

Manufacture of Environmental System for Sampling Solid Chemical Pollutants from Air and Testing its Efficiency in Capturing PAHs

Dr. Hajar Nasser*
Dr. Tareq Arraj**
Mirna Fouad Ali***

(Received 23 / 3 / 2023. Accepted 30 / 8 /2023)

□ ABSTRACT □

The purpose of this study is to manufacture an environmental system for collecting solid pollutants in the air and take it as a sampling method in order to conduct the necessary analyses later to determine the concentrations of the target pollutants. The sampling system is designed according to the Anderson model, and the system holders are made of stainless steel 304 instead of aluminum, in order to allow it to be used in the event of the need to sample heavy elements from air. The previous system is connected to an air cell, then the concentration of pollutants is calculated (after analyzed them using the appropriate techniques) based on volume of air withdrawn.

The ability of this practical system to draw air is determined by (4.24 m³/h) if it was devoid of filters and (1.25 m³/h) without filters were used.

When testing the system, it was observed that the total concentrations of PAHs in 8µm porosity filter reached 31.950 ng/m³, while the total concentrations of PAHs in 1.6µm porosity filter reached 8.619 ng/m³.

Keywords: environmental sampling system, air pollution, solid chemical pollutants, organic pollutants, filters

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor - Department of Analytical Chemistry - faculty of science- Tishreen University – Lattakia-Syria. Hajar.N.Nasser@gmail.com

** Assistant Professor - Department of Environmental Chemistry - Higher Institute for Environmental Research - Tishreen University – Lattakia- Syria. arrajtareq@gmail.com

*** Master student - Department of Environmental Chemistry - Higher Institute for Environmental Research - Tishreen University – Lattakia- Syria. mirnaali214@gmail.com

تصنيع منظومة بيئية لاعتيان الملوثات الكيميائية الصلبة من الهواء واختبار كفاءتها على التقاط ملوثات PAHs

د. هاجر ناصر*

د. طارق عزّاج**

ميرنا فؤاد علي***

(تاريخ الإيداع 2023 / 3 / 23. قُبِلَ للنشر في 2023 / 8 / 30)

□ ملخّص □

تناولت هذه الدراسة، تصنيع منظومة بيئية لجمع المركبات الكيميائية الصلبة الموجودة في الهواء كملوثات واتخاذها كطريقة اعتيان بهدف إجراء التحاليل الكيميائية اللازمة لاحقاً لتحديد تراكيز الملوثات المستهدفة. تم تصميم منظومة الاعتيان وفق نموذج أندرسون، وتم تصنيع حوامل المنظومة من الستانلس سنيل 304 بدلاً من الألمنيوم وذلك لإتاحة استخدامه في حالة الحاجة لاعتيان العناصر الثقيلة من الهواء. توصل المنظومة السابقة بمخّلية هواء، ثم يتم حساب تركيز الملوثات (بعد تحليلها بالتقانات المناسبة) اعتماداً على معرفة حجم الهواء المسحوب حيث أن قدرة هذه المنظومة العملية على سحب الهواء هي $(4.24 \text{ m}^3/\text{h})$ إذا كانت خالية من الفلاتر و $(1.25 \text{ m}^3/\text{h})$ عند استخدام الفلاتر. عند اختبار المنظومة لوحظ بأن مجموع تراكيز PAHs الموجودة على فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$ وصل الى $31.950 \text{ ng}/\text{m}^3$ بينما وصل مجموع تراكيز PAHs الموجودة على فلتر بمسامية $1.6\mu\text{m}$ إلى $8.619 \text{ ng}/\text{m}^3$.

الكلمات المفتاحية: منظومة اعتيان، تلوث هواء، ملوثات صلبة، ملوثات عضوية، فلاتر

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ - الكيمياء التحليلية - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. Hajar.N.Nasser@gmail.com

** مدرس - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. arraitareq@gmail.com

*** طالبة ماجستير - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

mirnaali214@gmail.com

مقدمة:

يتكون الغلاف الجوي المحيط بالأرض من عدة طبقات، يتم تحديدها من خلال درجة حرارتها، حيث يحتوي الغلاف الجوي على العديد من الغازات منها: الأكسجين O₂ (20.95%)، النيتروجين N₂ (78.08%)، الأرجون Ar (0.93%)، غاز ثنائي أكسيد الكربون CO₂ (0.03%)،..... الخ [25]. يُعد محتوى الأكسجين في الهواء المحيط (هواء التروبوسفير السفلي) هو العامل الرئيس في تحديد الحالة الصحية للإنسان، ومن المعروف أن نقص الأكسجين يسبب نقص الأكسجة لدى البشر (انخفاض محتوى الأكسجين في الدم) وخاصة الذين يعيشون في المدن بسبب العوامل البيئية الناتجة عن زيادة محتويات الغلاف الجوي من أول أكسيد الكربون والجسيمات العالقة (الايروسول)، والتي تمنع امتصاص الأكسجين - بشكل صحيح في الجسم [8].

يجب التمييز بين نوعين من تلوث الهواء:

- الانبعاثات المباشرة للملوثات من مصادرها.
- تراكيز الملوثات الموجودة في الهواء المحيط بمجرد خلط مختلف الانبعاثات ونقلها بواسطة عمليات الغلاف الجوي. ومن هذه الملوثات:

أ- الملوثات الأولية: تكون منبعثة مباشرة من مصادر مختلفة.

ب- الملوثات الثانوية: تتشكل عندما تخضع الملوثات الأولية لتغيرات في الغلاف الجوي [12].

توجد أنواع مختلفة من ملوثات الهواء مثل أكاسيد الكبريت (خاصة SO₂)، وأول أكسيد الكربون (CO)، والمركبات العضوية المتطايرة (Volatile Organic Compounds (VOC)، بالإضافة إلى الجسيمات التي تتشكل في الغلاف الجوي مثل الايروسول Aerosol وغيرها من الملوثات الضارة [20]. يُعرّف الايروسول بأنه مجموعة من الجسيمات الصلبة أو السائلة المعلقة في غاز. يُفضل علماء الغلاف الجوي أيضاً التمييز بين جزيئات السحب وأنواع الجسيمات الأخرى في الغلاف الجوي. لهذا السبب تشمل الايروسولات الجسيمات صلبة أو السائلة المعلقة في الغلاف الجوي باستثناء جميع الجسيمات الناتجة عن الظواهر الجوية (قطرات المطر، بلورات الجليد، ندف الثلج) [4]. توجد مصادر طبيعية للايروسول منها: رذاذ البحر، وتفتت الصخور، والأشجار، والانفجارات البركانية وجميعها تساهم في تشكيل هذه الجسيمات في الغلاف الجوي، أما المصادر الرئيسية للايروسول الناتج عن الأنشطة البشرية فتشمل عمليات الاحتراق المختلفة مثل احتراق الفحم، والانبعاثات من وسائل النقل، ومجموعة متنوعة من العمليات الصناعية. تؤثر جزيئات الايروسول أيضاً وبشكل كبير على عمليتي التبريد والاحتباس الحراري العالمي في طبقة التروبوسفير [18]. يمكن أن نميز بين تأثيرين رئيسين للايروسول على المناخ:

- التأثير المباشر: يمكن للايروسول أن يبرد أو يمتص الإشعاع الشمسي والأرضي وبالتالي يؤثر على الحرارة الكلية للأرض.

