النتائج أن الغالبية العظمى من العمال لم يتعرضوا لحالات فقدان وعي، وكذلك أوضح ما نسبته (97.3%) من العمال أنهم لم يزوروا عيادة طبية بخصوص تلك المشاكل.

الجدول رقم (2) يوضح العلاقة بين المشاكل الصحية وعامل العمر لدى العاملين

عمر العاملين		30-18	43-31	56-44	57 فما فوق
المشاكل الصحية					
الصداع	يعانى	8	47	41	9
	لا يعانى	53	92	49	1
سعال مع ألم في الرئة	يعانى	4	10	15	2
	لا يعانى	57	129	75	8
تهيج في العينين	يعانى	3	13	10	4
	لأيعانى	58	126	80	6
تهيج في الجلد	يعانى	0	8	2	1
	لأيعانى	61	131	88	9
فقدان حاسة الشم	يعانى	0	13	15	1
	لا يعانى	61	126	75	9
مشاكل في القلب والأوعية الدموية	يعانى	0	1	4	3
	لا يعانى	61	138	86	7

التعرض الى فقدان الوعي	يعانى	0	1	2
	لا يعانى	61	139	89	8
زيارة عيادة طبية بسبب التعرض ل غاز H_2S	يعانى	0	2	4	2
	لا يعانى	61	137	86	8

أظهرت النتائج في الجدول رقم (2) للعلاقة بين المشاكل الصحية والعمر لدى العاملين أن معدلات الإصابة تختلف تبعًا للفئة العمرية. كان الصداع أكثر الأعراض شيوعًا لدى الفئة العمرية الاكبر في حين سُجلت أقل الحالات في الفئة العمرية الاصغر. أما السعال المصحوب بألم في الرئة فقد كان أكثر في الفئات العمرية المتوسطة في حين كانت أقل في الفئات العمرية الاصغر. وكذلك الحال في مشكلة تهيج العينين كانت أكثر وضوحًا في الفئات العمرية الأكبر.

أما تهيج الجلد فقد ظهر بشكل محدود نسبيًا بين الفئات العمرية، وفيما يخص فقدان حاسة الشم فقد سُجلت أعلى نسبة في الفئات المتوسطة في العمر، بينما كانت محدودة أو غير موجودة في بقية الفئات. وهذه النتيجة تنسجم مع ما أشار إليه (Doty & Kamath 2014) بأن التعرض طويل الأمد للملوثات الغازية قد يؤثر سلبًا على حاسة الشم.

وأيضا برزت مشاكل القلب والأوعية الدموية في الفئات الأكبر سنًاً وهذا يعكس التأثير المزدوج للتقدم في العمر والتعرض المزمن، وهو ما يتماشى مع نتائج(Brook et al. 2010) التي ربطت بين التعرض طويل الأمد للملوثات وزيادة مخاطر أمراض القلب.

وفيما يتعلق بفقدان الوعي فقد كانت الحالات نادرة نسبيًا في الفئات الاكبر، بينما لم تُسجل أي حالة في الفئات الأصغر. وهذا يشير إلى أن هذه المشكلة ترتبط بالفئات العمرية الأكبر والتي غالبًا ما تتعرض لتأثيرات تراكمية.

كما أظهرت البيانات الخاصة بزيارة العيادة الطبية نتيجة التعرض لغاز H_2S أن الفئة الأكثر تردداً على العيادات هي الفئات العمرية الاكبر، بينما لم تُسجل أي حالة في الفئات الأصغر. تؤكد هذه النتائج أن المشكلات الصحية تزداد طرديًا مع التقدم في العمر، وتحديداً في الفئات الاكبر، مما يعكس دور العمر ومدة التعرض المهني كعاملين أساسيين في ارتفاع نسب هذه المشاكل بين العاملين. أظهرت معاملات الارتباط (ρ) بين العمر والمشاكل الصحية قيماً موجبة تراوحت بين 0.316 – 0.667، مما يشير إلى وجود اتجاه طردي؛ أي أن زيادة العمر مرتبطة بزيادة احتمالية المعاناة من المشاكل الصحية المختلفة. أقوى ارتباط ظهر في فقدان حاسة الشم و زيارة العيادة الطبية بسبب التعرض لغاز H_2S حيث بلغ (ρ = 0.667). بينما كانت أضعف علاقة في مشاكل القلب والأوعية الدموية (ρ = 0.316).

على مستوى إجمالي المشاكل الصحية كان معامل سبيرمان (ρ = 0.600) مما يعكس وجود علاقة طردية متوسطة القوة بين العمر وعدد المشاكل الصحية.

