الإجراءات التخطيطية العالمية في مواجهة مخاطر السيول في البيئة المبنية ومدي موائمتها للحالة المصرية

م. كريم أحمد فؤاد على عياد[١]، ا. د أحمد محمود يسري[٢]، ا. د غادة محمود حسن[٣]

قسم التخطيط العمراني – كلية التخطيط الإقليمي والعمراني – جامعة القاهرة، مصر (١،٢،٣)

Kareem_ahmed@cu.edu.eg [1], Ahmed.yousry@cu.edu.eg [2], Ghadahasandr@gmail.com [3]

الملخص

حتى الوقت الراهن، تعتبر السيول/ الفيضانات المفاجئة من أكثر الكوارث الطبيعية تهديدا للقطر المصري، ومن أكثر الأحداث الطبيعية المدمرة لتأثيرها على كل من المجتمعات الحضرية والريفية، إلا أن المجتمعات الحضرية هي الأكثر تأثرا من حيث الخسائر البشرية والاقتصادية التي تجاوزت المليار دولار أمريكي؛ ونتيجة لما يمر به العالم بشكل عام ومصر بشكل خاص من التغيرات المناخية الشديدة، فقد أكد خبراء المناخ على زيادة احتمالية حدوث الفيضانات المفاجئة، والتي قد تتجاوز القدرات التكيفية الحالية للمجتمعات المتضررة متسببة في أثار تدميرية شديدة، وبخاصة في ظل أوجه القصور التي تعاني منها عملية الإدارة الحالية لمخاطر السيول بمصر؛ لذا اهتم البحث بتحليل مخاطر الفيضانات المفاجئة على المدن المصرية بهدف تحديد المدن ذات الخطورة الشديدة التي تحتاج لأولوية التدخل، ثم توجه نحو دراسة إجراءات الحد من هذه المخاطر والتي يمكن الاعتماد عليها في التنمية المستدامة لهذه المجتمعات. ولهذا تهدف الورقة البحثية إلى توفير إطار واضح لإجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول المهددة للمجتمعات العمرانية المصرية، بما يساعد على خلق بيئة عمرانية أمنة ومستدامة وقادرة على التكيف والصمود أمام تلك الصدمات؛ ولتحقيق ذلك تعرض البحث إلى مناقشة ثلاثة محاور رئيسية، اهتم المحور **الأول** بدراسة مخاطر الفيضانات المفاجئة على المدن المصرية بتحليل الأحداث والخسائر السابقة، ودراسة الوضع الراهن للتعامل مع كارثة الفيضانات المفاجئة بمصر لاستنتاج أوجه القصور الحالية وذلك من خلال المنهج الاستقرائي التحليلي؛ وأهتم المحور **الثاني** بتحديد إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة (الإنشائية والتخطيطية) للمدن القادرة على التكيف والصمود التي يمكن الاعتماد عليها في إدارة مياه الأمطار، وتقليل مخاطر الفيضانات المفاجئة، وذلك من خلال المنهج التحليلي؛ وينتهي البحث في المحور **الثالث** بتحليل مجموعة من دراسات الحالة العملية العالمية والمحلية لاستنباط أهم إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة الملائمة لتطبيقها في الحالة المصرية من خلال المنهج المقارن، لينتهي البحث بطرح مجموعة من إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة التي يمكن تطبيقها بالحالة المصرية.

الكلمات المفتاحية

المدن القادرة على التكيف والصمود & المدن المُقاومة للكوارث الطبيعية & إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول.

المقدمة

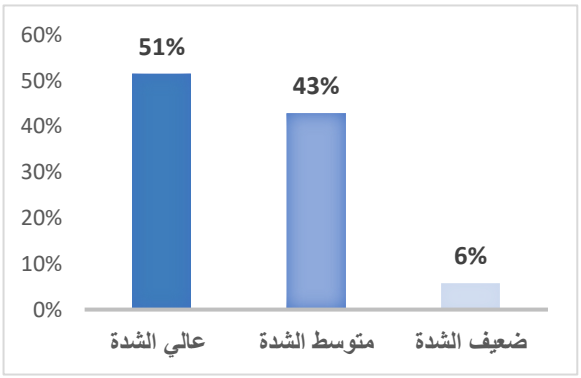
تتعرض المدن المصرية لمخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول الشديدة، حيث تتسبب بخسائر كارثية فادحة قدرت في الأرواح بالآلاف، ووصل إجمالي حجم الخسائر الاقتصادية (المباشرة وغير المباشرة) الى ما يقرب من ١,٢ مليار دولار، مما يدل على قصور أساليب التعامل الحالية في مصر؛ وتبعا لما يشهده العالم حاليا من التغيرات الشديدة في المناخ والتي يتوقع أن تسبب زيادة في أحداث الفيضانات المفاجئة خلال الفترة القادمة؛ فإنه يتضح أهمية اتخاذ مجموعة من التدابير والإجراءات لمواجهة مخاطر الفيضانات المفاجئة. وتتمثل إشكالية البحث في عدم وجود إطار واضح للإجراءات الداعمة في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول على المجتمعات العمرانية المصرية، يساعد على مواجهة واستيعاب والتعافي من الآثار السلبية للفيضانات المفاجئة في الوقت المناسب، ويحافظ على البيئة العمرانية. لذا يهتم البحث بتعزيز القدرة على مجابهة والحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول، ودمجها لتكون جزءا من عملية التخطيط الحضري لتحقيق التنمية المستدامة، وخلق مدن قادرة على التكيف والصمود أمام هذه الصدمات؛ فالحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة يُعد استثمار وليس تكلفة، كما يُتيح للتنمية أن تمضي قدماً دون عائق، حيث يمكن معالجة مخاطر الفيضانات المفاجئة من خلال مجموعه من الحلول، والإجراءات الحاسمة، وهو ما يمثل الهدف الرئيسي لهذا البحث.

DOI: 10.21608/furp2022.2022.1816

١- تحليل الوضع الراهن لمخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول بمصر

١-١ تحليل شدة أحداث الفيضانات المفاجئة / السيول السابقة

يتضح من تحليل أحداث الفيضانات المفاجئة السابقة، أن مصر قد تعرضت الى ٣٥ سيلا خلال الفترة من عام ١٩٤٧م وحتى عام ٢٠٢٠م، وبتصنيف هذه السيول تبعا لشدتها، كما هو موضح بشكل ١، نجد أن منها ثماني عشر سيلا عالي الشدة، وتمثل نسبة ٥١٪ من إجمالي الأحداث السابقة، وتتركز في محافظات جنوب مصر والبحر الأحمر وسيناء والإسكندرية؛ وخمسة عشر سيلا متوسط الشده، وتمثل نسبة ٤٣٪ من إجمالي الأحداث السابقة، وتتركز أيضا بمحافظات سيناء وصعيد مصر والبحر الأحمر والإسكندرية ومطروح والقاهرة والغربية والشرقية، أي أنها تكاد تغطي القطر المصري، وحدثي سيول تقع في نطاق الشده الضعيفة بنسبة ٦٪ من إجمالي الأحداث السابقة وتتركز بمحافظة الجيزة وقنا وأسوان وبعض أجزاء محافظة البحر الأحمر؛ أي أن ٩٤٪ من إجمالي الأحداث السابقة يقع بين الشدة العالية والمتوسطة، وينجم عنها حجم خسائر هائل، مما يوضح جدوي وضرورة إدارة مخاطر الفيضانات المفاجئة/ السيول بمصر (Abdrabo et al., 2020a; Snoussi et al., 2008, IFRC, 2016, IFRC, 2020، مجلس الشوري، ١٩٩٣م؛ إبراهيم، ٢٠١٥م؛ نصار، ٢٠٠١م؛ حواش،١٩٩٨م؛ أبو كحلة، ٢٠١٣م؛ محمد،٢٠١٩م)

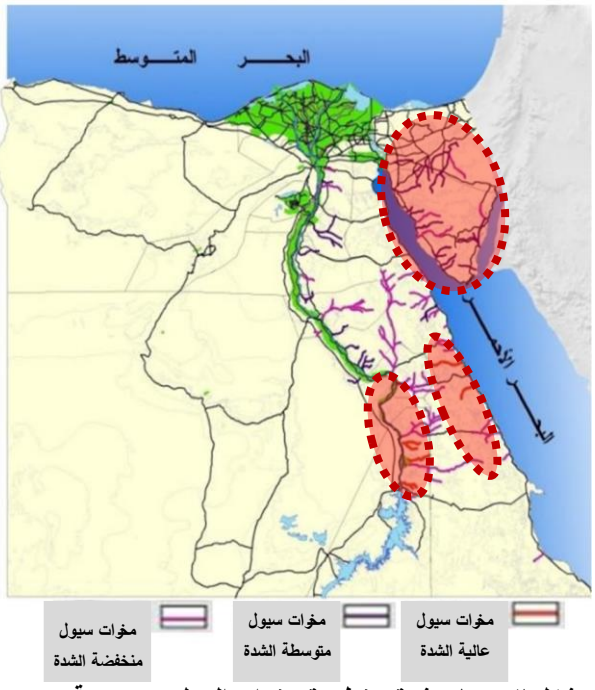


شكل 1 نسبة أحداث السيول السابقة تبعا لشدتها.

المصدر: الباحث إستناداً لـ (Abdrabo et al., 2020a as cited in Abdel-Fattah et al., 2015; Snoussi et al., 2008, IFRC, 2016, IFRC, 2020، مجلس الشوري، ١٩٩٣م؛ إبراهيم، ٢٠١٥م؛ نصار، ٢٠٠١م؛ حواش،١٩٩٨م؛ أبو كحلة، ٢٠١٣م؛ محمد،٢٠١٩م)

١-٢ تحليل أحواض الصرف ومخرات السيول الرئيسية في مصر

فتُعد دراسة أحواض الصرف الرئيسية لمياه الأمطار في مصر أحدي الدراسات الهامة والتي بالتعرف عليها يمكن الوقوف على مدي تأثيراتها في توليد الفيضانات المفاجئة / السيول؛ فتنقسم جمهورية مصر العربية الى أربعة أحواض رئيسية لصرف مياه الأمطار تتمثل في حوض البحر المتوسط، وحوض الصحراء الغربية، وحوض النيل والدلتا، وحوض البحر الأحمر وخليجي العقبة والسويس، وتنقسم هذه الأحواض الرئيسية الي ٣٢ حوض فرعي، تشتمل علي شبكة من مخرات السيول والتي بتحليلها تبعا لدرجة خطورتها بالاستناد للدراسات السابقة (مجلس الشورى، ١٩٩٣م؛ نصار، ٢٠٠١م؛ محمد ٢٠١٩م؛ عبد الحميد، ٢٠١٢م)، أتضح أنها تنقسم الى ثلاث درجات خطورة كما هو موضح بشكل ٢؛ أولا مخرات عالية الشدة: وتتركز بنطاق محافظات سيناء والبحر الأحمر وصعيد مصر، وينجم عنها عدد كبير من الوفيات وتدمير كلي سواء في البنية الأساسية، أو المرافق، أو الممتلكات، أو النشاط الاقتصادي، أو جميعهم. ثانيا مخرات متوسطة الشدة: وهي التي يمكن أن ينجم عنها تدمير جزئي سواء في البنية الأساسية، أو المرافق، أو الممتلكات، أو النشاط الاقتصادي، أو جميعهم، وقد تتسبب في حدوث وفيات. ثالثا مخرات منخفضة الشدة: وهي التي يمكن أن ينجم عنها تدمير جزئي بسيط سواء في البنية الأساسية، أو المرافق، أو الممتلكات، أو النشاط الاقتصادي، أو جميعهم، وقد تتسبب في حدوث



شكل ٢ درجات شدة وخطورة مخرات السيل بجمهورية مصر.

المصدر: الباحث استنادا لـ (محمد ٢٠١٩م؛ عبد الحميد، ٢٠١٢م)

وفيات، ويمكن التعامل معها بسهولة.

١-٣ المدن الأكثر عرضة لمخاطر الفيضانات المفاجئة الشديدة بجمهورية مصر العربية

ومن دراسة وتحليل كلا من أحواض الصرف بجمهورية مصر العربية، ودراسة درجات شدة وخطورة مخرات السيول، ودراسة نطاقات تمركز السكان والتجمعات العمرانية بجمهورية مصر العربية، وتحليل الأحداث السابقة التي ضربت مصر وشدتها، وتحليل الدراسات السابقة التي تبنت دراسة مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول على المدن المصرية كمشروع إعداد سياسات التنمية الحضرية لجمهورية مصر العربية (NUPs) والأبحاث العلمية المنشورة؛ أمكن تحديد المدن الأكثر عرضة لمخاطر الفيضانات المفاجئة الشديدة، والتي من بينها مدينة القاهرة الجديدة التي تتعرض بشدة لمخاطر الفيضانات المفاجئة في الآونة الأخيرة كما هو موضح بشكل ٣؛ وتُصنف هذه المدن كأولوية أولي تحتاج الى التعامل معها على وجه السرعة لضمان تأمينها ضد مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول بما يعمل على إستدامتها ويقلل من قابلية تاثرها.