- التأثير غير المباشر: يؤثر الايروسول على التوازن الإشعاعي للأرض بشكل غير مباشر بعدة طرائق، حيث يؤثر الايروسول على العمليات الديناميكية الداخلة في تكوين السحب [10].

أما فيما يتعلق بتأثيره على الصحة، أعلنت منظمة الصحة العالمية (WHO) أن الهواء الملوث بالجسيمات يمكن أن يسبب الربو والسكتة الدماغية وأمراض القلب وغيرها من الأمراض [14]. يشمل التلوث بالجسيمات (PM) Particulate Matter جزيئات بأقطار 10µm أو أصغر تسمى PM10، وجزيئات دقيقة بأقطار تبلغ 2.5µm أو

أصغر تسمى PM2.5. يمكن استنشاق الجسيمات PM10 و PM2.5 ويمكن أن تدخل إلى الرئتين وتصل إلى مجرى الدم [11]، حيث يسهل قطر الجسيمات الدقيقة ترسيبها عند استنشاقها. على سبيل المثال، الجسيمات الخشنة PM10 تترسب بشكل رئيس في المجاري الهوائية الكبيرة، بينما الجسيمات PM2.5 يمكن أن تعبر الحاجز السخي الشعري، وتنتقل إلى أعضاء أخرى داخل الجسم [3]. أحد أهم الأسباب التي توضح تأثير الجسيمات على صحة الإنسان هو حادثة "الضباب الدخاني" عام 1952 في لندن. حيث استمر التلوث بالجسيمات الناتجة عن حرق الفحم فوق المدينة مدة أربعة أيام وذلك بسبب الانخفاض الشديد لدرجات الحرارة وقلّة الرياح، وتم توثيق حوالي 4000 حالة وفاة. ونتيجة هذه الحوادث (الضباب الدخاني والظواهر الواضحة لتغير المناخ)، تلتزم العديد من البلدان الآن بالتشريعات الدولية والوطنية لمعايير جودة الهواء، وتتطلب هذه الاتفاقيات تقارير منتظمة عن جودة الهواء بما في ذلك تراكيز PM10 [24]. وبالتالي لابد من دراسة هذه الملوثات لاتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من التلوث. تم تطوير أجهزة مختلفة لتحديد كمية الملوثات في الجو بالاعتماد على نوعين من الاعتيان: الاعتيان النشط الذي يحتاج إلى وجود مخلية لإجبار الهواء على التدفق عبر جهاز الاعتيان، والاعتيان التلقائي الذي تتدفق فيه الجزيئات دون أي تأثيرات خارجية (تدفق حر) عبر منظومة الاعتيان وفقاً لقانون Fick الأول للانتشار [5]، و صحيح بأن هذه الطريقة التلقائية تحتاج لأقل كمية ممكنة من المذيب ولكنها تحتاج إلى وقت اعتيان طويل جداً قد يصل إلى عدة أشهر [9]. قام Raimon وباحتون آخرون باستخدام طريقة الاعتيان التلقائي باستخدام رغوة البولي يوريثان Polyurethane Foam Passive Air Samplers (PUF-PAS) وتعد من الطرائق الجيدة لتحديد تراكيز المركبات العضوية الغازية شبه المتطايرة في الهواء Semi-Volatile Organic Compounds (SVOC) وعلى مدى فترات طويلة وذلك لأنها لا تتطلب مصدراً للطاقة. تم نشر أقراص من رغوة البولي يوريثان (PUF) وذلك بعد غسلها جيداً بالماء المقطر والأسيتون، وتنشيطها بالأسيتون والهكسان كمرحلة أولى، ثم تنشيطها مرة أخرى بالهكسان فقط كمرحلة ثانية، وتجفيفها في الخلاء ثم نشرها واستخدامها. وُضعت الأقراص داخل قبة من الفولاذ المقاوم للصدأ الشكل (1) مُثبتة على ارتفاع 3 أمتار فوق مستوى الأرض على برج يحمل معدات محطة الأرصاد الجوية [16].

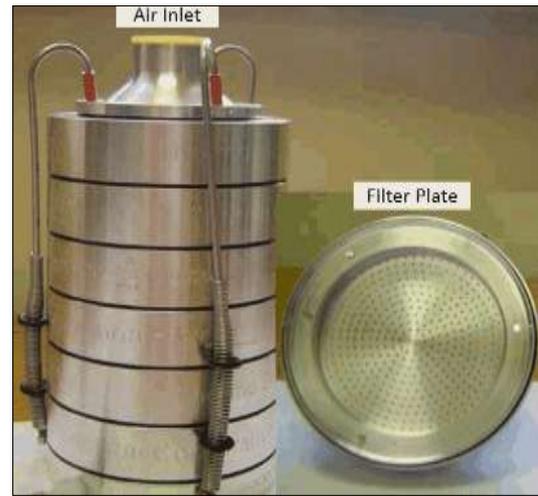


الشكل (1) الاعتيان التلقائي برغوة البولي يوريثان (PUF-PAS)