الجدول رقم (3) يبين العلاقة بين المستوي التعليمي للعاملين والمشاكل الصحية

المستوى التعليمي / المشاكل الصحية		لأ تعليم رسمي	ابتدائي	متوسط	ثانوي	تكوين مهني أو متخصص	تعليم عالي
الصداع	يعانى	6	6	29	4	10	50
	لا يعانى	10	13	53	6	30	83
سعال مع ألم في الرئة	يعانى	1	1	10	3	5	11
	لا يعانى	15	18	72	7	35	122
تهيج في العينين	يعانى	2	2	11	1	6	8
	لا يعانى	14	17	71	9	34	125
تهيج في الجلد	يعانى	2	1	4	1	1	2
	لا يعانى	14	18	78	9	39	131
فقدان حاسة الشم	يعانى	2	2	6	3	6	10
	لا يعانى	14	17	76	7	34	123
مشاكل في القلب والأوعية الدموية	يعانى	1	0	1	0	0	6
	لا يعانى	15	19	81	10	40	127
التعرض الى فقدان الوعي	يعانى	1	1	0	1	0	0
	لا يعانى	15	18	82	9	40	133

زيارة عيادة طبية بسبب التعرض لغاز H_2S	**يعانى**	2	1	2	1	2	0
	لا يعانى	14	17	81	8	39	133

تشير نتائج الجول رقم (3) إلى وجود تباين ملحوظ في المشاكل الصحية باختلاف المستوى التعليمي. فقد تبين أن العاملين من ذوي التعليم العالي هم الأكثر معاناة من الصداع (50 حالة)، يليهم التعليم المتوسط (29 حالة). ويُلاحظ أن الفئات التعليمية الدنيا (غير متعلم، ابتدائي، ثانوي) سجلت أعدادًا أقل بكثير، وهو ما قد يُعزى إلى اختلاف طبيعة المهام الوظيفية ومستويات الضغط النفسي المرتبطة بها.

وبالنسبة للأعراض التنفسية، فقد سُجلت نسب أعلى بين ذوي التعليم العالي والمتوسط، ما يشير إلى أن هذه الفئة من العاملين قد تكون أكثر تعرضًا للعوامل البيئية أو الضغوط المهنية. أما بالنسبة لتهيج الجلد أو فقدان حاسة الشم، فقد وُجدت بشكل متقارب بين التعليم العالي والمتوسط والمهني، مما يعكس احتمالية أن تكون مرتبطة بطبيعة بيئة العمل أكثر من ارتباطها بالمستوى التعليمي.

أظهر تحليل معامل الارتباط من نوع سبيرمان (Spearman rho) العلاقة بين المستوي التعليمي والمشاكل الصحية لدى العاملين، فقد أظهرت النتائج علاقات إيجابية بين ارتفاع المستوى التعليمي وعدد الحالات لبعض المشاكل الصحية. وكانت المشاكل الصحية التي أظهرت علاقات معنوية: سعال مع ألم في الرئة ($p=0.77$)، تهيج في العينين ($\rho = 0.771$)، ومشاكل في القلب والأوعية الدموية ($\rho = 0.829$). بينما لم تظهر بقية المشاكل الصحية علاقات معنوية مثل الصداع، تهيج الجلد، فقدان حاسة الشم، والتعرض المؤدي إلى فقدان الوعي.

جدول رقم (4) يوضح العلاقة بين المشاكل الصحية ومدة الخدمة لدى العاملين

مدة الخدمة		**أقل من سنة**	**01-04 سنوات**	**05-09 سنوات**	**10-14 سنة**	**15-19 سنة**	**20 فما فوق**
المشاكل الصحية							
الصداع	**يعانى**	4	12	30	20	11	28
	لا يعانى	9	34	50	29	29	44
سعال مع ألم في الرئة	**يعانى**	0	2	7	7	5	10
	لا يعانى	13	44	73	42	35	62
تهيج في العينين	**يعانى**	0	2	14	4	3	7

	لا يعانى	13	44	66	45	37	65
تهيج في الجلد	يعانى	0	1	5	2	1	2
	لا يعانى	13	45	75	47	39	70
فقدان حاسة الشم	يعانى	0	0	11	4	5	9
	لا يعانى	13	46	69	47	35	63
مشاكل في القلب والأوعية الدموية	يعانى	0	1	0	2	1	4
	لا يعانى	13	45	80	48	39	68
التعرض الى فقدان الوعي	يعانى	0	0	0	1	1	1
	لا يعانى	13	46	80	48	39	71
زيارة عيادة طبية بسبب التعرض لغاز H_2S	يعانى	0	0	1	1	2	4
	لا يعانى	13	46	79	48	38	68