شكل ٣ المدن الأكثر عرضة لمخاطر السيول الشديدة في مصر.

المصدر: الباحث استنادا لـ (برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية، ٢٠٢١م؛ El-Saadawy et al., 2020 ; Morad et al., 2020; Megahed & El Bastawesy, 2020; Elkhrachy et al., (2021; Wahba et al., 2022

١-٤ الآثار التدميرية المباشرة وغير المباشرة الناجمة عن الفيضانات المفاجئة بمصر

أسفرت الفيضانات المفاجئة / السيول التي ضربت مصر فالفترة من ١٩٧٥م إلى ٢٠١٤م، عن حجم خسائر هائل قُدر في الأرواح بالآلاف، ووصل إجمالي حجم الخسائر الاقتصادية السنوية المباشرة -تبعا لتقديرات منصة المخاطر العالمية ٢٠٢٠م- من ٥٠-٣٧٠ مليون دولار أمريكي، كما قدر بعض الخبراء أنه وخلال تلك الفترة ووصلت إجمالي الأضرار الاقتصادية الفعلية (المباشرة وغير المباشرة) الى ما يقرب من ١,٢ مليار دولار أمريكي، وكانت معظم الخسائر الاقتصادية ناجمة عن سوء تقدير مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول (Jha et al.,2012; Abdel-Fattah et al.,2015; Abdrabo et al., 2020a)؛ مما أثبت جدوي وضرورة إدارة مخاطر الفيضانات المفاجئة/ السيول بمصر، وأهمية توفير إطار واضح لإجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول المهددة للمجتمعات العمرانية المصرية.

١-٥ الإجراءات المتبعة حاليا للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بمصر

تتبني وزارة الموارد المائية بالتنسيق مع أجهزة الدولة المعنية القيام بمجموعة من الإجراءات العامة لمواجهة مخاطر السيول خلال موسم تساقط الأمطار، ويختص معهد بحوث الموارد المائية بدراسة وتقييم حجم مياه الأمطار، واقتراح مشروعات للحماية، وإمكانية استغلالها؛ ويتمثل دور وزارة الموارد المائية في: القيام بالتنسيق مع المحافظات والمحليات بأسماء التجمعات التي يمكن أن تواجه مخاطر السيول لاتخاذ الإجراءات اللازمة؛ كما تقوم برفع درجة الاستعداد بمراكز الطوارئ التابعة للوزارة، وتجهيز المعدات المستخدمة في مجابهة السيول من (حفارات – أوناش – لواري – لوادر- مقطورات وسيارات نقل قلاب ...الخ) لسرعة الاستجابة لتلك المخاطر؛ أيضا تقوم بتطهير مخرات السيول وإنشاء وسائل الحماية المناسبة من (إنشاء مجارى سيول جديدة، وسدود، وبرابخ (نظمي، ٢٠٠٩م)؛ ويوضح الجدول التالي أساليب التعامل الحالية مع مخاطر الفيضانات المفاجئة في مصر خلال جميع مراحل الكارثة.

جدول ١ الإجراءات المتبعة حاليا للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بمصر

قبل كارثة السيول	أثناء الكارثة	بعد الكارثة
تتبني وزارة الموارد المائية والري بالتنسيق مع أجهزة الدولة المعنية القيام بمجموعة من الإجراءات العامة لمواجهة مخاطر السيول خلال موسم	– إجراء مسح جوي بطائرات الهليكوبتر لمراقبة جريان السيول واستطلاع المناطق المتضررة والاستعانة بها في عمليات الإنزال الجوي لفرق الإنقاذ في	– حصر حالات الوفاة والإصابات – سحب مياه السيول بالماكينات،

تابع جدول ٢ الإجراءات المتبعة حاليا للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بمصر

قبل كارثة السيول	أثناء الكارثة	بعد الكارثة
تساقط الأمطار، وتتمثل أهمها فيما يلي: – تطهير مخرات السيول القائمة استعداداً لاستقبال السيول. – إنشاء مجموع من وسائل الحماية كالسدود وقنوات التحويل والبرابخ للحد من مخاطر السيول المحتملة. – تطهير وصيانة الترع والمصارف المحتمل ورود مياه السيول إليها ومراجعة كفاءة حالة محطات الصرف. – تخفيض مناسيب المياه بالترع والمصارف التي ترد إليها مياه السيول لإمكانية استيعاب المياه المتدفقة.	المناطق المعزولة، واستخدام مكبرات الصوت لتنبيه المواطنين بأماكن الخطر. – إنقاذ المحاصرين بالسيول وإسعاف المصابين. – إخلاء المناطق المنكوبة والمهددة. – سحب مياه السيول بالماكينات، وعربات كسح المياه لتخفيض منسوبها. – استخدام المعدات الثقيلة لفتح الطرق والأسوار لفتح مجرى للسيول بعيدا عن الأماكن السكنية. – اتخاذ إجراءات الصحة العامة والرعاية الطبية لمنع انتشار الأوبئة. – إقامة مخيمات بالمناطق المفتوحة كاملة التجهيز لإيواء المتضررين. توزيع الأطعمة والأغطية والملابس وصرف الإعانات المالية للمتضررين.	وعربات كسح المياه لتخفيض منسوبها حول المباني، وبالطرق حتى تعود الحياة لطبيعتها. – تصريف مياه السيول المتراكمة بعمل مخرات صناعية. – اتخاذ إجراءات رفع الأنقاض وإصلاح البنية التحتية لإعادة الوضع الطبيعي للمناطق المتضررة. – إعادة تسكين المتضررين. حصر الخسائر الاقتصادية من (مباني ومساكن مهدمة كليا وجزئياً، والبنية التحتية المنهارة، المحاصيل والمؤن التي تم تدميرها، الثروة الحيوانية النافقة).

المصدر: الباحث استنادا لـ (نظمي،٢٠٠٩م؛ The Egyptian Cabinet, 2011)

٦-١ أوجه القصور في عملية الإدارة الحالية لمخاطر الفيضانات المفاجئة بمصر

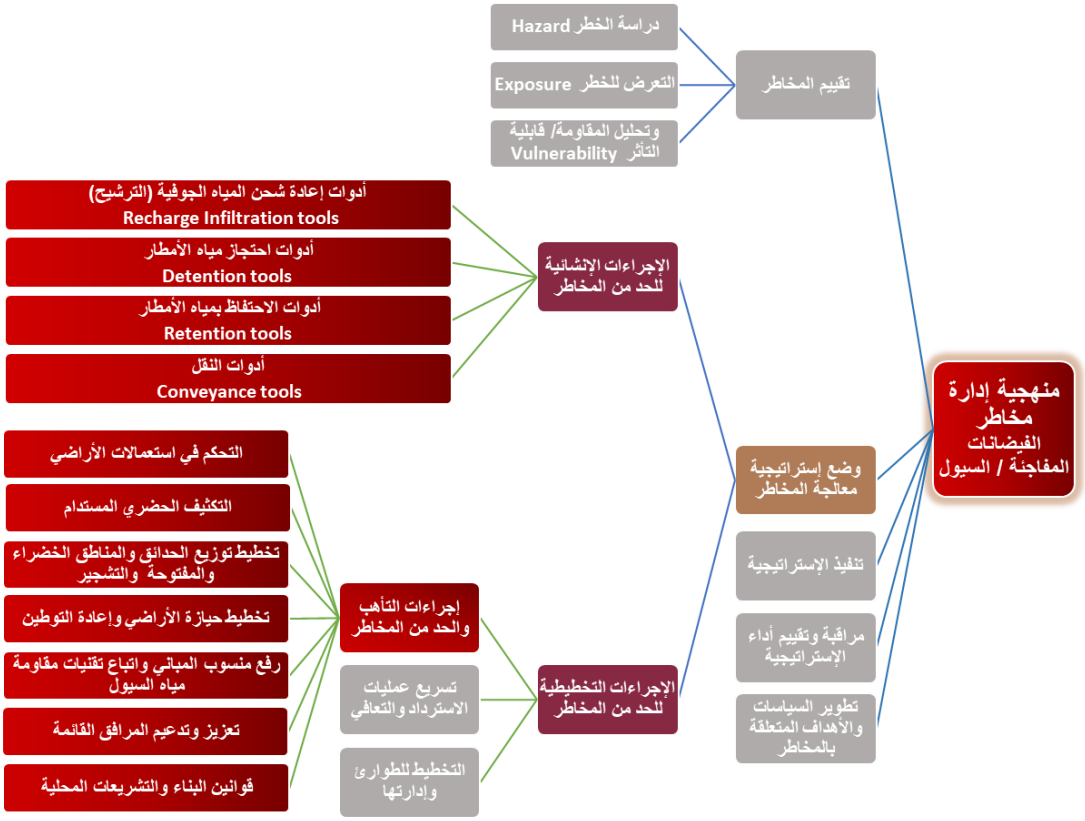
أثبت مراجعة وتحليل الدراسات السابقة التي تبنت دراسة أوجه القصور في عملية الإدارة الحالية لكارثة الفيضانات المفاجئة بمصر، على وجود مجموعة من أوجه القصور التي تعاني منها عملية الإدارة الحالية لمواجهة كارثة الفيضانات المفاجئة بمصر، والتي يمكن تلخيصها فيما يلي:

- قصور الاستعدادات اللازمة لمواجهة مخاطر السيول وعدم وجود هيكل واضح لإجراءات الحد من هذه المخاطر، الى جانب ضعف التخطيط المسبق للوقاية من كارثة السيول والاعتماد على أسلوب رد الفعل أثناء، وبعد حدوث الكارثة (إبراهيم، ٢٠١٥م؛ Abdrabo et al., 2020).
- ضعف الاعتماد على عملية الإنذار المبكر لكارثة السيول رغم أهميتها في سرعة الاستجابة، والحد من المخاطر (محمد، ٢٠١٩م؛ شوقي، ١٩٩٥م).
- تصميم بعض وسائل الحماية كالسدود بما لا يتلاءم مع حجم المياه المتجمعة خلفها مما أدي الى انهيارها والتسبب في أضرار فادحة؛ وهو ما حدث في انهيار سد الحاجر بمحافظة سوهاج نتيجة سيول ٢٠١٦م، وكذلك ما حدث بتجاوز المياه منسوب سد الروافعة بوادي العريش، ومرورها من أعلاه نتيجة سيول يناير عام ٢٠١٠م، مما تسبب بأضرار كبيرة بجسم السد، وأضرار فادحة لما حوله (محمد، ٢٠١٩م؛ نصار، ٢٠٠١؛ أبو كحلة،٢٠١٣).
- ضعف الرقابة على المناطق المحتمل حدوث السيول بها، وهو ما يتسبب في تعدي الأهالي بالبناء داخل مخرات السيول (نصار، ٢٠٠١؛ نظمي، ٢٠٠٩؛ إبراهيم ٢٠١٥).
- المركزية في اتخاذ القرارات مما يؤخر التعامل مع كارثة السيول ويزيد من أثارها التدميرية (محمد، ٢٠١٩م).
- القصور في تهيئة البنية التحتية بشكل كامل لمواجهة السيول (محمد، ٢٠١٩م؛ شوقي، ١٩٩٥م؛ نصار، ٢٠٠١م).
- عدم تدريب الأطراف المعنية على إدارة الكوارث الطبيعية وضعف تأهيلهم للتعامل مع الكارثة (محمد، ٢٠١٩م).
- ضعف توثيق المعلومات والخرائط الخاصة بالكوارث الطبيعية مما يتسبب في وجود قصور في كيفية التعامل معها بأسلوب علمي (محمد، ٢٠١٩م؛ Abdrabo et al., 2020).

وهو ما أكد إشكالية البحث المتمثلة في "عدم وجود إطار واضح للإجراءات الداعمة في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول على المجتمعات العمرانية المصرية، مما يستدعي ضرورة تطوير أسلوب إدارة مخاطر الفيضانات المفاجئة الحالي مع ما يتبناه المجتمع الدولي للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة.

٢ـ الإجراءات المتبعة عالميا للتصدي لمخاطر الفيضانات المفاجئة

فمن خلال مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المعنية بالحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، وكنتيجة لتحليل الاستراتيجيات المعنية بالتعامل مع الكوارث الطبيعية، ودراسة فكر المدن القادرة على التكيف والصمود الذي تسعي هذه الإستراتيجيات لتطبيقه، وتحليل منهجية إدارة مخاطر الكوارث الطبيعية للمدن القادرة على التكيف والصمود؛ وبالتركيز على مرحلة ما قبل وقوع الكارثة من المنهجية السابقة (مرحلة التخطيط الاستباقي للكارثة) التي تُعد المسئول الرئيسي عن تحديد حجم الضرر الناجم، حيث بوجود استعداد مسبق كفء قبل حدوث الكارثة يؤدي ذلك الى تقليل حجم الخسائر الى أقل حد ممكن وقد يصل الي منع حدوثها، ومن دراسة المنهجيات السابقة المعنية بالحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول، وما توصل له الخبراء في هذا الصدد، تمكن الباحث من استخلاص منهجية تضم لكافة الأبعاد الرئيسية من المنهجيات السابقة والموضحة بشكل ٤، والتي يمكن اتباعها للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة/ السيول؛ وتشكل إستراتيجية معالجة المخاطر أساس المنهجية المستنتجة وتُمثل إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة (Mitigation Measures) الأساس الذي تعتمد علية إستراتيجية معالجة المخاطر في الحد من التأثيرات السلبية الناجمة عن الفيضانات المفاجئة؛ وبمراجعة الدراسات السابقة أمكن التوصل الى الإجراءات المتبعة عالميا للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، والتي تنقسم إلى قسمين رئيسيين يتمثلان في الإجراءات الإنشائية للحد من المخاطر، والإجراءات التخطيطية للحد من المخاطر (Abdrabo et al., 2020b; Clarke, 2015; GFDRR, 2015)، وفيما يلي عرض تفصيلي لهذه الإجراءات.