ويمكن استخدام رغوة البولي يوريثان في الاعتيان النشط لاحتجاز الغازات الموجودة في الهواء، باستخدام أجهزة الاعتيان ذات الحجم الكبير التي تعمل بتدفق $1\text{m}^3/\text{min}$ أو ذات الحجم الصغير التي يصل تدفقها إلى عدة لترات في الدقيقة [6]. يوجد ثلاثة أنواع رئيسية لطرائق الاعتيان النشط: طريقة تعتمد على مبدأ تسريع الهواء، طريقة تعتمد على مبدأ الطرد المركزي، عملية الترشيح. تعتمد الطريقة الأولى على تسريع الهواء بزوايا 90 درجة من خلال ثقوب موجودة في رأس الجهاز (غالباً ما يكون التصميم "مثل المنخل")، أما طريقة الطرد المركزي تعتمد على سحب الهواء إلى رأس جهاز الاعتيان من خلال ريشة دوارة تقوم بإلقاء الجسيمات من الهواء على الفلتر من خلال تأثير قوة الطرد المركزي. أما بالنسبة لاعتيان الهواء بواسطة الترشيح، يتم التقاط الجسيمات على مرشح غشائي مناسب. ولكي تكون أجهزة اعتيان الهواء الفعالة يجب أن تمتلك القدرة على ترسيب الجسيمات التي لا يقل حجمها عن $2\mu\text{m}$ [17]. تعتمد الطريقة التقليدية للاعتيان من الهواء على تمرير الهواء الملوث من خلال أنبوب زجاجي يحتوي على مادة ماصة لالتقاط المواد المدروسة، ثم إذابتها أو استخلاصها قبل عملية التحليل الآلي. قام باحثون في دراسات أخرى باستخدام أنابيب زجاجية مملوءة بمادة Tenax TA الماصة، لاعتيان الهواء الملوث بـ GB (وهي غازات مستخدمة في الحروب) وتحليلها بواسطة GC-MS. وتم تصميم جهاز Sniff Probe مزود بأنبوب عمودي قصير مفتوح ذو طبقة شعرية أو مسامية لاعتيان الغازات من الهواء. وتم وصله بمخلاة مصغرة لتمرير عينة الهواء داخل العمود، ومن ثم نُقلت الأعمدة إلى المختبر لتحليلها بواسطة GC-MS [23]. هناك العديد من الطرائق لاعتيان الملوثات من الهواء، ولكن الأكثر استخداماً هو توصيل مخلاة بفلتر، حيث يمر الهواء عبر فلتر (عادة فلتر ورقي أو زجاجي للملوثات الصلبة ومادة ماصة للغازات)، ويتم قياس حجم الهواء مقابل كمية الملوثات الملتقطة. وبالتالي نحصل على التركيز، والذي يتم التعبير عنه إما بالميللي غرام لكل متر مكعب (mg / m^3) أو أجزاء من المليون (ppm). ويتم حساب حجم الهواء بضرب معدل التدفق عبر الفلتر بالزمن. [19] في حين تم استخدام جهاز Andersen الشكل (a-2) لاعتيان الايروسولات الحيوية، وهو عبارة عن جهاز مؤلف من ست حوامل مزود بأطباق بتري بلاستيكية، وتم إرفاق كل حامل بمرشح يتكون من 400 ثقب. يتراوح قطر الثقوب من 1.2mm في الحامل الأول الموجود في الأعلى إلى 0.25mm على الحامل السادس المتوضع أسفل الجهاز. ويكون حجم الثقوب ثابت في الحوامل. تم الحفاظ على معدل تدفق ثابت قدره 28.3L في الدقيقة. تم استخدام جهاز لقياس التدفق (مقياس تدفق غاز ثانوي)، وهو مرفق بجهاز Andersen، ويتم استخدامه لقياس كمية الهواء المسحوبة بالداخل قبل كل استخدام. وتم استخدام أطباق بتري بلاستيكية مقاس $15\text{mm} \times 100\text{mm}$ الشكل (b-2).

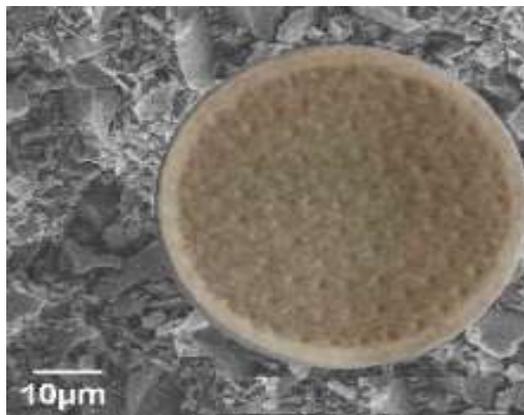


(a)

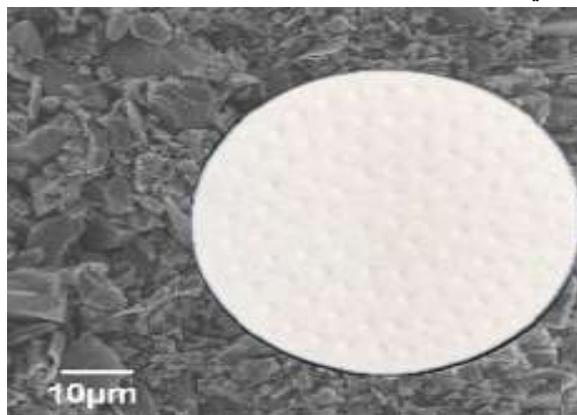


(b)

الشكل (2): (a) جهاز Andersen لاعتيان الايروسولات الحيوية، (b) أطباق بتري في جهاز Andersen تراوح وقت أخذ العينات من 15 إلى 20 دقيقة علماً أنه لا يوجد معيار محدد لوقت أخذ العينات، وتم تجميع الايروسولات الحيوية في الجزء الخارجي من أطباق بتري البلاستيكية [7]. يُعد الاعتيان بواسطة الفلاتر الطريقة الأكثر استخداماً لجمع الايروسولات الموجودة في الهواء، وقد قام ليو وآخرون بفحص أداء بعض أنواع الفلاتر لتحديد كفاءتها في الاعتيان وأبلغوا عن تغييرات في كفاءة التجميع والتي كان سببها انخفاض الضغط واختلاف أحجام الايروسولات. يوجد أنواع عديدة للفلاتر المستخدمة في الاعتيان منها: إستر السليلوز المختلط Mixed Cellulose Ester (MCE)، البولي كربونات Polycarbonate، بولي تترافلورو إيثيلين Poly Tetra Fluoro Ethylene (PTFE)، بولي فينيل كلوريد Poly Vinyl Chloride (PVC). الخ [21]، استخدمت فلاتر مصنوعة من ألياف السيللوز بأقطار تتراوح من $9\mu\text{m}$ إلى $26\mu\text{m}$ من أجل جمع الجسيمات المختلفة، بما في ذلك TSP Total Suspended Particulate (إجمالي الجسيمات العالقة)، PM_{10} ، $\text{PM}_{2.5}$. وتم طلاء سطحها بجزيئات السيليكا التي يبلغ قطرها $10\mu\text{m}$ حيث توفر هذه بالإضافة كفاءة عالية لامتناس المركبات العضوية والايروسولات من الهواء. ولإثبات كفاءة الاعتيان بالورق المطلي بالسيليكا في عملية الاعتيان. تم فحص سطح الفلتر بعد ساعة واحدة من الاعتيان. كما هو مبين في الشكل (3).



(b)



(a)

الشكل (3) ورق مطلي بالسيليكا، (a) الوجه الأمامي (قبل الاعتيان)، (b) الوجه الأمامي (بعد الاعتيان)

حيث ظهر الوجه الأمامي للفلتر المطلي بالسيليكا باللون الأصفر الداكن، مما يدل على الكفاءة العالية في الاعتيان. تم وضع جزء من الورق المطلي بالسيليكا في الميثانول وتبين أن شكله ظل ثابتاً قبل وبعد وضعها في المذيب، مما يشير إلى أن الفلتر المطلي بالسيليكا كان مناسباً للتحليل المباشر [15]. كما يمكن تصنيع الفلاتر مخبرياً، حيث قام Chun و Tongling بتصنيع فلتر من الألياف النانوية nanofiber لجمع جسيمات PM2.5، وتم تصنيع هذه الفلاتر مخبرياً بواسطة آلة غزل كهربائي، حيث تم إذابة حبيبات النايلون في حمض الفورميك ومن ثم ضبط تراكيز المحلول عند نسب محددة. كانت أقطار الألياف الناتجة $83 \pm 7 \text{nm}$ و $123 \pm 14 \text{nm}$ ، وأوضحت هذه الدراسة أن فلتر nanofiber ذات فعالية في جمع جسيمات PM2.5 الموجودة في الهواء على المدى القصير [22].

