سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

الندوة الدولية
للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية

٢٨ - ٢٩ أكتوبر ٢٠١٣م

الهيئة العامة للطيران المدني
UNESCO
وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه
مجلس البحث العلمي

الندوة الدولية
للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية

٢٨ - ٢٩ أكتوبر ٢٠١٣م

حضرة صاحب الجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم

الفهرس

مقدمة ٧

كلمة أمين اللجنة الوطنية العمانية للتربية والثقافة والعلوم ٩

إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لمباني الإيواء التابعة لوزارة التربية والتعليم لاستخدامها

في إدارة الحالات الطارئة..... ١١

التأثيرات الجيومورفولوجية المتبادلة بين مجاري الأودية و شبكة الطرق في ولاية بوشر:

دراسة في الانثروبوجيومورفولوجيا ١٧

الأخطار الطبيعية والمسؤولية التربوية ٥٧

إجراءات الحد من أخطار الكوارث للأشخاص ذوي الإعاقة ٧١

البيان الختامي ٨٥

ملحق صور الندوة ٨٧

مقدمة

إن الخسائر البشرية و الاقتصادية الناجمة عن الكوارث الطبيعية آخذة في الارتفاع و لا تزال تشكل العقبة الرئيسية أمام التنمية المستدامة و تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية. كما لا تزال التعهدات بالحد من مخاطر الكوارث الطبيعية في ازدياد رغم أن التنفيذ الفعلي لا يزال بطيئا.

وتزامنا مع احتفالات العالم باليوم العالمي للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية، نظمت اللجنة الوطنية العمانية للتربية و الثقافة و العلوم بالتعاون مع جامعة السلطان قابوس ندوة «الحد من مخاطر الكوارث الطبيعية تحت رعاية معالي: الدكتور أحمد بن محمد الفطيسي وزير النقل والاتصالات. وذلك خلال الفترة من ٢٨-٢٩ أكتوبر ٢٠١٣م، سعيا إلى ترسيخ مزيد من التوعية بأهمية الحد من مخاطر الكوارث الطبيعية و تحفيز القائمين على رسم الخطط الإنمائية و السياسات لإعطاء مزيد من الاهتمام لمثل هذه المسائل الحيوية.

الأهداف

- تعزيز الوعي و الإدراك بآفاق مخاطر الكوارث الطبيعية و سبل تعبئة الموارد الوطنية و الدولية.
- تحديد الاتجاهات و الأولويات في العمل على المستوى الدولي و الإقليمي و الوطني لكفالة تنفيذ الاستراتيجية الدولية للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية.
- تبادل الخبرات والاستفادة من الممارسات الجيدة في مجال مبادرات الحد من مخاطر الكوارث الطبيعية في العالم

المحاور

- الكوارث الطبيعية (الاستعداد والاستجابة والادارة).
- التغيرات المناخية وعلاقتها بالكوارث الطبيعية.
- حماية التراث الثقافي من آثار الكوارث الطبيعية.
- دور التعليم والتوعية في التخفيف من مخاطر الكوارث الطبيعية.
- أنظمة الإنذار المتعدد وإدارة الكوارث الطبيعية في سلطنة عمان.

الخبراء المتحدثون

شارك في الندوة مجموعة من الخبراء من سلطنة عمان، ومجموعة من الخبراء من بعض الدول الآسيوية المطلة على المحيط الهندي والمحيط الهادي، و اليونسكو (باريس، جاكرتا، استراليا)

المشاركون

شارك في الندوة متخصصون من القطاعين الحكومي والخاص والمجتمع المدني والمعلمون وطلاب الجامعات من سلطنة عمان.

الجهات المنظمة

اللجنة الوطنية العمانية للتربية والثقافة والعلوم (وزارة التربية والتعليم) وجامعة السلطان قابوس

الجهات المتعاونة

اللجنة الوطنية للبرنامج الهيدرولوجي الدولي (وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه)، وزارة البيئة والشؤون المناخية، الهيئة العامة للطيران المدني، مجلس البحث العلمي.

كلمة أمين اللجنة الوطنية العمانية للتربية والثقافة والعلوم

محمد بن سليم اليعقوبي

جميعنا يدرك ما تتعرض له الأرض من ظواهر طبيعية متنوعة، وما تخلفه هذه الظواهر من كوارث وأخطار. منها ما هو مفاجئ كالزلازل، ومنها ما هو مستشعر حدوثه وتوقيته كالأعاصير والأنواء المناخية، ومنها ما هو متطور ومستمر على فترات زمنية طويلة كالجفاف والتصحر. هذه الكوارث وإن تنوعت أشكالها ومسبباتها إلا إن نتائجها تكون واحدة وهي الخراب والدمار والهلاك للحياة والعمران، تتطلب جهودا مشتركة وفعالة للتقليل من آثارها على كافة الأصعدة المحلية والإقليمية والعالمية. وكما الاتفاق على أشكال الكوارث ومسبباتها ونتائجها، فهناك إجماع بإمكانية تجنب بعضها أو التخفيف من حدتها، أو السيطرة عليها والتقليل من خسائرها. فمعظم الكوارث الطبيعية المرتبطة بتدهور البيئة كالجفاف والتصحر والحرائق وإن كانت طبيعية فهي مرتبطة بنشاطات بشرية مجحفة بحق البيئة أدت إلى هذه النتائج الكارثية، وكذلك الكوارث الأخرى كالفيضانات والزلازل والأعاصير التي يمكن التنبؤ بها، يمكننا السيطرة على نتائجها من خلال الاستعداد المبكر لها، واتخاذ الإجراءات والتدابير التي من شأنها التقليل من الخسائر البشرية والمادية على حد سواء. ولعل أنظمة الإنذار المبكر وما يرافقها من توعية وإعلام هي صمام الأمان الوحيد للتقليل من مخاطر هذه الكوارث إلى الحد الأدنى.