شكل ٤ منهجية إدارة مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول.

المصدر: الباحث استنادا لـ (Abdrabo et al., 2020b; Clarke, 2015; GFDRR, 2015)

٢-١ الإجراءات الإنشائية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة Structural Mitigation Measures

وهي الإجراءات التي تعمل على التحكم في تدفق مياه الأمطار داخل وخارج المناطق الحضرية، وتنقسم الى قسمين رئيسيين: **أولا** الإجراءات ذات الهياكل الصلبة كمشاريع الأشغال العامة الكبرى، والتي عادة ما تستخدم بالنطاق الأشمل للتجمع العمراني (حوض الصرف)، كالسدود والخزانات المبطنة بالخرسانة ..الخ؛ **ثانيا:** الأدوات التكميلية أو الطبيعية البديلة، والتي عادة ما تستخدم داخل المناطق الحضرية بهدف التخفيف من المخاطر وتقليل الجريان السطحي لمياه الأمطار كالأراضي الرطبة الطبيعية أو الصناعية Wetlands، وأنظمة الترشيح بطبقات المياه الجوفية، ومرافق الاحتجاز / الاحتفاظ بالمياه...الخ؛ وتصنف الإجراءات الإنشائية السابق شرحها تبعا لطبيعة عملها إلى أربعة أقسام رئيسية متمثلة في: ١) أدوات إعادة شحن المياه الجوفية (الترشيح) كالقنوات النباتية وقنوات الترشيح وحدائق الأمطار والآبار الجافة وآبار حقن المياه الجوفية وأنظمة الخلايا الأرضية ومواد الرصف المسامية والحدائق الخاصة، ٢) أدوات احتجاز مياه الأمطار كالسدود وبرك احتجاز مياه الأمطار ومنشآت التخزين أسفل سطح الأرض والتخزين المؤقت لاستعمالات الأراضي والأسطح الزرقاء،٣) أدوات الاحتفاظ بمياه الأمطار كالخزانات المبطنة بالخرسانة المسلحة والخنادق المائية والهرابات وبرك الاحتفاظ بمياه الأمطار والأراضي الرطبة المشيدة والأسطح الخضراء ونظام حصاد مياه الأمطار، ٤)

شكل ٥ تصنيف الإجراءات الإنشائية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة تبعا للمستويات التخطيطية وطبيعة عملها.
المصدر: الباحث استنادا لـ (Jha et al., 2012; Woods et al., 2007; Lamond et al., 2015)

أدوات تحويل ونقل مياه الأمطار كقنوات التحويل والتعديل على مجري الأنهار والبرابخ. وبمعرفة خصائص وطبيعة عمل كل أداه تمكن الباحث من تصنيف تلك الإجراءات على المستويات التخطيطية (النطاق الأشمل (حوض الصرف) - المدينة - قطع الأراضي) كما هو موضح بشكل ٥، مما يُسهل على متخذي القرار اختيار الأداة المناسبة تبعا للمستوي التخطيطي المختار وطبيعة عملها (Jha et al., 2012; Woods et al., 2007; Lamond et al., 2015).

٢-٢ الإجراءات التخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة Non Structural Mitigation Measures

وهي إجراءات لتخفيف المخاطر بدون إقامة منشآت وليست وقائية كالإجراءات الإنشائية، أي أنه لا يمكن الاستغناء الكامل عن الإجراءات الإنشائية في مواجهة الفيضانات المفاجئة، وإنما يتبني الدمج بين وسائل النظامين الإنشائي والتخطيطي للحصول على أكفا نظام للحماية من مخاطر الفيضانات المفاجئة؛ ويمكن

تصنيف الإجراءات التخطيطية تبعا لطبيعة عملها إلى ثلاث فئات رئيسية على النحو التالي: ١) **تجنب الفيضانات المفاجئة والحد من المخاطر الناجمة عنها:** عن طريق تخطيط استعمالات الأراضي بالمناطق المتأثرة بمخاطر الفيضانات المفاجئة وتقسيم نطاقات للمخاطر وتحديد استعمالات الأراضي المسموحة بها؛ والتكثيف الحضري المستدام بالمناطق الأمنة وذات الطاقة الاستيعابية المنخفضة؛ وتخطيط توزيع الحدائق والمناطق الخضراء والمفتوحة التي تعمل على امتصاص مياه الأمطار داخل المناطق الحضرية؛ وتخطيط حيازة الأراضي؛ وتعزيز إجراءات التخطيط المعماري مثل رفع منسوب الطابق السفلي (والذي يتم تنفيذه حاليا في مدينة رأس البر)؛ وتقنيات مقاومة الفيضانات الجافة والرطبة؛ وصيانة المرافق وإصلاحها وتحسين حالتها الإنشائية بالتدعيم لتعزيزها؛ ووضع دلائل الأعمال لمعايير الوقاية من الفيضانات المفاجئة. وأثبتت الدراسات أن الإجراءات السابقة تساهم بدرجة كبيرة في التخفيف من الفيضانات المفاجئة والتكيف معها. ٢) **تسريع عملية الاسترداد والتعافي** بزيادة المرونة من خلال تحسين تصميم المباني والتشييد بعد وقوع الكارثة - ما يسمى "إعادة البناء بشكل أفضل"؛ وتعزيز سياسة الاستعادة وتمويل المخاطر بالتركيز على استعادة الاستثمارات للوصول إلى معدل النمو الأصلي وتسريع التعافي. ٣) **التخطيط للطوارئ وإدارتها** بما في ذلك الإنذار والإخلاء والاستعداد، بإنشاء نظام للوقاية والإنذار من الفيضانات المفاجئة، وبناء مرافق الإخلاء، وخرائط الفيضانات، وخرائط الهروب؛ وخلق نظام متكامل من الضوابط والاشتراطات؛ والتأمين ضد الفيضانات المفاجئة باعتماد نظام لتقييم المخاطر لكل منطقة، ومراجعة المخططات المعمارية للمنطقة الحضرية لتحديد المناطق الضعيفة (Kang et al., 2009; Abdrabo et al., 2020a; Lamond et al., 2015).

وتُظهر الدراسات أن الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، يجب أن يتجنب الحلول القطاعية الفردية، ويتم من خلال استراتيجية متكاملة شاملة تجمع بين الإجراءات الإنشائية والتخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة. فيتم إنشاء البدائل المختلفة تبعا لخصوصية كل حالة، وشدة الخطر المتعرض له التجمع العمراني، واختيار البديل الأمثل بناءً على درجة درؤه للمخاطر، والتكلفة الإجمالية، وتقييم الأثر البيئي؛ فتعمل الإستراتيجيات المتكاملة لإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية على تقليل حجم الجريان السطحي لمياه الأمطار، والمحافظة على جودة المياه وتقليل تلوثها لإعادة استغلالها كلما أمكن، بهدف توفير بيئة امنه ومستدامة، وذلك من خلال الدمج بين الإجراءات الإنشائية والتخطيطية، وفيما يلي عرض أبرز الاستراتيجيات المتكاملة المعنية بإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية والمتمثلة في: ١) أفضل ممارسات لإدارة مياه الفيضانات الحضرية (BMPs) التي تبنتها الولايات المتحدة الأمريكية في سبعينات القرن الماضي، وإستراتيجية التنمية منخفضة التأثير (LID) التي تبنتها الولايات المتحدة الأمريكية ونيوزيلاندا في بداية التسعينات؛ ٢) أنظمة الصرف الحضري المستدامة (SUDS) التي تبنتها المملكة المتحدة أيضا في منتصف السبعينات؛ ٣) التصميم الحضري ذو الحساسية المائية (WSUD) الذي تبنته أستراليا في مطلع القرن الحادي والعشرين بهدف إعادة تدوير مياه الأمطار حتى تصبح المدن مستدامة ومرنه في التصدي للفيضانات المفاجئة الناجمة عن مياه الأمطار؛ ٤) إستراتيجية الإدارة المتكاملة للمياه الحضرية (IUWM)؛ ٥) إستراتيجية المدينة الإسفنجية Sponge City والتي تبنت تطبيقها المدن الصينية في مطلع عام ٢٠١٤م (Du et al., 2020).

٣- تحليل إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة لمجموعة من دراسات الحالة العالمية والمحلية

يحاول هذا الجزء من البحث إلقاء الضوء على مجموعة من دراسات الحالة العملية العالمية والمحلية لتطبيق الإستراتيجيات المتكاملة لإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية بهدف استخلاص إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول (الإنشائية والتخطيطية)، المتبعة بالنماذج الناجحة والتي يمكن الاستعانة بها في الحالة المصرية لإدارة مياه الأمطار والحد من التأثيرات السلبية الناجمة عنها.

٣-١ دراسات الحالة العالمية

يستعرض هذا الجزء من خلال منهج وصفى وتحليلي لأهم دراسات الحالة العالمية التي تبنت تطبيق أحد الإستراتيجيات المتكاملة لإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة؛ وتبعا لحقيقة أن هذه الإستراتيجيات لا تزال قيد التطوير ولم يحظ تطبيقها في المناطق الحضرية بالاهتمام الكافي بعد، حيث لم يتم تنفيذها إلا في مناطق محدودة كدراسات حالة. لذلك، نظرًا لمحدودية دراسات الحالة، سيقدم هذا الجزء تحليل لأربع دراسات حالة لتنفيذ استراتيجيات إدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية وتتمثل في مدينة هونج كونج بالصين، ومدينة ديلوث ومدينة سياتل ومدينة فيلادلفيا بالولايات المتحدة الأمريكية، والتي تم اختيارها تبعا لمجموعة من المعايير التي تضمن سلامة نتائج التحليل، والمتمثلة في ١) التعرض لمخاطر الفيضانات المفاجئة/ السيول، ٢) تنفيذ أحد استراتيجيات إدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية للحد من

مخاطر الفيضانات المفاجئة، ٣) إتاحة البيانات حيث لم يحظ تطبيق هذه الاستراتيجيات في المناطق الحضرية بالاهتمام الكافي بعد،٤) كبر حجم المتأثرين وارتفاع حجم الخسائر الاقتصادية وخسائر الأرواح، ٥) النجاح في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بعد التنفيذ تبعا لتقييم الخبراء والمتخصصين.

٣-١-١ مدينة هونج كونج الإسفنجية -الصين

مدينة هونج كونج هي إحدى المدن الصينية الرئيسية التي تتعرض لمخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول الشديدة، حيث يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي حوالي ٢٤٠٠ ملم؛ وينجم عنها تأثيرات سلبية فادحة قدرت في الأرواح بالآلاف، وتجاوزت الخسائر الاقتصادية ٤,٦ مليار دولار (Choy et al., 2020)، الى جانب ارتفاع حجم السكان المتأثرين والبالغ ٧,٤ مليون نسمة. وتُعد أحد المدن الرئيسية التي تستحوذ على اهتمام الحكومة الصينية، حيث بدأت بتنفيذ استراتيجية المدينة الإسفنجية بها للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، بهدف امتصاص جزء من مياه الأمطار وتخزينها وإعادة استخدامها عند الحاجة، وتصريف الجزء الأخر طبيعيا بطبقات التربة العميقة، بما يعزز الوظيفة البيئية للمدينة ويقلل من الجريان السطحي لمياه الأمطار وبالتالي يحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة. وبتحليل الإجراءات التي تم تنفيذها بالمدينة، اتضح تبنيها لتنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية والتخطيطية والتي تتضح فيما يلي:

٣-١-١-١ الإجراءات الإنشائية

تبنت المدينة تنفيذ مجموعة من الإجراءات على المستويات التخطيطية الثلاث، والتي تتضح فيما يلي: **أولا على مستوي حوض الصرف/ النطاق الأشمل Regional Scale**، تبنت المدينة تنفيذ فكرة قنوات التحويل Conveyance Channels بهدف درء المخاطر بالنطاق الأشمل للمدينة عن الكتلة القائمة، فتم تنفيذ نفق Lai Chi Kok لاعتراض الجريان السطحي لمياه الأمطار عند المنبع، حيث تعتمد الفكرة على نقل مياه الأمطار دون تعرض الكتلة العمرانية القائمة لأية أضرار. **ثانيا على مستوي المدينة City Scale**، فبهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للاستفادة من طبيعة التربة المسامية والمساعدة على شحن المياه الجوفية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات والمتضحة فيما يلي: حدائق الأمطار Rain Gardens، والقنوات النباتية Bioswales، ومواد الرصف المسامية Permeable Pavements؛ وبهدف احتجاز مياه الأمطار تم تبني تنفيذ منشآت للتخزين أسفل سطح الأرض Subsurface Storage؛ وبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار وخلق مناطق ترفيهية للسكان تم تبني تنفيذ برك / أحواض الاحتفاظ بمياه الأمطار Retention Ponds، والأراضي الرطبة المشيدة Constructed Wetland. **ثالثا على مستوي قطع الأراضي Plot Scale**، فبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ الأسطح الخضراء Green Roofs على مستوي المباني (DSD,2017; Lam et al., 2020; Lau, 2018; Luk et al., 2017).