أهمية البحث وأهدافه:

إن زيادة تلوث الهواء في جونا المحيط وعدم وجود طرائق وآليات موصفة في الجامعة لاعتيان ملوثات الهواء الصلبة أدى إلى السعي لتحقيق هدف هذه الدراسة والذي هو تصنيع منظومة لاعتيان الملوثات الصلبة من الهواء بما يتناسب مع كل من إمكانيات التصنيع المحلية وموقع الاعتيان، إجراء تحليل لبعض العينات ومقارنة النتائج مع طرائق ومنظومات أخرى.

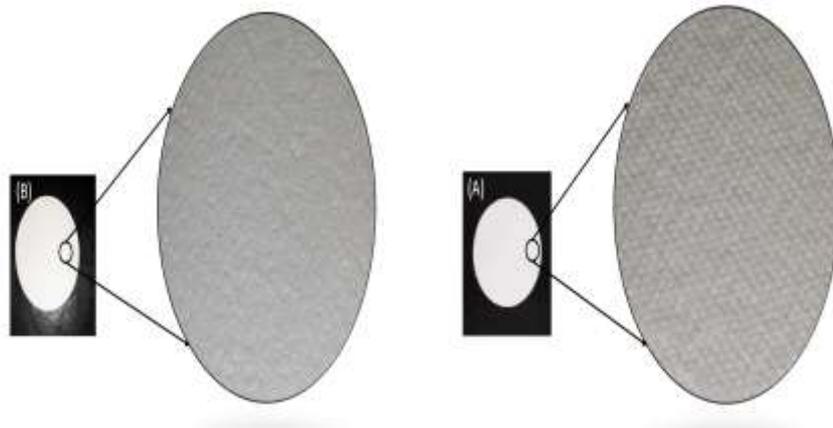
طرائق البحث ومواده:

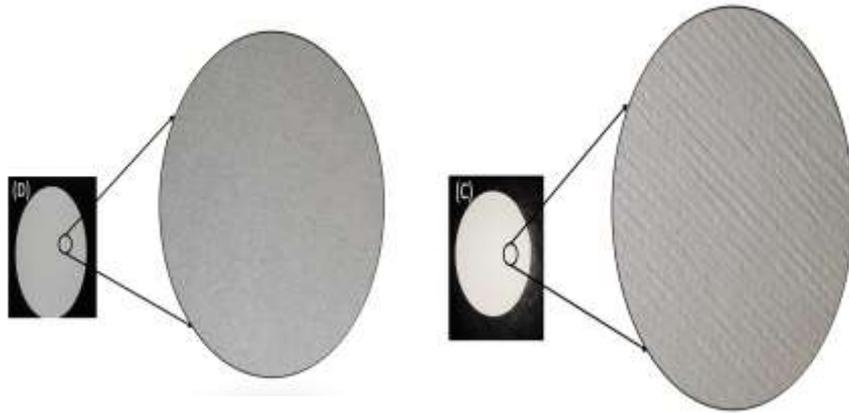
1-المعدن المستخدم: الستانلس ستيل 304 المقاوم للصدأ، ذو المواصفات المبينة في الجدول (1). [1]

الجدول (1) التركيب الكيميائي لمعدن الستانلس ستيل 304

العنصر	Cr	Ni	Mn	Si	N	P	C
Max%	18-20	8.5-10.5	2.00	0.75	0.10	0.045	0.08

2-الفلاتر المستخدمة: تتضمن هذه المنظومة استعمال أربعة أنواع من الفلاتر بمساميات مختلفة ويظهر الجدول (2) مواصفات هذه الفلاتر من حيث النوع والمسامية والشركة المصنعة وبلد المنشأ. ويظهر الشكل (4) صوراً مقربة (X10) لكل من فلاتر المنظومة ذات قطر 9cm.





الشكل (4) أبعاد الفلاتر المستخدمة: (A):0.7 μm ، (B):1.6 μm ، (C):1.3 μm ، (D):8 μm

الجدول (2) مواصفات الفلاتر المستخدمة ضمن المنظومة

نوع الفلتر	المسامية	الشركة المصنعة	البلد المصنع
Glass Fibre paper	0.7 μm	MACHEREY-NAGEL	Germany
Glass Fibre paper	1.3 μm	Schleicher& schüell	Germany
Glass Fibre paper	1.6 μm	BOECO	Germany
Filter paper	8 μm	Whatman	ENGLAND

3-المخلّية: تم اختبار نوعين من المخلّيات:

3-1-مخلّية (Sartorius): ألمانية الصنع، الشكل (5) والتي تحمل المواصفات التالية:

Type	16692	Hz	50
Nr	02221465	W	100
P _{max} bar	2.5	A	0.7
VAC	230		



الشكل (5) مخلّية Sartorius الألمانية

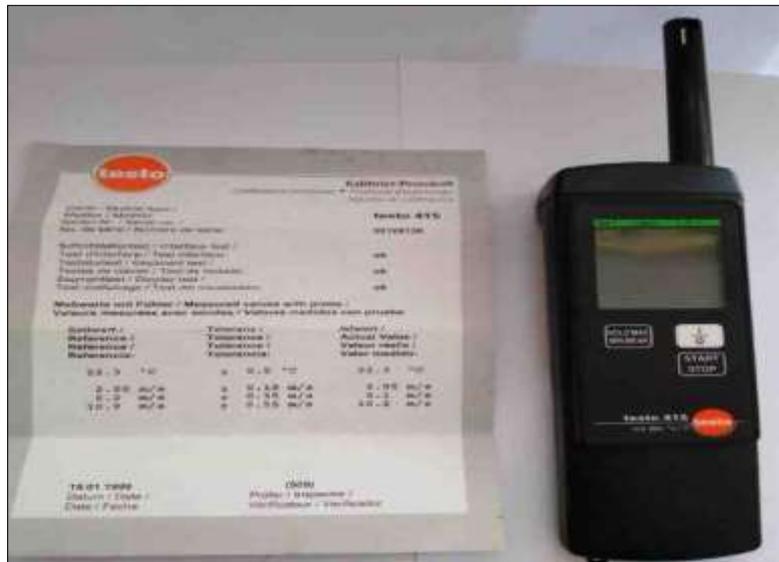
3-2-مخلية (ALTAY): صينية الصنع، الشكل (6) والتي تحمل المواصفات التالية:

Stage Double	RD-1	Power Supply	220 V/50Hz
Pressure Limit (Pa)	$6.7 * 10^{-2}$	Air-bleeding Speed	3.5 m ³ /h
Power (W)	250	Rotary Speed	1400 rmp



الشكل (6) مخلية ALTAY الصينية

تم حساب التدفق العملي للهواء ABS باستخدام المخلتين وذلك لاختيار المخلية الأنسب لهذه المنظومة وتم قياس سرعة الهواء V_{air} باستخدام جهاز testo 415 الشكل (7).