تشير نتائج الجدول رقم (4) إلى أن معدلات الشعور بالصداع والمشاكل الصحية الأخرى تزداد مع زيادة مدة الخدمة. ويُلاحظ أن معدلات الإصابة يقل تدريجياً في الفئات الأقل خدمة، وهذا يعكس بوضوح أثر التعرض التراكمي للمخاطر المهنية، إذ كلما طالت فترة العمل زادت احتمالية المعاناة من الأعراض الصحية المختلفة. كما كانت مشكلة السعال المصحوب بألم في الرئة بارزة بين العاملين ذوي مدة خدمة طويلة، بينما كانت أقل في الفئات الأقل مدة. في حين كانت مشكلة تهيج العينين أكثر شيوعًا في الفئات ذات الخدمة المتوسطة والطويلة، بينما كانت أقل بين الفئات ذات الخدمة القصيرة. وهذا يوحي بأن التعرض المستمر للأبخرة والغبار أو المواد الكيميائية يؤدي إلى تراكم الأعراض العينية مع مرور الوقت. كما ظهر بشكل محدود نسبياً مشكلة تهيج الجلد حيث سُجل أعلى بين العاملين ذوي مدة خدمة متوسطة، مع تناقص تدريجي بين الفئات الأعلى مدة خدمة. كذلك كانت مشكلة فقدان حاسة الشم ومشكلة القلب والأوعية الدموية أكثر وضوح بين العاملين ذوي مدة خدمة متوسطة. بينما ظهرت حالات محدودة لفقدان الوعي فقط بين العاملين ذوي الخدمة الطويلة، مما يدل على أن هذه المشكلة قد تكون مرتبطة بالتعرض المزمن أو بوجود أمراض مصاحبة تراكمية. في حين كانت أعلى النسب لزيارة العيادة الطبية بسبب التعرض لغاز H_2S بين العاملين ذوي مدة خدمة متوسطة وطويلة، مما يعكس خطورة التعرض المتكرر لهذا الغاز على الصحة وحاجة بعض العاملين إلى تدخل طبي. أظهر تحليل معامل الارتباط من نوع سبيرمان (Spearman rho) أن معظم العلاقات موجبة كلما زادت مدة الخدمة، حيث

زاد عدد المصابين ببعض المشاكل الصحية. وكانت المشاكل الصحية التي أظهرت علاقات معنوية: مشاكل القلب والأوعية الدموية (ρ = 0.743) وزيارة عيادة طبية بسبب التعرض لغاز (H_2S (ρ = 0.771). أما بقية المشاكل الصحية مثل الصداع، السعال، تهيج العينين والجلد، فقدان حاسة الشم، والتعرض لفقدان الوعي فلم تظهر علاقات معنوية.

تبين النتائج أن الفنيين كانوا الأكثر تعرضًا للصداع، بالإضافة إلى أكبر عدد من الزيارات الطبية بسبب استنشاق غاز H_2S (3حالات) مقارنة ببقية الفئات. ويعكس ذلك أن طبيعة العمل الميداني للفنيين تعرضهم لمستويات أعلى من المخاطر المهنية مثل الأبخرة، الغازات، والغبار .في المقابل، سجلت فئة الإداريين نسبًا متوسطة للصداع ومشاكل القلب والأوعية الدموية، مما قد يعكس تأثير الضغط النفسي والمجهود الإداري أكثر من التعرض البيئي المباشر. أما المهندسون فقد ظهرت لديهم مشاكل مشابهة ولكن بأعداد أقل، مثل الصداع والسعال مع ألم في الرئة، مما قد يدل على تعرضهم لمزيج من المخاطر المكتبية والميدانية. بالنسبة لبقية المشاكل الصحية، مثل تهيج الجلد، فقدان حاسة الشم، وفقدان الوعي، فقد كانت نسب الإصابة منخفضة نسبياً في جميع الفئات. تؤكد النتائج أن طبيعة العمل تعد عاملاً مؤثراً في ظهور المشاكل الصحية، حيث تزيد المشكلات المرتبطة بالتعرض المباشر للمواد الكيميائية والملوثات

جدول رقم (5) يوضح العلاقة بين المشاكل الصحية وطبيعة العمل لدى العاملين

طبيعة العمل / المشاكل الصحية		مهندس	فني	عامل	إداري	غير ذلك
الصداع	يعانى	22	33	22	25	3
	لا يعانى	45	69	54	19	8
سعال مع ألم في الرئة	يعانى	8	8	9	5	1
	لا يعانى	59	94	67	39	10
تهيج في العينين	يعانى	7	11	8	4	0
	لا يعانى	60	91	68	40	11
تهيج في الجلد	يعانى	2	3	4	1	1