٣-١-١-٢ الإجراءات التخطيطية

تبنت حكومة هونج كونج لإثنين من الإجراءات التخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة والمتمثلين في: **أولا** فبهدف التأهب وتجنب الفيضانات المفاجئة والحد من المخاطر الناجمة عنها، توجهت حكومة هونج كونج نحو التخطيط للمرافق الترفيهية والحدائق والمناطق الخضراء ذات السعة التخزينية لمياه الأمطار أثناء فترات التهاطل، لتقليل الجريان السطحي للمياه وتخزينها وإعادة استغلالها، حيث بدأت بوضع خطط لتنشيط جزء من نهر تونغ تشونغ الحالي، وتحسين قدرته على الصرف وتحويله إلى أول حديقة نهرية في هونغ كونغ. **ثانيا** فبهدف التخطيط للطوارئ وإدارتها، توجهت حكومة هونج كونج نحو توفير نظام متكامل للتنبؤ والإنذار بالفيضانات المفاجئة، كما يصدر مرصد هونغ كونغ بيانات تحذير عامة عبر وسائل الإعلام لاتخاذ إجراءات وقائية وإبلاغ الجمهور بمخاطر الفيضانات الوشيكة المحتملة (DSC,2017; Chui et al., 2006).

٣-١-١-٣ النتائج المستهدفة لتنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

أثبتت الإجراءات المتبعة بعد تنفيذها تبعا لتقدير الخبراء فعاليتهم في التخفيف من تأثير الجريان السطحي لمياه الأمطار، وتقليل مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول، حيث قلت المناطق المتعرضة للغرق والتأثيرات السلبية الفادحة نتيجة تلك الفيضانات المفاجئة من ٩٠ منطقة عام ١٩٩٥م إلى ٧ مناطق عام ٢٠١٧م، وحققت النتائج المستهدفة في خفض الجريان السطحي لمياه الأمطار والمخاطر الناجمة عنها بنسبة ٧٠٪ (DSC,2017).

٣-١-١-٤ معوقات تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

عانت مدينة هونج كونج من أربعة معوقات رئيسيه متمثلة في: أولا نقص التمويل الكافي لكامل المشروع لعدم مشاركة القطاع الخاص غير بنسب محدودة والاعتماد الكلي على الحكومة المركزية الصينية في التمويل؛ ثانيا ارتفاع التكلفة الإجمالية للمشروع؛ ثالثا عدم توافر أراضي لتوطين الإجراءات التي تتطلب مساحات كبيرة كالأراضي الرطبة المشيدة وبرك الاحتفاظ وبرك الاحتجاز غير في أضيق الحدود؛ رابعا نقص الخبرة اللازمة لتنفيذ هذه الإجراءات (Association, 2017; Liang, 2018; Nguyen et al., 2019).

٣-١-٢ مدينة ديلوث Duluth – الولايات المتحدة الأمريكية

مدينة ديلوث هي أحد المدن الرئيسية بولاية مينيسوتا الأمريكية، واحد أهم المراكز السياحية بمقاطعة سانت لويس، ويبلغ حجم سكانها ٨٦٦٩٧ نسمة لعام ٢٠٢٠م مما يجعلها خامس أكبر مدينة بولاية مينيسوتا. وتُعد مدينة ديلوث أحد المدن التي تتعرض للمخاطر الشديدة من الفيضانات المفاجئة، حيث تتعرض للعديد من الأحداث المدمرة كأحداث يونيو ٢٠١٩م والذي يُعد أسوء هذه الأحداث حيث وصل معدل هطول الأمطار لـ٢٣٠ ملم في غضون ثلاثين ساعة، وكذلك الفيضان المفاجئ تورنادو عام ٢٠١٢م الذي تسبب بتدمير كبير للبنية التحتية والمنشآت الحيوية والمنازل؛ وبلغ إجمالي حجم الخسائر الناتجة عن الفيضانات المفاجئة ١٠٠ مليون دولار الى جانب الخسائر في الأروح (Kuhnly, 2015). وتُعد مدينة ديلوث أحد الحالات المحدودة لتطبيق استراتيجية التنمية منخفضة التأثير LID والتي تجمع بين الإجراءات المختلفة للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، وكنتيجة لعدم وجود حالات سابقة رائدة لتطبيق هذه الاستراتيجية وارتفاع التكلفة الكلية لها، فتم اقتراح تبني تطبيقها على أحد المناطق شديدة التأثر وذات الأولوية لدراسة نتائج تطبيقها، ومن ثما تعميمها على كامل المدينة، وكان موقع جامعة ديلوث أحد أكثر هذه المناطق، وبتحليل الإجراءات التي تم تنفيذها بها، اتضح تبنيها لتنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية والتخطيطية والتي تتضح فيما يلي:

٣-١-٢-١ الإجراءات الإنشائية

تبنت المدينة تنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية على المستويين (مستوي المدينة ومستوي قطع الأراضي) ولم تتبني تنفيذ إجراءات على مستوي حوض الصرف / النطاق الأشمل، وفيما يلي الإجراءات المستخدمة: **أولا على مستوي المدينة City Scale**، فبهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للاستفادة من طبيعة التربة المسامية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات والمتضحة فيما يلي: القنوات النباتية Bioswales، وقنوات الترشيح Infiltration Trench، وحدائق الأمطار Rain Gardens، ومواد الرصف المسامية Permeable Pavements؛ وبهدف احتجاز مياه الأمطار تم تبني تنفيذ منشآت للتخزين أسفل سطح الأرض Subsurface Storage؛ وبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ برك / أحواض الاحتفاظ بمياه الأمطار Retention Ponds. **ثانيا على مستوي قطع الأراضي Plot Scale**، فبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ الأسطح الخضراء Green Roofs على مستوي المباني (Wen et al., 2016; Herb, 2021).

٣-١-٢-٢ الإجراءات التخطيطية

تعتمد إدارة مدينة ديلوث في التأهب وتجنب الفيضانات المفاجئة والحد من المخاطر الناجمة عنها على هيئة الأرصاد الجوية للتنبؤ بالطقس وبأحداث الأمطار الشديدة التي ينجم عنها حدوث الفيضانات المفاجئة، حيث يتم التزويد بالوقت المحتمل لحدوث العاصفة وهطول الأمطار، وبكميات الأمطار الساقطة المحتملة للبدء بالإنذار المبكر تبعا لدرجة خطورة الحدث، وإنذار المناطق شديدة التعرض للخطر، واتخاذ ما يلزم من إجراءات الاستعداد لتلافي الأثار السلبية وتقليل المخاطر (Herb, 2021; Kleist et al., 2011).

٣-١-٢-٣ النتائج المستهدفة لتنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

أثبتت مؤشرات التقييم نجاح المدينة في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول، حيث حصلت على التقييم الذهبي لتقييم (STARS) الذي يُعد أحد تقييمات قياس أداء الاستدامة، نتيجة تعزيز قدرتها على مواجهة مخاطر الفيضانات المفاجئة، بعد تطبيق إجراءات الحد من المخاطر على موقع جامعة ديلوث كدراسة حالة وإثبات فعاليتها ليتم تعميمها على كامل المدينة، وساعدت الإجراءات في تقليص حجم مخاطر الفيضانات المفاجئة على مستوى موقع الجامعة بنسبة ١٠٠٪، كما ساعدت في تقليص المخاطر الكلية للفيضانات المفاجئة، والجريان السطحي لمياه الأمطار على مستوي المدينة بنسبة ٣٤٪ (Herb, 2021; Wen et al., 2016; Stars, 2019).

٣-١-٢-٤ معوقات تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

تمثلت المعوقات الأساسية التي واجهتها مدينة ديلوث في تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة في ارتفاع التكلفة الكلية للمشروع، مع عدم اليقين التام بنتائج المشروع مما وجهه إدارة المدينة للتطبيق على أحد المناطق الأكثر أولوية والأكثر تأثرا (موقع جامعة ديلوث) ليتم تعميمها على باقي المدينة إذا ثبت نجاحها؛ الى جانب نقص الخبرة اللازمة لتنفيذ مثل هذا النوع من إجراءات الحد من المخاطر، حيث تُعد هذه الإجراءات حديثة وقيد التطوير ولم يتم تبني تنفيذها إلا في مناطق محدودة (Wen et al., 2016; Herb et al., 2010; Herb, 2021; Kleist et al., 2011).

٣-١-٣ مدينة سياتل Seattle، واشنطن – الولايات المتحدة الأمريكية

تُعد مدينة سياتل هي أكبر مدينة بولاية واشنطن الأمريكية، واحد أكبر المراكز الصناعية التكنولوجية، ويبلغ حجم سكانها ٧٢٤,٣٠٥ نسمة لعام ٢٠١٩م مما يجعلها من أهم المدن بولاية واشنطن. وتُعد مدينة سياتل أحد المدن التي تتعرض لمخاطر الفيضانات المفاجئة وبخاصة في الآونة الأخيرة نتيجة التغيرات المناخية الشديدة، حيث وصل معدل هطول الأمطار لـ ٢٥ ملم في أقل من أربعة وعشرين ساعة، وكنتيجة لطبوغرافيا المدينة واختلاف مناسيب سطح الأرض يؤدي ذلك إلى غرق المناطق المنخفضة المنسوب نتيجة الجريان السطحي لمياه الأمطار من المناطق المرتفعة والتركز بالمناطق المنخفضة، فيوجد ١٠٥٥٥ عقارًا في سياتل باحتمالية أكبر من ٢٦٪ للتأثر بشدة بالفيضانات المفاجئة بما يمثل ٥٪ من جميع العقارات في المدينة. وتتسبب الفيضانات المفاجئة بخسائر اقتصادية بالغة، حيث تصل الي ٢٠٠٠٠٠ دولار سنويا بسبب التدمير الكبير للبنية التحتية والمنشآت الحيوية والمنازل، الى جانب الخسائر التي تحدث في الأروح (Kim, 2019). وتُعد مدينة سياتل أحد الحالات المحدودة لتطبيق استراتيجية التنمية منخفضة التأثير LID والتي تجمع بين الإجراءات المختلفة للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، وبتحليل الإجراءات التي تم تنفيذها بها، اتضح تبنيها لتنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية والتخطيطية والتي تتضح فيما يلي:

٣-١-٣-١ الإجراءات الإنشائية

تبنت المدينة تنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية على المستويات التخطيطية الثلاث، والتي تتضح فيما يلي: **أولا على مستوي حوض الصرف/ النطاق الأشمل Regional Scale**، تبنت المدينة تنفيذ فكرة قنوات التحويل Conveyance Channels بهدف التخلص من جزء من مياه الأمطار والحفاظ على الكتلة العمرانية دون تعرضها لأية أضرار؛ فقامت بتنفيذ أنبوب يعمل على نقل مياه الأمطار خارج الكتلة العمرانية باتجاه البحر بما يعزز مستوى مقاومة الفيضانات المفاجئة في المدينة. **ثانيا على مستوي المدينة City Scale**، فبهدف استعادة الهيدرولوجيا الطبيعية بالموقع وتعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للاستفادة من طبيعة التربة المسامية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات والمتضحة فيما يلي: حدائق الأمطار Rain Gardens، والقنوات النباتية Bioswales، ومواد الرصف المسامية Permeable Pavements؛ وبهدف احتجاز مياه الأمطار تم تبني تنفيذ منشآت للتخزين أسفل سطح الأرض Subsurface Storage، واستخدام التخزين المؤقت لاستعمالات الأراضي. **ثالثا على مستوي قطع الأراضي Plot Scale**، فبهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة تم التوجه نحو استغلال الحدائق الخاصة Private Gardens الملحقة بالمباني والمنازل لتصريف مياه الأمطار عليها (Seattle Public Utilities, 2020; Kim, 2019; Johnson & Staeheli, 2006).

٣-١-٣-٢ الإجراءات التخطيطية

تعتمد إدارة مدينة سياتل على هيئة الأرصاد الجوية للتنبؤ بالطقس وبأحداث الأمطار الشديدة التي ينجم عنها حدوث الفيضانات المفاجئة كحالة مدينة ديلوث، حيث يتم التزويد بالوقت المحتمل لحدوث العاصفة وهطول الأمطار، وبكميات الأمطار الساقطة المحتملة للبدء بالإنذار المبكر تبعا لدرجة خطورة الحدث، وإنذار المناطق شديدة التعرض للخطر، واتخاذ ما يلزم من إجراءات الاستعداد لتلافي الأثار السلبية وتقليل المخاطر (Kim, 2019; Dolowitz et al., 2012).