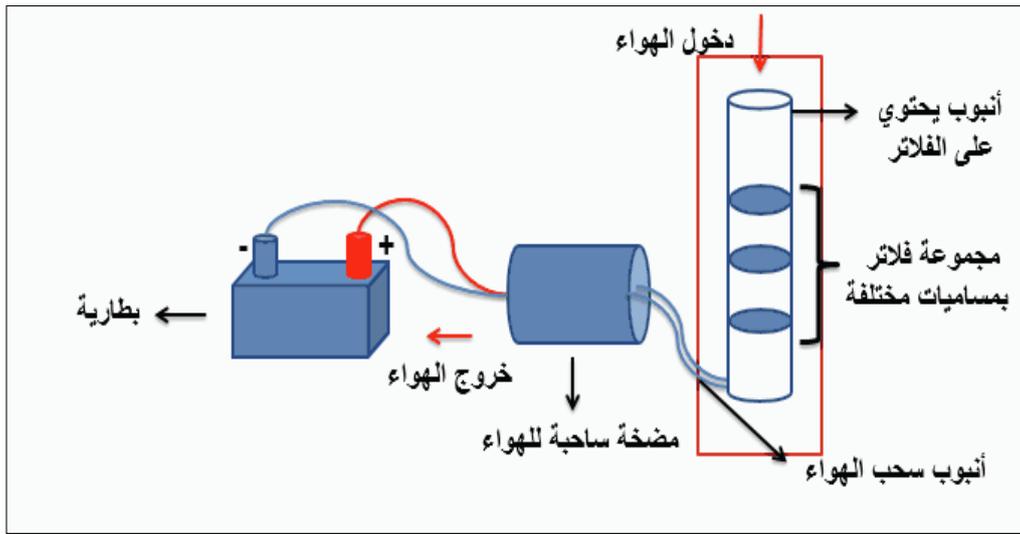


الشكل (7) جهاز testo 415 المستخدم لقياس سرعة الهواء

النتائج والمناقشة: بغية تحقيق الهدف المطلوب وهو تصنيع منظومة اعتيان ومن ثم توصيفها وتحديد بعض البارامترات المساعدة في تحسين جودة وطريقة الاعتيان كان لابد من وضع مقترح لمنظومة الاعتيان.

1- منظومة الاعتيان

1-1 توصيف منظومة الاعتيان: تم اقتراح تصميم منظومة الاعتيان من الهواء وفق المخطط المبين في الشكل (8).



الشكل (8) التصميم المقترح لمنظومة الاعتيان

1-2 تصنيع المنظومة: تم تصنيع حوامل الفلتر من الستانلس ستيل 304 بدلاً من الألمنيوم وذلك لإتاحة استخدامها في حالة الحاجة لاعتيان العناصر الثقيلة من الهواء الشكل (9)، وتم تصميم الجهاز وفقاً لنموذج Andersen.



الشكل (9) منظومة الاعتيان في موقع الدراسة

3-4 أقسام منظومة الاعتيان: تتألف منظومة الاعتيان من:

1-3-1 قمع دخول الهواء الشكل (10-a)، وأربعة حوامل لوضع الفلتر، رمّزت بحسب تزايد أقطار ثقبها بـ S1، S2، S3، S4 مزودة بحلقات عزل مطاطية لمنع تسريب الهواء مع قاعدة وأربع قوائم الشكل (10-b).



(b)



(a)

الشكل (10) أقسام منظومة الاعتيان: (a) قمع دخول الهواء، (b) حوامل جهاز الاعتيان

حيث أن أبعاد قمع دخول الهواء والحوامل هي كما في الجدول (3).

الجدول (3) أبعاد أقسام منظومة الاعتيان

حامل الفلتر	قمع دخول الهواء	جزء الجهاز المعامل
570	1252	الوزن W gr
9	2	القطر R cm
2	7.6	الارتفاع h cm
1	1.5	العمق L cm
1	0.5	السماعة l cm

وكان عدد وأبعاد ثقوب ووزن كل حامل كما هو مبين في جدول (4).

الجدول (4) مواصفات حوامل منظومة الاعتيان

قطر الثقوب mm	عدد الثقوب	الحامل
1	25	S1
2	20	S2
3	10	S3
5	6	S4

1-3-2 المخلية

تم حساب التدفق العملي للهواء ABS باستخدام كل من المخليتين، حيث تم استخدام المعادلة (1) للحسابات:

$$ABS = (r)^2 * \pi * V_{air} \dots \dots (1)$$

حيث:

ABS: تدفق الهواء m³/h

r: نصف قطر فوهة دخول الهواء mm

V_{air} : سرعة الهواء m/h

فكانت النتائج بحسب ما هو وارد في الجدول (5):

الجدول (5) قيم التدفق العملي ABS المخلّتين

ABS m ³ /h	V_{air} m/s	r mm	
0.7	15.5	2	مخلّية Sartorius الألمانية
4.75	4.2	10	مخلّية ALTAY الصينية

من نتائج الجدول السابق تبين بأن المخلّية التي لها القدرة على سحب الحجم الأكبر من الهواء هي مخلّية ALTAY الصينية. حساب تدفق الهواء ضمن منظومة الاعتيان الجدول (6) والجدول (7).

الجدول (6) قيم تدفق الهواء في جهاز الاعتيان دون وجود الفلاتر

ABS m ³ /h	V_{air} m/s	الحامل بدون فلتر
4.21	3.72	S1
4.49	3.97	S2
4.51	3.99	S3
4.63	4.1	S4
4.26	3.77	S1+S2
4.22	3.73	S1+S2+S3
4.24	3.75	S1+S2+S3+S4

الجدول (7) قيم تدفق الهواء في جهاز الاعتيان مع فلاتر

ABS m ³ /h	V_{air} m/s	الحامل مع فلتر
0.72	0.64	S1+S2+S3+S4

نلاحظ أنه عند إضافة الفلاتر إلى الحوامل انخفض تدفق الهواء بشكل كبير، وهو أمر طبيعي نظراً لمسامية الفلاتر الصغيرة جداً، وبالتالي تم تعديل الحوامل S1 و S2 بزيادة عدد الثقوب في كل منها ليصبح عددها كما هو مبين في جدول (8).

الجدول (8) مواصفات حوامل منظومة الاعتيان بعد التعديل

قطر الثقب mm	عدد الثقوب	الحامل
1	57	S1
2	45	S2
3	10	S3
5	6	S4

وتمت المقارنة مع التدفق في الحامل S4 كونه الحامل ذو الأقطار والمساميات الأكبر، كونه الأكبر أقطاراً للثقوب، ليصبح التدفق كما هو مبين في جدول (9).