	لا يعانى	65	99	72	43	10
فقدان حاسة الشم	يعانى	8	8	10	2	1
	لا يعانى	59	94	66	42	10
مشاكل في القلب والأوعية الدموية	يعانى	1	2	0	4	1
	لا يعانى	66	100	76	40	10
التعرض الى فقدان الوعي	يعانى	1	1	1	0	0
	لا يعانى	66	101	75	44	11
زيارة عيادة طبية بسبب التعرض لغاز H_2S	يعانى	2	3	2	1	0
	لا يعانى	65	99	74	43	11

بين الفئات الميدانية (الفنيين والعمال)، بينما تظهر بعض الأعراض الأخرى مثل مشاكل القلب والصداع بين الفئات المكتبية والإدارية نتيجة الضغط النفسي أو مهام العمل المكتبية. أظهرت نتائج معامل الارتباط أن معظم القيم كانت قريبة من الصفر أي أنه لا توجد علاقة واضحة بين طبيعة العمل وعدد المصابين في معظم المشاكل الصحية, ولم تظهر أي من المشاكل الصحية أي علاقة معنوية مع طبيعة العمل ($p > 0.05$)، مما يشير إلى أن نوع العمل في هذه العينة لا يؤثر بشكل واضح على ظهور المشاكل الصحية على عكس العمر أو مدة الخدمة أو المستوى التعليمي التي أظهرت بعض الاتجاهات الطردية والمعنوية لبعض المشاكل.

4. الخلاصة

يمكن الاستنتاج أن بيئة العمل التشغيلية داخل المجمع تُعد آمنة نسبياً من ناحية التعرض لغاز H_2S ، وتعكس فعالية برامج السلامة المهنية والمراقبة المستمرة والصيانة الوقائية، مما يقلل من المخاطر الصحية ويعزز استمرارية الإنتاج دون حوادث. إلا إن التراكيز التى تم تسجيلها في بيئة العمل قد تترك أثار ضارة على الانسان على المدى البعيد وهذا ما أكدته نتائج الاستبيانات للعاملين حيث ظهرت مشاكل مختلفة بين العاملين مرتبطة بتعرضهم لغازH_2S . كما تشير نتائج معامل الارتباط للقيم الموجبة في الوحدات

التشغيلية إلى أن التركيز يميل للزيادة مع مرور اليوم في بعض الفترات، لكن جميع القيم منخفضة نسبياً مقارنة بالحد الأقصى المسموح به (10 p.p.m) وفق معايير OSHA.

5.التوصيات:

- المراقبة الدورية لانبعاث غاز H_2S ، لضمان بقاء تركيزاته ضمن الحدود المسموح بها.
- تنظيم برامج تدريب وتوعية العاملين حول مخاطر الغاز وإجراءات الطواري.
- تنظيم ورديات العمل بطريقة تقلل من جرعة التعرض للغاز بما يسهم في تجنب المخاطر الصحية على العاملين.
- تطوير أنظمة التهوية والسيطرة الهندسية وتركيب أجهزة إنذارات في الوحدات ذات التركيز العالي .
- اجراء فحوصات طبية دورية للعاملين.

المراجـــــع:

1. Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2003). Wastewater engineering: Treatment and reuse. McGraw-Hill.
2. Orr, W. L., & Sinninghe Damsté, J. S. (1990). Geochemistry of sulfur in fossil fuels. In ACS symposium series (Vol. 429, pp. 2–29). American Chemical Society.
3. Marriott, R. A., Pirzadeh, P., Marrugo-Hernandez, J. J., & Raval, S. (2016). Hydrogen sulfide formation in oil and gas. Canadian Journal of Chemistry, 94(5), 406–41.
4. Kidnay, A. J., Parrish, W., & Parrish, W. R. (2006). Fundamentals of natural gas processing (Vol. 2). CRC Press.
5. 5Goodwin, M. J., Musa, O. M., & Steed, J. W. (2015). Problems associated with sour gas in the oilfield industry and their solutions. Energy & Fuels, 29(8), 4667–4682 .
6. Prior, M., Green, F., Lopez, A., Balu, A., De Sanctis, G. T., & Fick (1990). Capsaicin pretreatment modifies hydrogen sulphide-induced pulmonary injury in rats. Toxicologic Pathology, 18(2), 279–288.
7. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). (2012). Compendium of chemical terminology: Gold book (Version 2.3.2).

8. Workplace Health and Safety Bulletin. (2019). Hydrogen sulfide. Government

of Alberta. Retrieved July 25, 2019, from United States Department of Labor.

9. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2019). Hydrogen sulfide hazards. Retrieved July 25, 2019.

10. Moore, P. J., & Spitler, R. W. (2019). Hydrogen sulfide measurement and detection. American School of Gas Measurement Technology Proceedings. Retrieved December 28, 2019.

11. Guidotti, T. L. (2010). Hydrogen sulfide: Advances in understanding human toxicity. International Journal of Toxicology, 29(6), 569–581.