٣-١-٣-٣ النتائج المستهدفة لتنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

أثبتت الإجراءات التي تم إتباعها بمدينة سياتل للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة تبعا لتقديرات الخبراء فعاليتها في تقليص حجم مخاطر الفيضانات المفاجئة والجريان السطحي لمياه الأمطار على مستوي المدينة

بنسبة ٨٠٪، كما ساعدت في تحسين الصورة البصرية للمدينة والارتقاء بمستوي البيئة والمحافظة على استدامتها (Seattle Public Utilities, 2020; Johnson & Staeheli, 2006).

٣-١-٣-٤ معوقات تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

تماثلت المعوقات الأساسية التي واجهتها مدينة سياتل مع المعوقات التي واجهتها مدينة ديلوث في تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، حيث واجهت أيضا ارتفاع التكلفة الكلية للمشروع، مع عدم اليقين التام بالنتائج المستهدفة؛ الى جانب نقص الخبرة اللازمة لتنفيذ مثل هذا النوع من إجراءات الحد من المخاطر، حيث تُعد هذه الإجراءات حديثة وقيد التطوير ولم يتم تبني تنفيذها إلا في مناطق محدودة (US Environmental Protection Agency, 2013; Sanjei et al., 2021; Dolowitz et al., 2012).

٣-١-٤ مدينة فيلادلفيا Philadelphia – الولايات المتحدة الأمريكية

تُعد مدينة فيلادلفيا هي أكبر مدينة بولاية بنسلفانيا الأمريكية، واحد أكبر المراكز الخدمية، ويبلغ حجم سكانها ١,٥٧٩ مليون نسمة لعام ٢٠١٩م، وتُعد خامس أكبر مدن الولايات المتحدة وثاني أكبر مدينة بالساحل الشرقي. وتُعد مدينة فيلادلفيا أحد المدن التي تتعرض للمخاطر الشديدة للفيضانات المفاجئة وبخاصة في الآونة الأخيرة نتيجة التغيرات المناخية الشديدة، حيث وصل معدل هطول الأمطار لـ ٤٧ بوصة / سنويا، والذي يعلو المتوسط العام لأمريكا والبالغ ٣٨ بوصة / سنويا، مما يتسبب في حدوث خسائر اقتصادية بالغة، فقد شهدت الولاية منذ عام ١٩٨٠م ١٥ عاصفة كبيرة تسببت في أضرار تجاوزت قيمتها مليار دولار، الى جانب الخسائر الكبيرة التي تحدث في الأروح. ويوجد بمدينة فيلادلفيا ٣٥١٧٠ عقارًا باحتمالية أكبر من ٢٦٪ للتأثر بشدة بالفيضانات المفاجئة بما يمثل ٦٪ من جميع العقارات في المدينة (Philadelphia, 2021). وتُعد مدينة فيلادلفيا أحد الحالات المحدودة لتطبيق استراتيجية التنمية منخفضة التأثير LID والتي تجمع بين الإجراءات المختلفة للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، وبتحليل الإجراءات التي تم تنفيذها بها، اتضح تبنيها لتنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية والتخطيطية والتي تتضح فيما يلي:

٣-١-٤-١ الإجراءات الإنشائية

تبنت المدينة تنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية على المستويين (مستوي المدينة ومستوي قطع الأراضي) ولم تتبني تنفيذ إجراءات على مستوي حوض الصرف / النطاق الأشمل، وفيما يلي الإجراءات المستخدمة: **أولا على مستوي المدينة City Scale**، فبهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للاستفادة من طبيعة التربة المسامية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات والمتضحة فيما يلي: القنوات النباتية Bioswales، وقنوات الترشيح Infiltration Trench، وحدائق الأمطار Rain Gardens، ومواد الرصف المسامية Permeable Pavements؛ وبهدف احتجاز مياه الأمطار تم تبني تنفيذ منشآت للتخزين أسفل سطح الأرض Subsurface Storage؛ وبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ برك / أحواض الاحتفاظ بمياه الأمطار Retention Ponds. **ثانيا على مستوي قطع الأراضي Plot Scale**، فبهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار داخل قطع الأراضي تم الاعتماد على حدائق الأمطار Private Gardens، وأنظمة الخلايا الأرضية AquaCell، وبهدف احتجاز مياه الأمطار داخل قطع الأراضي تم الاعتماد على الأسطح الزرقاء Blue Roofs، وبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ الأسطح الخضراء Green Roofs، ونظام حصاد مياه الأمطار Rainwater Harvesting (Philadelphia, 2021; Philadelphia water department, 2006; Philadelphia, 2020).

٣-١-٤-٢ الإجراءات التخطيطية

تعتمد إدارة مدينة فيلادلفيا على هيئة الأرصاد الجوية للتنبؤ بالطقس وبأحداث الأمطار الشديدة التي ينجم عنها حدوث الفيضانات المفاجئة كحالة مدينة ديلوث ومدينة سياتل، حيث يتم التزويد بالوقت المحتمل لحدوث العاصفة وهطول الأمطار، وبكميات الأمطار الساقطة المحتملة للبدء بالإنذار المبكر تبعا لدرجة خطورة الحدث، وإنذار المناطق شديدة التعرض للخطر، واتخاذ ما يلزم من إجراءات الاستعداد لتلافي الأثار السلبية وتقليل المخاطر (CBS Philly, 2021a; CBS Philly, 2021b).

٣-١-٤-٣ النتائج المستهدفة لتنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

أثبتت الإجراءات التي تم إتباعها بمدينة فيلادلفيا للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة تبعا لتقديرات الخبراء فعاليتها في تقليص حجم مخاطر الفيضانات المفاجئة والجريان السطحي لمياه الأمطار على مستوي المدينة

بنسبة ٨٥٪؛ وبالتالي تُعد مدينة فيلادلفيا أكثر التجارب في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة من بين التجارب العالمية؛ كما ساعدت الإجراءات التي تبنتها مدينة فيلادلفيا في تحسين الصورة البصرية للمدينة والارتقاء بمستوي البيئة والمحافظة على استدامتها (Yale Environment, 2018; Groff, 2018).

٣-١-٤-٤ معوقات تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

تماثلت المعوقات الأساسية التي واجهتها مدينة فيلادلفيا مع المعوقات التي واجهتها كل من مدينة ديلوث ومدينة سياتل في تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، حيث واجهت أيضا ارتفاع التكلفة الكلية للمشروع، الى جانب نقص الخبرة اللازمة لتنفيذ مثل هذا النوع من إجراءات الحد من المخاطر، حيث تُعد هذه الإجراءات حديثة وقيد التطوير ولم يتم تبني تنفيذها إلا في مناطق محدودة (Groff, 2018; Yale Environment, 2018; McGarity, 2010).

٣-٢ دراسة الحالة المصرية

يتناول هذا الجزء لدراسة أحد الحالات المصرية التي تتعرض للمخاطر الشديدة للفيضانات المفاجئة السابق ذكرها بشكل ٣، وهي مدينة القاهرة الجديدة، ويرجع السبب الرئيسي لاختيار المدينة في أنها أولي المدن التي اختارتها الدولة لتنفيذ عدد من إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بها. ويكمن الهدف من دراسة المدينة في استخلاص إجراءات الحد المتبعة بها (الإنشائية والتخطيطية)، ودراسة نتائج تنفيذها، ليتم عمل تحليل مقارن لها مع نتائج دراسات الحالة العملية العالمية ومع نتائج الدراسة النظرية المستنتجة بالمحور الثاني من هذا البحث، بهدف الخروج بأنسب الإجراءات للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة (الإنشائية والتخطيطية)، والتي يمكن الاستعانة بها في تخطيط المدن المصرية بما يساعد على إدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية ويحد من الفيضانات المفاجئة والتأثيرات السلبية الناجمة عنها، ويدعم أمنها واستدامتها.

٣-٢-١ مدينة القاهرة الجديدة

مدينة القاهرة الجديدة هي إحدى مدن الجيل الثالث للمدن الجديدة بجمهورية مصر؛ تم إنشاؤها بهدف خلق تجمع جاذب للتنمية والسكان للحد من الزيادة السكانية في القاهرة الكبرى. وتعتبر مدينة القاهرة الجديدة من أكبر المدن الجديدة في مصر حيث وصلت مساحتها٨٥٥٨٠ فدان تبعا لموقع هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة، ويبلغ حجم سكانها ٢٩٧٣٨٧ نسمة تبعا لتعداد ٢٠١٧م. وتُعد أحد المدن الرئيسية المتأثرة بالفيضانات المفاجئة / السيول في مصر، وتُعد من أشد السيول التي ضربتها سيول أكتوبر ٢٠١٩م وأبريل ٢٠١٨ ومارس ٢٠٢٠م والتي نتج عنهما وفاة ١٢ مواطن وخسائر اقتصادية مباشرة تزيد عن عشرة ملايين جنيه. وتعتبر مدينة القاهرة الجديدة هي أول المدن التي اختارتها الدولة لتنفيذ عدد من إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة لما تعانيه المدينة من التأثيرات السلبية الناجمة عنها، حيث تم الاعتماد في حل المشكلة على عدد من الحلول التخطيطية، واستخدام تنسيق الموقع لصرف مياه الأمطار بالاعتماد على الحلول الطبيعية قليلة الصيانة من خلال الترشيح بباطن التربة والاعتماد على التخزين السطحي في المناطق المنخفضة التي يتم تصميمها لهذا الغرض، بهدف فصل صرف مياه الأمطار عن الصرف الصحي وتصريفها طبيعيا دون الضغط على شبكة الصرف القائمة (وزارة الإسكان والمرافق، ٢٠٢١؛ الزعفراني، ٢٠٢١).

٣-٢-١-١ أسباب مشكلة القاهرة الجديدة

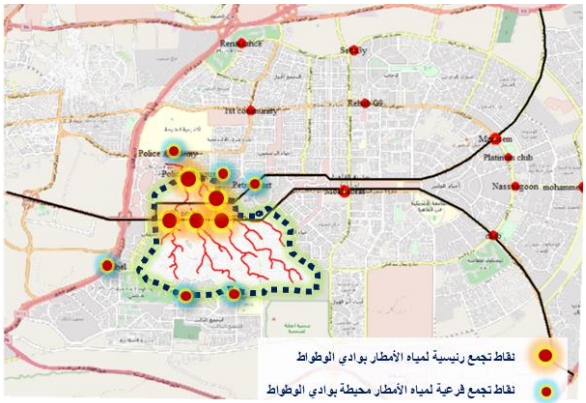
تتمثل المشكلة الأساسية بمدينة القاهرة الجديدة في غرق أجزاء كبيرة من المدينة بمياه الأمطار، والذي يتسبب بدوره في حدوث خسائر في الأرواح وخسائر اقتصادية بالغة، وترجع هذه المشكلة لعدة أسباب تتضح فيما يلي:

- سقوط كميات كبيرة من الأمطار في فترة قصيرة على منطقة كبيرة (بعمق قليل جدا) ثم تجري لتتركز في مساحة صغيرة (بعمق كبير)؛ حيث كان من المفترض انه وبسقوط ٤٥ مم من مياه الأمطار أن تملأ الأرض بعمق ٤,٥ سم فقط، بينما وصل عمق المياه ٩٠ سم، أي أن المياه تركزت بمعدل ٢٠ مرة، وبشكل أكثر تفصيلا فالمياه التي سقطت على كيلومتر مربع (٤٥ ألف م٣) تجري لتتركز في مناطق منخفضة مساحتها ٥٠ ألف متر مربع فقط، مما يفاقم من المشكلة.
- عدم وجود شبكة صرف أمطار بالمدينة، والاعتماد على شبكة الصرف الصحي، وبالتالي يتم توجيه مياه الأمطار بالكامل إليها؛ ومع حجم مياه الأمطار الكبير الذي يسقط في وقت قصير في الآونة الأخيرة

نتيجة التغيرات المناخية -والغير مدرج في تصميم الشبكة الحالية-، فيتسبب في تعدي الطاقة الاستيعابية للشبكة وبالتالي غرق المدينة.