الجدول (9) المقارنة بين قيم التدفق لجهاز الاعتيان، الحامل S4 مع بقية الحوامل بعد التعديل

ABS m ³ /h	V_{air} m/s	الحامل مع فلتر
1.24	1.1	S4
1.25	1.11	S1+S2+S3+S4

من قيم التدفق الأخيرة نلاحظ أنّ عدد وأقطار ثقوب الحوامل ليست ذات تأثير كبير وإنما الذي يؤثر على قيم التدفق هو مسامية الفلاتر وهو أمر متوقع حيث أنه ووفقاً لمعادلة حساب التدفق (السابقة) فإنه لا تأثير لعدد الثقوب في الحوامل وإنما التأثير الرئيس هو لمسامات الفلاتر.

2- نتائج التحليل

تم في هذه الدراسة اختيار نوعين من المساميات هما $8\mu\text{m}$ و $1.6\mu\text{m}$ وقد وُزنت الفلاتر قبل وبعد عملية الاعتيان باستخدام كلا المضختين السابقتين فكانت النتائج كما يلي:

الجدول (10) وزن الفلاتر باستخدام مضخة ALTAY الصينية

مسامية الفلتر	وزن الفلتر قبل الاعتيان (mg)	وزن الفلتر بعد الاعتيان (mg)	وزن الايروسول (mg)
فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$	576.4	581.6	5.2
فلتر بمسامية $1.6\mu\text{m}$	337.3	339.2	1.9

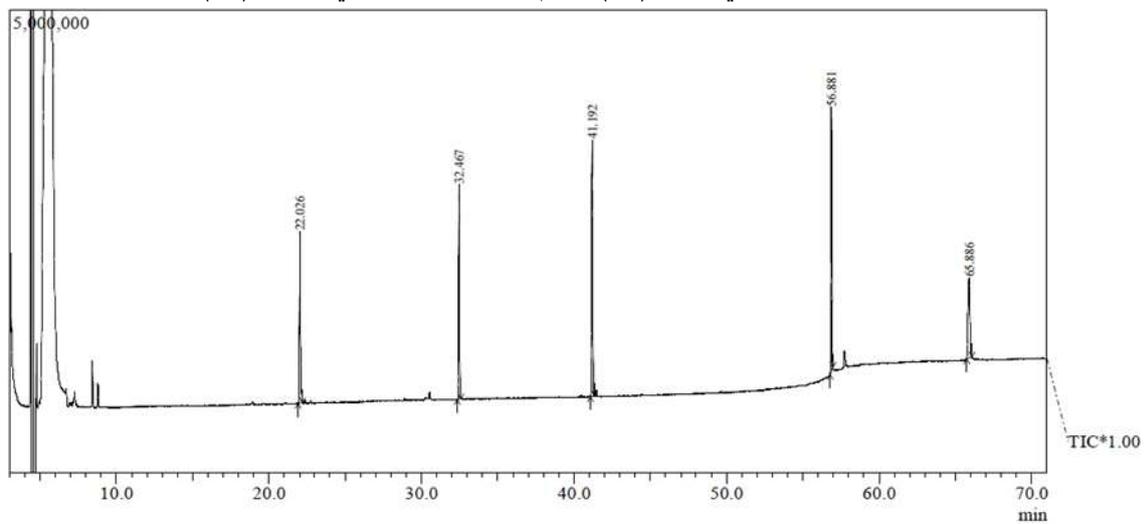
الجدول (11) وزن الفلاتر باستخدام مضخة Sartorius الألمانية

مسامية الفلتر	وزن الفلتر قبل الاعتيان (mg)	وزن الفلتر بعد الاعتيان (mg)	وزن الايروسول (mg)
فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$	575.1	576.3	1.2
فلتر بمسامية $1.6\mu\text{m}$	336.5	336.9	0.4

وتم حساب تركيز الملوثات بعد تحليلها بتقانة GC-MS باستخدام عمود ذو المواصفات التالية:
نوع العمود DB-5 بطول 30m قطر 0.32mm وسماكة فيلم $1\mu\text{m}$. بالشروط التحليلية التالية:

الغاز الحامل	الهليوم
التدفق	28 ml/sec
درجة حرارة الحاقن	280 c°
البرنامج الحراري	70 c° (درجة الحرارة الأولية) لمدة 4 دقائق $10\text{ c}^\circ/\text{min}$ إلى 300 c° لمدة 10 دقائق
زمن التحليل	حوالي 50 دقيقة

تم حقن محلول عياري لخمسة مركبات من PAHs بتركيز ($1000\mu\text{g/ml}$) وكان الكروماتوغرام الخاص بالمحاليل العيارية لمركبات PAHs والمساحات كما في الشكل (11) والقيم الخاصة بها كما في الجدول (12).



الشكل (11) كروماتوغرام المحاليل العيارية لبعض مركبات PAHs باستخدام تقانة GC-MS

الجدول (12) قيم أزمنة احتفاظ ومساحات المحاليل العيارية لبعض مركبات PAHs

المركب الكيميائي	زمن الاحتفاظ RT	مساحة القمة Area
Naphthalene-d8	22.026	8959678
Acenaphthene-d10	32.467	9591195
Phenanthrene-d10	41.192	12352612
Chrysene-d12	56.881	10809327
Perylene-d12	65.886	6431509

واعتماداً على معرفة حجم الهواء المسحوب (2.5 m^3) خلال مدة زمنية محددة تتعلق باستطاعة كل من المخليتين المستخدمتين كما ورد سابقاً، تم حقن عينتين (فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$ وبمسامية $1.6\mu\text{m}$) وحُسبت مساحات القمم من جهاز GC-MS بحسب الجداول (13) و (14).

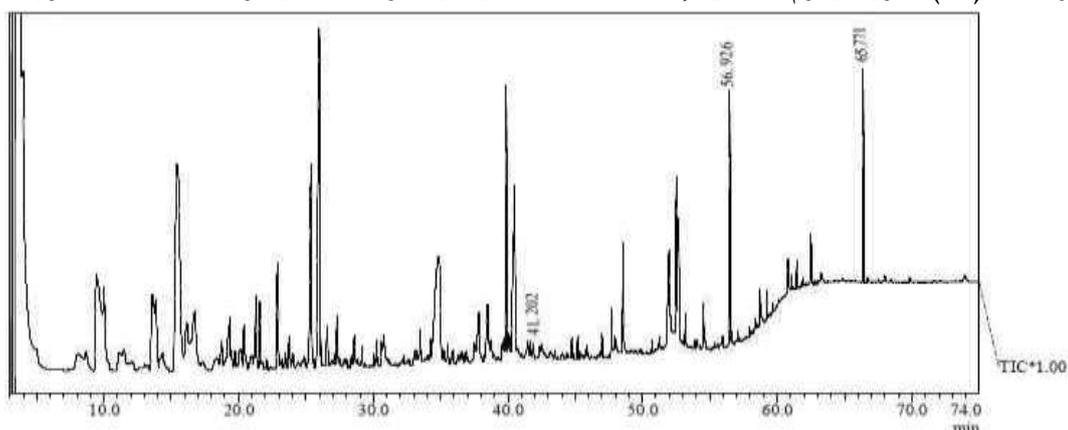
الجدول (13) مساحات قمم مركبات PAHs الموجودة في فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$