- تم حساب الطاقة الاستيعابية لشبكات الصرف الصحي على متوسط معدل الأمطار السنوي دون النظر لأحداث التغيرات المناخية الشديدة والتي تتسبب في زيادة معدلات الأمطار. فالمتوسط السنوي لسقوط الأمطار على القاهرة وضواحيها ٢٥مم (أي ٢٥ لتر على كل متر مربع من الأرض سنويا)، تسقط في ٣ إلى أربعة أيام (٥-١٠ مم في اليوم الواحد)؛ وبدراسة الأحداث المتطرفة لتساقط الأمطار على القاهرة الجديدة، نجد أنه في ٢٠١٧/٤/٢٤ تساقطت الأمطار بمعدل ١٥,٥ مم في ساعتين، تسببت في حجم مياه قدر بـ ٩٠٠ ألف م٣ الى ١,٦ مليون م٣ من مياه الأمطار. وكذلك في ٢٠٢٠/٣/١٣ تساقطت الأمطار بمعدل ٤٥ مم في ٢٤ ساعة، تسببت في حجم مياه قدر بـ ٤ الى ٥ مليون م٣ من مياه الأمطار، وبالنظر الى قدرة الصرف الصحي بالقاهرة الجديدة نجدها ٢٥٠ ألف م٣ يوميا، وبالتالي تحدث الفيضانات نتيجة تعدي السعة التصميمية، حيث يصل حجم مياه الأمطار من ٤-٢٠ ضعف كمية الصرف الصحي في نفس الوقت.
- اعتماد شبكة الصرف الصحي على نظام الرفع وليس الجاذبية لوجود محطة الصرف الصحي أعلى من منسوب المدينة بـ ٢٠٠متر؛ فيتم رفع المياه من خلال مجموعة من الطرمبات المتتابعة، وبالتالي تحدد قدرة الشبكة بقدرة طرمبات الرفع المتواجدة عليها، وبالتالي نفقد ميزة نظام الصرف بالجاذبية الذي يعمل علي زيادة كمية الصرف كلما زاد حجم الماء نتيجة الضغط المتولد المؤدي لزيادة سرعة المياه المصروفة.
- العمل بنظام الطرمبات المتتابعة، والتي مع زيادة الضغط عليها نتيجة دخول كميات كبيرة من مياه الأمطار إليها في وقت قصير، يتعطل أحدها وبالتالي يتوقف خط الصرف بالكامل عن العمل وتبدأ المياه تفيض بالطرق وبالأدوار الأرضية.
- البناء على مخرات السيول بالمدينة دون توفير بدائل لها لتصريف مياه الأمطار، الى جانب التباين الطبوغرافي الكبير بالمدينة مما يتسبب بحركة مياه الأمطار من المناطق المرتفعة وتركزها بالمناطق المنخفضة متسببة في حدوث فيضانات بها نتيجة ارتفاع عمق المياه.
- ارتفاع نسبة الأسطح غير المنفذة للمياه في المدينة، وارتفاع منسوب المسطحات الخضراء عن الطرق الواقعة عليها مما يتسبب في عدم استغلالها في امتصاص ما يتركز على الطرق من مياه الأمطار.
- وجود طبقة من الطفلة تحت أجزاء كبيرة من المدينة، والتي تعمل على احتجاز مياه الأمطار ومنع ترشيحها بطبقات التربة العميقة (وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، ٢٠٢١؛ الزعفراني، ٢٠٢١؛ هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة، ٢٠٠٨).

فتم البدء أولا بدراسة مخرات السيول والأودية بمدينة القاهرة الجديدة، والبالغ عددهم ١٥ واديا، ودراسة العمران القائم على هذه الأودية، بهدف الخروج بمناطق تجمع المياه بالمدينة، والمناطق الأكثر تأثر والأكثر أولوية للتدخل العاجل؛ وتوصلت الدراسة التي قام بها استشاري المشروع أن وادي الوطواط والموضح بشكل ٦، هو الأخطر والأكثر تأثيرا والأكثر أولوية، حيث يسبب خمسة من أكبر وأخطر التجمعات لمياه الأمطار أي ربع نقاط تجمع مياه الأمطار، كما يُزيد من مشاكل ٦ تجمعات أخري لمياه الأمطار بسبب الضغط على شبكة الصرف الصحي، الى جانب أنه يُغطي معظم مساحة التجمع الخامس، ويمثل ١٤٪ من المساحة المأهولة بالمدينة، وبالتالي فإن حل مشكلة وادي الوطواط يُعد تقريبا بمثابة حل لثلث مشاكل تجمع مياه الأمطار بمدينة القاهرة الجديدة، وبالتالي تم البدء بتطبيق إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة على وادي الوطواط، الى جانب استخدام بعض الإجراءات على مستوي المدينة ككل للحد من تأثيرات الفيضانات المفاجئة وضمان تأمين واستدامة المدينة (الزعفراني، ٢٠٢١)، وفيما يلي عرض لهذه الإجراءات بالتفصيل



قطاع وادي الوطواط الأكثر أولوية للتدخل العاجل.1شكل
المصدر: الباحث استنادا لـ (وزارة الإسكان والمرافق، ٢٠٢١)

٣-٢-١-٢ الإجراءات الإنشائية

تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات الإنشائية على مستوي المدينة فقط، ولم يتم تبني تنفيذ أية إجراءات على مستوي حوض الصرف / النطاق الأشمل أو على مستوي قطع الأراضي، وتتضح الإجراءات المستخدمة **على مستوي المدينة City Scale** فيما يلي: فبهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للاستفادة من طبيعة التربة المسامية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات والمتضحة فيما يلي: الآبار الجافة Dry Wells، والقنوات النباتية Bioswales، وحدائق الأمطار Rain Gardens، ومواد الرصف المسامية Permeable Pavements؛ ولم يتم تبني تنفيذ إجراءات لاحتجاز أو الاحتفاظ بمياه الأمطار (نجم، ٢٠٢٠م؛ وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، ٢٠٢١؛ الزعفراني، ٢٠٢١).

٣-٢-١-٣ الإجراءات التخطيطية

يعتمد جهاز مدينة القاهرة الجديدة على الهيئة العامة للأرصاد الجوية للتنبؤ بالطقس وبأحداث الأمطار الشديدة التي ينجم عنها حدوث الفيضانات المفاجئة، للبدء بالإنذار المبكر للمناطق شديدة التعرض للخطر، واتخاذ ما يلزم من إجراءات الاستعداد لتلافي الأثار السلبية وتقليل المخاطر.

كما انه والى جانب الإجراءات المذكورة أعلاه فإن الدولة تتبني حاليا تعديل كفاءة شبكة الصرف الصحي بالمدينة للمساعدة في حل مشكلة الفيضانات المفاجئة، حيث تقوم حاليا بتنفيذ خط صرف يصل لمحطة الجبل الأصفر بطول ٢٥كم لنقل تصريفات المدينة الزائدة وحل مشكلة الصرف الصحي بها، كما تقوم أيضا بتدعيم ورفع كفاءة شبكات الصرف ومحطات الرفع، حيث بدأت بعمل ازدواج للعديد من خطوط الطرد بطول ٤ كم والتي يتم تنفيذها لنقل مياه الصرف الصحي بطريقة الانحدار للاستفادة من مميزات هذه الطريقة من حيث زيادة حجم المياه المصروفة نتيجة زيادة السرعة الناجمة عن زيادة الضغط، مما يضمن استمرار عمل الشبكة في حالة توقف أحد طرمبات الرفع (الزعفراني، ٢٠٢١).

3-٢-١-٤ النتائج المستهدفة لتنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

يتوقع أن تعمل الإجراءات التخطيطية المتبعة والجاري تنفيذها بمدينة القاهرة الجديدة بعد اكتمال مراحل التنفيذ، أن تحد من حجم الجريان السطحي لمياه الأمطار والمخاطر الناجمة عنها بنسبة تصل لـ ٥٠٪ من إجمالي حجم الجريان السطحي لمياه الأمطار الساقطة على المدينة والمخاطر الناجمة عنها (الزعفراني،٢٠٢١).

٣-٢-١- معوقات تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة

يعد المعوقان الأساسيان في تنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بمدينة القاهرة الجديدة هما: نقص الخبرة اللازمة للتنفيذ، حيث تُعد هذه الإجراءات غير شائعة التنفيذ في مصر، وارتفاع التكلفة نتيجة طبيعة التنفيذ المختلفة لهذه الإجراءات (الزعفراني،٢٠٢١).

٤- المناقشة

تتعرض المدن المصرية لمخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول الشديدة، والتي تتسبب بخسائر فادحة وكارثية على مستوي الموارد المختلفة البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وهو ما يمنع تحقيق التنمية المستدامة للمجتمعات العمرانية المصرية؛ لذا يهدف البحث إلى تعزيز قدرة المجتمعات العمرانية المصرية على مجابهة والحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة / السيول، ودمجها لتكون جزءا من عملية التخطيط الحضري لتحقيق التنمية المستدامة، وخلق مدن قادرة على التكيف والصمود أمام هذه الصدمات، من خلال مجموعة من إجراءات الحد من هذه المخاطر، والتي امكن التوصل إليها كنتيجة لتحليل دراسة الحالة المصرية مع نتائج تحليل التجارب العملية العالمية، ومع نتائج الدراسة النظرية؛ فتم استخلاص أنسب الإجراءات الإنشائية، والتي تم تحديدها على المستويات التخطيطية الثلاث (مستوي النطاق الأشمل / حوض الصرف، ومستوي المدينة، ومستوي قطع الأراضي)؛ وأنسب الإجراءات التخطيطية؛ ويُعد الدمج فيما بينهما (الإجراءات الإنشائية والتخطيطية) هو أنسب إستراتيجية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة. فبتحليل نتائج دراسة الحالة المصرية (مدينة القاهرة الجديدة) في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة والجريان السطحي لمياه الأمطار، نجد أنها بعد تنفيذ الإجراءات المختارة بها تستهدف تخفيض حجم مخاطر الفيضانات المفاجئة بها بنسبة ٥٠٪، والتي تقل بكثير عن المتوسط العام الذي حققته التجارب العملية العالمية في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة والبالغ ٧٨٪، كما تقل بفارق كبير عن مدينة فيلادلفيا والتي تُعد أنجح التجارب في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، نتيجة تقليلها لحجم المخاطر بنسبة ٨٥٪؛ وبالتالي يتضح عدم كفاية الإجراءات المتبعة بمدينة القاهرة الجديدة والمطبقة بوادي

الوطواط، مما يستلزم التطبيق بباقي المناطق ذات الأولوية بالمدينة كما هو الحال بالتجارب العالمية، كما يمكن الاستعانة بمجموعة الإجراءات التي طبقتها التجارب العالمية ولم تتبنها الحالة المصرية بهدف زيادة نسبة الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، وفيما يلى أنسب الإجراءات المستنتجة التي تلائم الحالة المصرية.

٤-١ الإجراءات الإنشائية للتصدي لمخاطر الفيضانات المفاجئة

تنقسم الإجراءات الإنشائية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة على ثلاثة مستويات تخطيطية وهي: النطاق الأشمل / حوض الصرف Regional Scale، وعلى مستوي المدينة City Scale، وعلى مستوي قطع الأراضي Plot Scale؛ وفيما يلي النتائج التفصيلية على المستويات التخطيطية الثلاث:

- **أولا على مستوي النطاق الأشمل / حوض الصرف Regional Scale**

اتضح من تحليل الحالة المصرية عدم استخدام مدينة القاهرة الجديدة لأية أدوات على مستوي النطاق الأشمل / حوض الصرف، على خلاف بعض التجارب كمدينة هونج كونج الصينية ومدينة سياتل الأمريكية، حيث استخدمتا قنوات التحويل Conveyance Channels، وهو ما يُعد أمرا منطقيا في حالة القاهرة الجديدة، حيث تتمثل مشكلتها في مياه الأمطار التي تسقط على المدينة نفسها، ولا تُمثل مياه الأمطار التي تسقط بالنطاق الأشمل لأية تأثير عليها كحالة مدينتي هونج كونج وسياتل، وبالتالي توطين إجراءات إنشائية على مستوي النطاق الأشمل قد لا يحقق جدوي تنفيذه بمدينة القاهرة الجديدة.

أما بالنسبة للمدن المصرية التي تتأثر بمياه الأمطار التي تسقط بالنطاق الأشمل لها كحالة المدن التي تتعرض للسيول الشديدة بنطاق البحر الأحمر وصعيد مصر وسيناء – شكل ٣ -، فإن تطبيق الإجراءات الإنشائية بها على مستوي النطاق الأشمل تحقق جدوي تنفيذها وتساهم في الحد بشكل كبير من مخاطر الفيضانات المفاجئة، فيمكن فيها الاعتماد على قنوات التحويل مثل التجارب العالمية، أو الاعتماد على السدود والخزانات المبطنة بالخرسانة المسلحة والخنادق المائية والهرابات والتعديل على مجاري الأنهار والبرابخ كما هو مستنتج من الدراسة النظرية؛ فيمكن الاعتماد على أحد هذه الإجراءات أو الدمج ما بينها تبعا لخصوصية حالة كل مدينة وحجم مياه الأمطار التي تؤثر عليها.

- **ثانيا على مستوي المدينة City Scale**

اتضح من دراسة مدينة القاهرة الجديدة أنها تبنت تنفيذ كافة إجراءات الحد بها على مستوي المدينة ولم تتبني تنفيذ أية إجراءات بالمستويين الأخرين كحالة التجارب العالمية؛ فقد تبنت تنفيذ مجموعه من الإجراءات التي تقع جميعا ضمن أدوات إعادة شحن المياه الجوفية (الترشيح) Recharge Infiltration tools، وذلك للاستفادة من طبيعة التربة الرملية بالمدينة، والتي تتميز بمسامية تصل من ٢٥٪ الى ٣٠٪، فقد استخدمت الآبار الجافة والقنوات النباتية وحدائق الأمطار ومواد الرصف المسامية أي أنها تبنت جميع الإجراءات الأكثر استخدما بالتجارب العالمية، وبالاستعانة بنتائج الدراسة النظرية فيمكن أيضا الاعتماد على قنوات الترشيح وآبار حقن المياه الجوفية وأنظمة الخلايا الأرضية لتعمل ضمن أدوات إعادة شحن المياه الجوفية (الترشيح) للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بالمدينة. كما تبين من دراسة مدينة القاهرة الجديدة أنها لم تتبني تنفيذ أية أدوات لاحتجاز أو الاحتفاظ بمياه الأمطار كحالة التجارب العالمية، ومنه يمكن اقتراح استخدام برك / أحواض احتجاز مياه الأمطار ومنشآت التخزين أسفل سطح الأرض والتخزين المؤقت لاستعمالات الأراضي كأدوات لاحتجاز مياه الأمطار، وأيضا برك / أحواض الاحتفاظ بمياه الأمطار والأراضي الرطبة المشيدة كأدوات للاحتفاظ بمياه الأمطار؛ والتي يمكن الاعتماد على أحدهم أو الدمج فيما بينها لرفع نسبة الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بمدينة القاهرة الجديدة. وتتناسب الإجراءات المذكورة أعلاه للتطبيق بكافة المدن المصرية التي تعاني من مخاطر الفيضانات المفاجئة فيمكن الدمج فيما بينهم تبعا لخصوصية حالة كل مدينة وحجم مياه الأمطار التي تؤثر عليها.

- **ثالثا على مستوي قطع الأراضي Plot Scale**

تبين من تحليل مدينة القاهرة الجديدة عدم اتباعها لتنفيذ أية إجراءات على مستوي قطع الأراضي التي تُمثل النسبة الأكبر من إجمالي مسطح المدينة، والتي يمكن أن تساعد في حل جزء كبير من مشكلة الفيضانات المفاجئة بالقاهرة الجديدة وبالمدن المصرية الجديدة، نتيجة انخفاض النسبة البنائية بها حيث تتراوح من ٤٠٪ الى ٥٠ % أي أن من ٥٠٪ الى ٦٠ % من قطع الأراضي غير مبنية وتستغل كحدائق خاصة، وبالتالي يقترح الاستفادة منها في تصريف مياه الأمطار التي تتجمع على

الأسطح غير المنفذة للمباني عليها لترشيحها بالتربة بالاستفادة من طبيعة التربة الرملية المسامية بالمدينة وعدم صرفها على شبكة الصرف الصحي لتخفيف الضغط عليها، وهو ما تم تطبيقه بالتجارب العالمية كحالة مدينة فيلادلفيا حيث دمجت بين استغلال الحدائق الخاصة وأنظمة الخلايا الأرضية كأدوات لترشيح مياه الأمطار بالتربة داخل قطع الأراضي؛ أي أنه وباستغلال الحدائق الخاصة وأنظمة الخلايا الأرضية داخل قطع الأراضي يمكن التخلص من ٤٠٪ الى ٥٠٪ من إجمالي حجم مياه الأمطار الساقطة على المدينة من خلال الترشيح بالتربة.

وبتحليل باقي الأدوات المتبعة بالتجارب العالمية نجد أنه تم استخدام الأسطح الزرقاء كأحد أدوات احتجاز مياه الأمطار بأحد التجارب وبدراسة خصائص ومتطلبات الأسطح الزرقاء، يتضح أنها تكون أكثر فعالية بالمناطق ذات معدلات هطول الأمطار المرتفعة على مدار السنة – وهو عكس الطبيعة المناخية لجمهورية مصر العربية حيث تُعد أحد المناطق الجافة Arid أو شبه الجافة Semi-Arid، فتسقط الأمطار لدينا بمعدل كبير خلال عدد أيام محدود على مدار السنة وليس بتكرار كبير كحالة المناطق المدارية-، الى جانب تكلفتها المرتفعة واحتياجها لعمليات صيانة بدرجات مرتفعة وبالتالي لا تحقق الأسطح الزرقاء جدوي تنفيذها إذا ما تم تطبيقها بالمدن المصرية. أيضا اعتمدت التجارب العالمية على استخدام نظام حصاد الأمطار بأحد التجارب، والأسقف الخضراء بـ ٧٥٪ من التجارب، كأدوات للاحتفاظ بمياه الأمطار، وبتحليل خصائص ومتطلبات هذه الأدوات يتضح أيضا عدم جدوي نظام حصاد مياه الأمطار إذا ما تم تطبيقه بالمدن المصرية فهو يشبه الأسطح الزرقاء من حيث الخصائص؛ ونجد أن الأسطح الخضراء هي أحد الأدوات الفعالة إذا ما تم تطبيقها داخل قطع الأراضي، فإلى جانب أنها تساعد في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، فهي تساعد أيضا في تحسين البيئة وتقلل من أثر الجزيرة الحرارية بالمدينة وتعمل على تحسين الصورة البصرية؛ كما تُعد أداة فعالة بالمدن القائمة نتيجة انخفاض نسبة الحدائق الخاصة بها والبناء على الصامت (نسبة بنائية ١٠٠٪). وبالتالي تُعد الحدائق الخاصة وأنظمة الخلايا الأرضية والأسطح الخضراء هم أنسب الإجراءات الإنشائية التي يمكن تطبيقهم على مستوي قطع الأراضي بمدينة القاهرة الجديدة وبالمدن المصرية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة.

٢-٤ الإجراءات التخطيطية للتصدي لمخاطر الفيضانات المفاجئة

وبتحليل الإجراءات التخطيطية التي اعتمدت عليها دراسة الحالة المصرية والتجارب العملية العالمية، يتضح عدم الاهتمام بهذه الإجراءات على عكس الاهتمام الكبير لاستخدام الإجراءات الإنشائية، على الرغم من القدرة الكبيرة للإجراءات التخطيطية في الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة الى جانب تكلفتها المنخفضة مقارنة بالإجراءات الإنشائية وسهولة تنفيذها؛ ويُعد الدمج بين الإجراءات الإنشائية والتخطيطية هو أفضل إستراتيجية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بالمجتمعات العمرانية. فيتضح من التحليلات السابقة عدم اتباع سوي إجراء واحد بالحالة المصرية والذي يمثل أحد إجراءين متبعين بالتجارب العالمية والمتمثل في الإنذار المبكر بهدف التأهب وتجنب الفيضانات المفاجئة والحد من المخاطر الناجمة عنها؛ ومنه وبدراسة التجارب العالمية ونتائج الدراسة النظرية فيمكن اقتراح تطبيق عدد من الإجراءات التخطيطية بمدينة القاهرة الجديدة والمتمثلة في: تخطيط توزيع الحدائق والمناطق الخضراء والمفتوحة علي مستوي المدينة ككل لتعمل على امتصاص مياه الأمطار داخل المنطقة الحضرية، الى جانب تنفيذ تقنيات مقاومة الفيضانات الجافة والرطبة والمتمثلة في عزل الجدران الخارجية للوحدات الأرضية والبدرومات لمنع دخول مياه الأمطار إليها وسد جميع الفتحات أسفل المنسوب المحتمل لمياه الأمطار، كما يقترح بهدف التأمين ضد مخاطر الفيضانات أن يتم اعتماد نظام لتقييم المخاطر لكل منطقة، ووضع دلائل أعمال لمعايير الوقاية، وتجهيز خطة عمل للطوارئ وإنشاء حملات دعائية بشأن التثقيف بكيفية الوقاية من المخاطر حيث يمثل سلوك الأفراد أثناء الكارثة جزء كبير من تفاقم حجم المخاطر.

وتلائم الإجراءات السابق عرضها للتنفيذ بالمدن المصرية التي تعاني من مخاطر الفيضانات المفاجئة، كما يمكن إضافة مجموعة من الإجراءات التخطيطية والمستخلصة من نتائج الدراسة النظرية والمتمثلة في: تخطيط استعمالات الأراضي بالمناطق المتأثرة بمخاطر الفيضانات المفاجئة وتقسيم نطاقات للمخاطر وتحديد استعمالات الأراضي المسموحة بها؛ كما يمكن الاعتماد على التكثيف الحضري المستدام خاصة بالمدن القائمة بالمناطق الأمنة وذات الطاقة الاستيعابية المنخفضة، الى جانب تعزيز إجراءات التصميم المعماري للمباني الجديدة برفع منسوب الدور الأرضي عن أعلى منسوب متوقع لمياه الأمطار. فيمكن تطبيق هذه الإجراءات بالمدن المصرية تبعا لخصوص كل حالة بشكل منفرد أو بالدمج فيما بينهم، بهدف الوصول بمخاطر الفيضانات المفاجئة إلى أقل حد ممكن بما يدعم أمان واستدامة المدن المصرية ويعزز قدرتها على الصمود.

٥- نتائج البحث: توصيات لرفع كفاءة المدن المصرية في التصدي لمخاطر الفيضانات المفاجئة

يُعد الوعي المؤسسي والحكومي بخطورة وكارثية الفيضانات المفاجئة / السيول وآثارها التدميرية على المدن المصرية، خطوة أساسية تساهم بشكل فعال في الحد من المخاطر الناجمة عن الفيضانات المفاجئة، لذا يُوجه البحث بمجموعة من التوصيات المتمثلة في:

- إدماج الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة في خطط التنمية العمرانية في مصر حتى يمكن تفادي حدوث مخاطر هذه الكوارث.
- وضع دلائل أعمال لمعايير الوقاية من مخاطر الفيضانات المفاجئة كما هو مستنتج من الدراسة النظرية كأحد الإجراءات التخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة.
- إنشاء لجنة قومية لحماية المجتمعات العمرانية من الفيضانات المفاجئة تكون مهامها الأساسية: وضع خطة عاجلة للتعامل مع مياه الأمطار في المدن التي تعرضت لمخاطر سابقة، وتنفيذ مشروعات ريادية تجريبية وإرشادية بهذه المدن لتكون البداية للتعميم على باقي المدن المعرضة لمخاطر الفيضانات المفاجئة.
- وضع خطة بعيدة المدى للتعامل مع التجمعات المعرضة والمحتمل تعرضها لمخاطر الفيضانات المفاجئة.
- إعداد دلائل إرشادية لتنفيذ إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة، وتوفير مراكز للتدريب المهني للعمالة للتدريب على تنفيذ هذه الإجراءات.
- ضرورة الدمج بين الإجراءات الإنشائية والتخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة بما يُشكل إستراتيجية متكاملة لإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية تضمن أمنها واستدامتها.
- التحكم في إستعمالات الأراضي علي النطاق الإقليمي الأشمل وليس على مستوي الحد الإدارى او المنطقة المتضررة فقط، وتحديد نطاقات للخطورة وتحديد الإستعمالات المسموحة بهذه النطاقات.
- دراسة إمكانية التكثيف الحضري المستدام بالمدن القائمة للاستغلال الأمثل للأراضي ومنع التعدي على المناطق المعرضة للمخاطر.
- إنشاء نظام لتقييم مخاطر الفيضانات لكل منطقة، ورسم خرائط مخاطر الفيضانات، ومراجعة المخططات المعمارية للمنطقة الحضرية لتحديد المناطق الضعيفة لتأمينها، ورسم خرائط الهروب، وبناء مرافق الإخلاء بالمناطق شديدة التعرض للمخاطر.
- يجب مراعاة الطبيعة المناخية المميزة لجمهورية مصر العربية، حيث تقع بمناخ جاف Arid أو شبه جاف Semi-Arid، يتميز بالتباين الكبير في درجات الحرارة بين الصيف والشتاء، وهو ما يجب أخذه في الاعتبار عند اقتراح إجراءات الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة من اختيار الأدوات المناسبة واختيار النباتات المحلية التي تتحمل الجفاف وقلة الصيانة حتى تحقق استدامة هذه الأدوات وتتحمل قسوة المناخ.
- تطوير نظم الإنذار المبكر بما يواكب التطور التكنولوجي، فيمكن على سبيل المثال الاعتماد على الهواتف المحمولة كتجربة اليابان بالمناطق المعرضة لخطر الفيضانات المفاجئة من خلال تطبيق خاص يستخدم في إصدار الإرشادات والتحذير للمواطنين تبعا لدرجة الخطورة المحتملة، وتوجيههم أثناء فترات الإخلاء لأنسب الطرق المتاحة.
- ضرورة الصيانة الدورية ومتابعة موقف أعمال الصيانة الدورية لمنشآت الحماية والمجاري المائية وتطهيرها لتوفير الاستعداد الملائم للأحداث المستقبلية.
- يجب أن يكون أحد العناصر الهامة في عملية إدارة الفيضانات المفاجئة هو إنشاء خرائط المخاطر Risk Maps لمساعدة المخططين وصناع القرار في تحديد مناطق التنمية ونوع وحجم التنمية التي يمكن أن تستوعبها هذه المناطق والاستعمالات المناسبة بها.
- ضرورة التخطيط بمشاركة مؤسسات المجتمع المدني وأصحاب المصلحة والقطاع الخاص والمؤسسات الحكومية ذات الصلة كونه أمرا بالغا في الأهمية لنجاح عملية إدارة مخاطر الفيضانات المفاجئة.
- تحديد الأدوار والمسئوليات للأطراف ذات الصلة بالكوارث الطبيعية في مصر والتنسيق بينهم مع مراعاة عدم التداخل في السلطات والمسئوليات مع المراقبة والمتابعة لتنفيذ تلك المهام.