مضخة ALTAY بعد زيادة عدد الثقوب ng/m^3	مضخة ALTAY ng/m^3	مضخة Sartorius ng/m^3	المركب الكيميائي
-	-	-	Naphthalene-d8
-	-	-	Acenaphthene-d10
5559	4323	-	Phenanthrene-d10
5232997	5037158	490081	Perylene-d12
8457217	7212523	757193	Chrysene-d12

الجدول (14) مساحات قمم مركبات PAHs الموجودة في فلتر بمسامية $1.6\mu\text{m}$

مضخة ALTAY بعد زيادة عدد الثقوب ng/m^3	مضخة ALTAY ng/m^3	مضخة Sartorius ng/m^3	المركب الكيميائي
-	-	-	Naphthalene-d8
-	-	-	Acenaphthene-d10
-	-	-	Phenanthrene-d10
1768665	1511405	16079	Perylene-d12
1675986	1513306	11350	Chrysene-d12

ويظهر الشكل (12) الكروماتوغرام الخاص بإحدى العينات المأخوذة وتظهر فيه بعض مركبات PAHs المدروسة.



الشكل (12) كروماتوغرام إحدى العينات المحللة باستخدام تقنية GC-MS (فلتر $8\mu\text{m}$ باستخدام مضخة ALTAY بعد زيادة عدد الثقوب)

تم حساب قيم تراكيز مركبات PAHs في العينتين من العلاقة (2):

$$\frac{C1}{A1} = \frac{C2}{A2} \dots \dots \dots (2)$$

حيث:

C1: تركيز مركب PAH في العينة المدروسة

A1: مساحة قمة مركب PAH في العينة المدروسة

A2: مساحة قمة مركب PAH المعياري

C2: تركيز مركب PAH المعياري

و كانت النتائج كما في الجدول (15) و(16):

الجدول (15) تراكيز مركبات PAHs الموجودة في فلتر بمسامية 8µm

مضخة ALTAY بعد زيادة عدد الثقوب ng/m ³	مضخة ALTAY ng/m ³	مضخة Sartorius ng/m ³	المركب الكيميائي
-	-	-	Naphthalene-d8
-	-	-	Acenaphthene-d10
0.009	0.007	-	Phenanthrene-d10
16.273	15.664	1.524	Perylene-d12
15.648	13.345	1.401	Chrysene-d12
31.930	29.016	2.925	Σ PAHs

الجدول (16) تراكيز مركبات PAHs الموجودة في فلتر بمسامية 1.6µm

مضخة ALTAY بعد زيادة عدد الثقوب ng/m ³	مضخة ALTAY ng/m ³	مضخة Sartorius ng/m ³	المركب الكيميائي
-	-	-	Naphthalene-d8
-	-	-	Acenaphthene-d10
-	-	-	Phenanthrene-d10
5.500	4.700	0.050	Perylene-d12
3.101	2.800	0.021	Chrysene-d12
8.601	7.500	0.071	Σ PAHs

تتواجد مركبات PAHs في الهواء في الطور الغازي أو تكون مرتبطة بالجسيمات، المركبات التي تمتلك حلقتين عطريتين إلى أربع حلقات عطرية وتمتلك ضغط بخار أعلى من أو يساوي 10⁻⁴ باسكال عند الدرجة 25 C° تتواجد في الطور الغازي، لذلك لم يتم ملاحظة أثر لكل من المركبين Naphthalene-d8 و Acenaphthene-d10 في كلا الفلترين بسبب وجود هذه المركبات في الطور الغازي فقط. أما مركب Phenanthrene-d10، فهو يوجد في الطور الغازي، ولكن يمكن العثور على جزء صغير (يصل إلى 12.4%) ممتزجاً على سطح الايروسول مما يقلل من درجة التحلل بسبب استقرار المركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات [26]

وهذا ما يفسر وجود مركب Phenanthrene-d10 بتركيز قليل جداً في فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$ حيث أن مسامية هذا الفلتر سمحت بترسيب كمية أكبر من الايروسول وبالتالي زيادة احتمال ظهور Phenanthrene-d10، بينما لم يظهر في فلتر بمسامية $1.6\mu\text{m}$.

كان تركيز مركب Chrysene-d12 في هذه الدراسة أعلى من تركيزه بالمقارنة مع دراسة أجريت في لبنان علماً أنه يوجد اختلاف في شروط الاعتيان، حيث استخدمت في الدراسة لديهم مضخة بتدفق يبلغ $30\text{ m}^3/\text{h}$ وكانت مدة الاعتيان 24 ساعة، ولم يلحظ أثر لوجود مركب Acenaphthene-d10 ومركب Perylene-d12 بينما تمت ملاحظة وجود مركب Naphthalene-d8 بتراكيز واضحة وذلك نتيجة الاعتيان الطويل الجدول (17)[2].

الجدول (17) تراكيز مركبات PAHs الموجودة في $\text{PM}_{2.5}$ بدراسة أجريت في لبنان

المركب الكيميائي	التركيز ng/m^3
Naphthalene-d8	2
Acenaphthene-d10	-
Phenanthrene-d10	7
Perylene-d12	-
Chrysene-d12	0.8

وفي دراسة أجريت في إحدى مواقع الاعتيان في اسبانيا لوحظ ازدياد في تركيز مركب Chrysene-d12 وهي تشابه النتيجة التي حصلنا عليها في هذه الدراسة، ولم يلحظ أثر لوجود مركب Perylene-d12، بينما تم ملاحظة وجود مركب Naphthalene-d8، Phenanthrene-d10، Acenaphthene-d10 بتراكيز واضحة وذلك نتيجة الاعتيان الطويل (48 ساعة) الجدول (18).[13]

الجدول (18) تراكيز مركبات PAHs في دراسة أجريت في اسبانيا

المركب الكيميائي	التركيز ng/m^3
Naphthalene-d8	< 0.15
Acenaphthene-d10	< 0.15
Phenanthrene-d10	0.78
Perylene-d12	-
Chrysene-d12	17.4

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. بينت النتائج أن منظومة الاعتيان المذكورة مناسبة لاعتيان الملوثات الصلبة من الهواء.
2. أظهرت الدراسة أنه يمكن الحصول على كمية مناسبة من الملوثات الصلبة باستخدام أي مخلية لها قوة تدفق تكافئ قوة تدفق مخلية ALTAY.
3. وصل مجموع تراكيز مركبات PAHs الموجودة في فلتر بمسامية $8\mu\text{m}$ إلى $(31.930\text{ ng}/\text{m}^3)$ ووصل مجموع تراكيز مركبات PAHs الموجودة في فلتر بمسامية $1.6\mu\text{m}$ إلى $(8.601\text{ ng}/\text{m}^3)$.