- تـدريب المسـئولين فـي الإدارات المحليـة وأجهـزة المـدن عـن كيفيـة إدارة مخـاطر الفيضـانات المفاجئة، وتنفيذ خطط الطوارئ، وإدارة الأزمات.

المراجع

Abdel-Fattah, M.; Kantoush, S.; Sumi, T. (2015). Integrated management of flash flood in wadi system of Egypt: Disaster prevention and water harvesting. Annu. 58, 485–496.

Abdel-Fattah, M.; Kantoush, S.; Sumi, T. (2015). Integrated management of flash flood in wadi system of Egypt: Disaster prevention and water harvesting. 58, 485–496.

Abdrabo, K. I., Kantosh, S. A., Saber, M., Sumi, T., Habiba, O. M., & Alboshy, B. (2020b). The Role of Urban Planning Tools in Flash Flood Risk Reduction for The Urban Arid and Semi-Arid Regions.

Abdrabo, K. I., Kantoush, S. A., Saber, M., Sumi, T., Habiba, O. M., Elleithy, D., & Elboshy, B. (2020a). Integrated methodology for urban flood risk mapping at the microscale in ungauged regions: A case study of Hurghada, Egypt. Remote Sensing, 12(21).

CBS Philly. (2021a). Philadelphia Weather: Tracking Flash Flooding As Heavy Rains Move Through. Retrieved from https://philadelphia.cbslocal.com/video/6236082-philadelphia-weather-coastal-storm/. (accessed April, 2022).

CBS Philly. (2021b). Philadelphia Weather: Flash Flood Watch. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=wpcYIdovK3Q. (accessed April, 2022).

Choy, C. W., of Insurers, T. H. K. F., Wu, M. C., & Lee, T. C. (2020). Assessment of the damages and direct economic loss in Hong Kong due to Super Typhoon Mangkhut in 2018. Tropical Cyclone Research and Review, 9(4), 193-205.

Chui, S. K., Leung, J. K., & Chu, C. K. (2006). The development of a comprehensive flood prevention strategy for Hong Kong. International Journal of River Basin Management

Clarke, J. R. (2015). Learning from Practice: Enhancing the Resilience of Cities Through Urban Design and Planning (Doctoral dissertation, University of Warwick).

Dolowitz, D., Keeley, M., & Medearis, D. (2012). Stormwater management: can we learn from others?. Policy studies, 33(6), 501-521.

DSD. (201٧). Sponge City: Adapting to Climate Change. The Sustainability Report 2016-17 of Drainage Services Department. Retrieved from https://www.dsd.gov.hk/ Documents /SustainabilityReports/1617/en/sponge_city.html. (accessed march, 202٢).

Du, S., Scussolini, P., Ward, P. J., Zhang, M., Wen, J., Wang, L., ... & Aerts, J. C. (2020). Hard or soft flood adaptation? Advantages of a hybrid strategy for Shanghai. Global Environmental Change, 61, 102037.

Elkhrachy, I., Pham, Q. B., Costache, R., Mohajane, M., Rahman, K. U., Shahabi, H., ... & Anh, D. T. (2021). Sentinel-1 remote sensing data and Hydrologic Engineering Centres River Analysis System two-dimensional integration for flash flood detection and modelling in New Cairo City, Egypt. Journal of Flood Risk Management.

El-Saadawy, O., Gaber, A., Othman, A., Abotalib, A. Z., El Bastawesy, M., & Attwa, M. (2020). Modeling flash floods and induced recharge into alluvial aquifers using multi-temporal remote sensing and electrical resistivity imaging. Sustainability.

El-Saadawy, O., Gaber, A., Othman, A., Abotalib, A. Z., El Bastawesy, M., & Attwa, M. (2020). Modeling flash floods and induced recharge into alluvial aquifers using multi-temporal remote sensing and electrical resistivity imaging. Sustainability.

GFDRR. (2015). The Sendai Report: Managing Disaster Risks for a Resilient Future. WA.

Groff, J. (2018). Stormwater management in Philadelphia: the importance of green stormwater infrastructure and community involvement in citywide sustainability.

Herb, W. (2021). Analysis of Stormwater Runoff Best Management Practices in Miller Creek, Duluth, MN.

Herb, W. R., Stefan, H. G., & Erickson, T. O. (2010). Streamflow modeling of miller creek, Duluth, Minnesota.

IFRC. (2016). Egypt: Floods Emergency Plan of Action (9 November 2016).

IFRC. (2020). Egypt: Floods Emergency Plan of Action (11 March 2020).

Jha, A. K., Bloch, R., & Lamond, J. (2012). Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century, International Bank for Reconstruction and Development. International Development /The World Bank

Johnson, R. L., & Staeheli, P. (2006). City of Seattle—Stormwater low impact development practices. In World Environmental and Water Resource Congress 2006: Examining the Confluence of Environmental and Water Concerns (pp. 1-10).

Kang, S. J., Lee, S. J., & Lee, K. H. (2009). A Study on the implementation of non-structural measures to reduce urban flood damage-focused on the survey results of the experts. Journal of Asian architecture and building engineering, 8(2), 385-392.

Kim, Y. T. (2019). Flood Resilience: Green Infrastructure & Low Impact Development. Resilient Cities: Toward Proactive Resilience for Arab and African Cities conference, Cairo, Egypt. In Corporation with Metropolis International institute and University of Seoul, Korea, Global Urban & Infrastructure Research Center.

Kleist, C., Brady, V., Johnson, L. B., & Schomberg, J. (2011). Duluth Residential Stormwater Reduction Demonstration Project for Lake Superior Tributaries.

Kuhnly, M. (2015). Statistical Model of Flood Damage in Southern Minnesota. Retrieved from https://cornerstone.lib.mnsu.edu/urs/2015/oral_session_12/1/ (accessed March, 2022).

Lam, K. M., CHUI, T. F., & Li, Z. (2020). Potential of Low-Impact Development for Stormwater Management in Hong Kong. Department of Civil Engineering, University of Hong Kong.

Lamond, J. E., Rose, C. B., & Booth, C. A. (2015). Evidence for improved urban flood resilience by sustainable drainage retrofit. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning, 168(2), 101-111.

Lau, I. E. (2018). Blue Green / Sponge City Concept: Adapting to Climate Change. Hong Kong Drainage Services Department. Land Drainage Division.

Luk, W. H., Tsang, A. K., & Yu, H. W. (2019). Planning and Design of Happy Valley Underground Stormwater Storage Scheme.

McGarity, A. E. (2010). Watershed-based optimal stormwater management: part 1—application of Storm WISE to Little Crum Creek in Suburban Philadelphia. In World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change (pp. 2502-2512).

Megahed, H. A., & El Bastawesy, M. A. (2020). Hydrological problems of flash floods and the encroachment of wastewater affecting the urban areas in Greater Cairo, Egypt, using remote sensing and GIS techniques. Bulletin of the National Research Centre.

Philadelphia Water Department. (2020). Stormwater Management Guidance Manual v 3.2. Retrieved from https://www.pwdplanreview.org/manual/introduction (accessed march, 2021).

Philadelphia. (2021). Roads Flood as Storms Slowly Sweep Through Region. NBC10 First Alert Weather Team. Retrieved from https://www.nbcphiladelphia.com/weather /stories -weather/rain-flooding-threat-first-alert/2967986/. (accessed January, 2022).

Saniei, K., Yazdi, J., & MajdzadehTabatabei, M. R. (2021). Optimal size, type and location of low impact developments (LIDs) for urban stormwater control. Urban Water Journal, 18(8), 585-597.

Seattle Public Utilities. (2020). High Point Natural Drainage System (NDS) Project. Retrieved from https://www.seattle.gov/utilities/neighborhood-projects/high-point-natural-drainage-system. (accessed April, 2022).

Snoussi, M., Ouchani, T., & Niazi, S. (2008). Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: the case of the Mediterranean eastern zone. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 77(2), 206-213.

Stars. (2019). University of Minnesota, Duluth OP-23: Rainwater Management. The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System. Retrieved from https://reports.aashe.org/institutions/university-of-minnesota-duluth-mn/report/2019-11-04/OP/water/OP-23/ (accessed April, 2022).

The Egyptian Cabinet. (2011). Egypt's National Strategy for Adaptation to Climate Change and Disaster Risk Reduction. Information & Decision support center. Egypt.

US Environmental Protection Agency. (2013). Case studies analyzing the economic benefits of low impact development and green infrastructure programs.

Wahba, M., Mahmoud, H., Elsadek, W. M., Kanae, S., & Hassan, H. S. (2022). Alleviation approach for flash flood risk reduction in urban dwellings: A case study of Fifth District, Egypt. Urban Climate, 42, 101130

Wen, D. T., Tong, L. M., Jing, L. L., Ming, L. Q., Lin, Y. J., & Wei, T. Z. (2016). Sustainable storm water management Presentation Slides. University of Minnesota Duluth.

Woods, B. B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., & Shaffer, P. (2007). The SUDS manual (C697). CIRIA, London.

Yale Environment. (2018). With a Green Makeover, Philadelphia Is Tackling Its Stormwater Problem. Published at the Yale School of the Environment. Retrieved from https://e360.yale.edu/features/with-a-green-makeover-philadelphia-tackles-its-stormwater-problem. (accessed January, 2022).

إبراهيم، أبو بكر فاروق احمد. (٢٠١٥م). *طرق وأساليب الحد من تأثير المخاطر الطبيعية على تنمية المناطق الساحلية بمنهج علمي تطبيقي (دراسة حالة منطقة البحر الأحمر)*. ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

أبو كحلة، محمد عبد الرحمن. (٢٠١٣م). *دور التخطيط العمراني في مواجهة الكوارث الطبيعية وتأثيره على الهياكل العمرانية في مصر*. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.

برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية UN-HABITAT. (٢٠٢١م). *مشروع إعداد سياسات التنمية الحضرية لجمهورية مصر العربية (NUPs)*. القاهرة.

حواش، جمال الدين احمد. (١٩٩٨م). *إدارة الأزمات والكوارث ضرورة حتمية*. المؤتمر السنوي الثالث لإدارة الأزمات والكوارث. كلية الدفاع الوطني.

الزعفراني، عباس محمد. (٢٠٢١). *المشروع الريادي لحماية القاهرة الجديدة من مياه الأمطار*. مقابلة شخصية مع استشاري المشروع. ناتشر للاستشارات الهندسية بالتعاون مع وزارة الإسكان وهيئة المجتمعات العمرانية الجديدة وجهاز مدينة القاهرة الجديدة.

عبد الحميد، هبه نبيل. (٢٠١٢). *دور العوامل الجيوبيئية في صياغة سياسات التنمية الإقليمية: دراسة حالة مشروع توشكي*. رسالة ماجيستير. كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة.

مجلس الشورى. (١٩٩٣م). *حول خطة قومية لمجابهة الكوارث الطبيعية أو التي من صنع الإنسان*. التقرير النهائي للجنة الخدمات. جمهورية مصر العربية

محمد، وسام مصطفي إمام. (٢٠١٩م). *السياسات والآليات التخطيطية والعمرانية لمواجهة الكوارث البيئية - التعامل الإيجابي مع السيول في مصر*. رسالة دكتوراه، كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة.

نجم، محمد شعبان. (٢٠٢٠). *أعمال صرف مياه الأمطار محليا بمدينة القاهرة الجديدة*. مقابلة شخصية مع استشاري المشروع. سينيور للاستشارات الهندسية بالتعاون مع وزارة الإسكان وهيئة المجتمعات العمرانية الجديدة وجهاز مدينة القاهرة الجديدة.

نصار، وليد محمد عبد الوهاب. (٢٠٠١م). *تأثير الكوارث الطبيعية على إعادة تخطيط المناطق المنكوبة*. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة عين شمس.

نظمي، نعمات محمد. (٢٠٠٩م). *كارثة السيول في مصر بالتركيز على دراسة حالة لإحدى القرى المنكوبة قرية "درنكة " بمحافظة أسيوط*. مجلة القطاع الهندسي لجامعة الأزهر، المجلد الرابع، العدد الثاني عشر.

هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة. (٢٠٠٨). *استراتيجية تطوير وتنمية مدينة القاهرة الجديدة*. اسبيس للاستشارات الهندسية، د مدحت الدرة. بالتعاون مع وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية.

وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية. (٢٠٢١). *الخطة القومية لحماية العمران المصري من الفيضانات الحضرية والسيول - التجمع الخامس*. تقرير الوضع الراهن والأعمال الجارية. ناتشر للاستشارات الهندسية بالتعاون مع وزارة الإسكان وجهاز مدينة القاهرة الجديدة.