التوصيات:

1. اعتماد طريقة التصنيع السابقة واستخدامها في اعتيان الملوثات الصلبة من الهواء.
2. استخدام أنواع فلاتر بأنواع ومساميات مختلفة لدراسة مختلف ملوثات الهواء بما فيها العناصر الثقيلة.

References:

- [1] A. Alhazaa, N. Haneklaus, *Diffusion Bonding and Transient Liquid Phase (TLP) Bonding of Type 304 and 316 Austenitic Stainless Steel—A Review of Similar and Dissimilar Material Joints*, Metals. 10 (2020) 613.
- [2] CNRS-L, R. Baalbaki, R. El Hage, J. Nassar, J. Gerard, N. B. Saliba, R. Zaarour, M. Abboud, W. Farah, L. Khalaf-Kairouz, Notre Dame University- Louaize, Zouk Mosbeh, Lebanon, A. L. Shihadeh, N. A. Saliba, American University of Beirut, Beirut, Lebanon; Associated Research Unit (ARU), CNRS-L, Beirut, Lebanon, *Exposure to atmospheric pms, pahs, pcdd/fs and metals near an open air waste burning site in Beirut.*, Lebanon. Sci. J. 17 (2016) 91–103..
- [3] R.D. Arias-Pérez, N.A. Taborda, D.M. Gómez, J.F. Narvaez, J. Porras, J.C. Hernandez, *Inflammatory effects of particulate matter air pollution*, Environ. Sci. Pollut. Res. 27 (2020) 42390–42404.
- [4] O. Boucher, *Atmospheric Aerosols: Properties and Climate Impacts*, Softcover reprint of the original 1st ed. 2015 edition, Springer, Dordrecht u.a, 2016.
- [5] F. Esteve-Turrillas, A. Pastor, M. Guardia, *1.11 - Passive Sampling of Atmospheric Organic Contaminants*, in: *Compr. Sampl. Sample Prep.*, 2012: pp. 201–222.
- [6] C. Garcia-Jares, R. Barro, M. Llompарт, 1.08. *Indoor Air Sampling*, in: *Compr. Sampl. Sample Prep.*, 2012: pp. 125–161.
- [7] J. Ghosh, R. Vincent, A. Sheila, J. Roberts, J. Miner, *BIOAEROSOLS GENERATED FROM BIOSOLIDS APPLIED FARM FIELDS IN WOOD COUNTY, OHIO*, 2005.
- [8] A. Ginzburg, A. Vinogradova, E. Fedorova, E. Nikitich, A. Karpov, *Content of Oxygen in the Atmosphere over Large Cities and Respiratory Problems*, Izv. Atmospheric Ocean. Phys. 50 (2014) 782–792.
- [9] T. Górecki, J. Namieśnik, *Passive sampling*, TrAC Trends Anal. Chem. 21 (2002) 276–291.
- [10] A. Irshad, *Determination of aerosol characteristics for aerosol remote sensing at the site Bremen*, Institute of Environmental Physics - University of Bremen, 2009.
- [11] I. Manisalidis, E. Stavropoulou, A. Stavropoulos, E. Bezirtzoglou, *Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review*, Front. Public Health. 8 (2020) 14.
- [12] A. McLeod, D. Mackay, *Cleaner Air for Scotland: The Road to a Healthier Future : 2016 Progress Report*, Scottish Government, 2017.
- [13] M. Nadal, J. Rovira, J. Díaz-Ferrero, M. Schuhmacher, J.L. Domingo, *Human exposure to environmental pollutants after a tire landfill fire in Spain: Health risks*, Environ. Int. 97 (2016) 37–44.
- [14] Z. Niu, J. Shi, Z. Xu, Y. Zheng, Z. Xiang, J. Zhao, Z. Zhang, *Paper-based filter membrane for high-efficient sampling and direct mass spectrometric analysis of siloxanes in outdoor air*, Atmos. Environ. 254 (2021) 118427.
- [15] H.-J. Oh, Y. Ma, J. Kim, *Human Inhalation Exposure to Aerosol and Health Effect: Aerosol Monitoring and Modelling Regional Deposited Doses*, Int. J. Environ. Res. Public. Health. 17 (2020) E1923.
- [16] J. Parshintsev, K. Hartonen, M.-L. Riekkola, *Chapter 24 - Environmental analysis: Atmospheric samples*, in: S. Fanali, P.R. Haddad, C.F. Poole, M.-L. Riekkola (Eds.), *Liq. Chromatogr. Second Ed.*, Elsevier, 2017: pp. 769–798.
- [17] R.M. Prats, B.L. van Drooge, P. Fernández, J.O. Grimalt, *Field comparison of passive polyurethane foam and active air sampling techniques for analysis of gas-phase*

- semi-volatile organic compounds at a remote high-mountain site*, Sci. Total Environ. 803 (2022) 149738.
- [18] T. Sandle, *Chapter 6 - Viable Environmental Monitoring Methods*, in: T. Sandle (Ed.), *Biocontamination Control Pharm. Healthc.*, Academic Press, 2019: pp. 83–101.
- [19] SKCLTD, *An Introduction to Air Sampling - Air Sampling Basics*, 11 Sunrise Park, Higher Shaftesbury Road, Blandford Forum, Dorset DT11 8ST United Kingdom, 2009.
- [20] J.-C. Soo, K. Monaghan, T. Lee, M. Kashon, M. Harper, *Air sampling filtration media: Collection efficiency for respirable size-selective sampling*, Aerosol Sci. Technol. 50 (2016) 76–87.
- [21] P.O. Ukaogo, U. Ewuzie, C.V. Onwuka, *Environmental pollution: causes, effects, and the remedies*, in: *Microorg. Sustain. Environ. Health*, Elsevier, 2020: pp. 419–429.
- [22] J. Whalley, S. Zandi, *Particulate Matter Sampling Techniques and Data Modelling Methods*, in: 2016.
- [23] T. Xia, C. Chen, *Evolution of pressure drop across electrospun nanofiber filters clogged by solid particles and its influence on indoor particulate air pollution control*, J. Hazard. Mater. 402 (2021) 123479.
- [24] L. Xu, H.K. Lee, *Chemical Warfare Agents: Development and Applications of Sample Preparation Approaches*, Compr. Sampl. Sample Prep. 3 (2012) 603–613.
- [25] E. Yiğit, A.S. Medvedev, *Obscure waves in planetary atmospheres*, Phys. Today. 72 (2019) 40–46.
- [26] *Member state committee support document for identification of phenanthrene as a substance of very high concern because of its vpvb1 (article 57e) property.* (2018). EUROP: EUROPEAN CHEMICALS AGENCY.