خلال الفترة من العام ٢٠٠٢ إلى العام ٢٠١١ تم تسجيل ٤١٣٠ حدث كارثي حول العالم ناتجة عن مخاطر طبيعية، وتشير التقارير الدولية بأن أكثر من ٢٢٦ مليون شخص يتأثرون بالكوارث سنويا، وأنه خلال الأربعين السنة الماضية نتج عن هذه الكوارث أكثر من ثلاثة ملاين وثلاثمائة ألف وفاة، منها أكثر من ٦٨٠ ألف وفاة حدثت بسبب الزلازل فقط خلال الفترة من عام ٢٠٠٠ إلى العام ٢٠١٠. وبحسب مصادر اليونسكو إن تقليص هذه الخسائر ممكن إلى حد كبير، ففي شرق آسيا والباسفيك أمكن تقليل الوفيات الناتجة عن الفيضانات والأعاصير إلى ما دون الثلثين منذ العام ١٩٨٠، وفي هذا الإطار تشير اليونسكو بأن كل دولار ينفق لتفادي الكوارث وآثارها قبل حدوثها سيوفر سبعة دولارات من المبالغ التي ستنفق على الاستجابة لآثار هذه الكوارث بعد حدوثها.

في العام ١٩٨٩ أقرت الجمعية العامة للأمم المتحدة يوم الأربعاء الثاني من شهر أكتوبر ليكون اليوم العالمي للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية، وقد دأبت منظمة اليونسكو على تشجيع الدول الأعضاء للاحتفال به سنويا من أجل تعزيز ثقافة الحد من مخاطر الكوارث والتأهب لها والتخفيف من نتائجها، كما اعتادت في كل عام إطلاق شعار لشد الانتباه إلى مضمونه والاهتمام به، وقد تم التركيز هذا العام على التعايش مع الإعاقة والكوارث، للفت الانتباه إلى المعاقين وأخذ خصوصيتهم في الحسبان أثناء الكوارث، بل قبل حدوثها من حيث توفير التسهيلات اللازمة لهم، وتقديم التوعية

المناسبة لهم حسب حالتهم واحتياجاتهم.

وفي إطار الحد من مخاطر الكوارث الطبيعية تبنت المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم إستراتيجية عربية للتخفيف من خسائر الكوارث الطبيعية، واعتمدت ضمن خطتها للأعوام (٢٠١١-٢٠١٦) هدفاً يؤكد على دعم الجهود العربية للتخفيف من خسائر الكوارث الطبيعية، وتشجيع البحوث العلمية حول أسباب الكوارث الطبيعية من أجل الاستعداد لمواجهتها والتخفيف من آثارها.

كما كان للمنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة في هذا الصدد اهتماما بارزا في برامجها العلمية، فقد تم تنظيم عددٍ من ورش العمل الإقليمية ركزت على الإعلام ودوره في أوقات الكوارث، وحماية المناطق الساحلية.

ها نحن نلتقي اليوم في ذات القاعة التي انطلقت منها الندوة الوطنية حول «كيفية التعاون مع المواقف المختلفة التي تسببها الكوارث الطبيعية» في العام ٢٠٠٨، والتي جاءت استجابة لتوصيات الورشة الإقليمية حول مراقبة الوضع البيئي ومواجهة الكوارث الطبيعية التي تم تنظيمها في مسقط في العام ٢٠٠٧ بالتعاون مع المنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة.

وإيماناً بالرسالة العالمية لليوم العالمي للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية، فقد توالت الفعاليات المختلفة التي نفذتها اللجنة بتعاون الجميع من لقاءات تحاورية وورش عمل إقليمية ووطنية، مركزة على تنشيط الجانب التربوي والإعلامي للاهتمام بهذا الموضوع، آخذة بعين الاعتبار نشر الوعي بمسببات الكوارث الطبيعية وآليات الحد من مخاطرها، للوصول إلى أدنى حد من الخسائر المحتملة. وفي الختام نتمنى أن تكون هذه الندوة لبنة تضاف إلى جهود المؤسسات المحلية المعنية بالاستجابة للكوارث الطبيعية، من أجل بث الوعي بشأن الاستجابة الصحيحة والمناسبة لكل حدث بعيدا عن التهويل أو التهاون.

كما أتقدم ببالغ التقدير للخبراء الأفاضل مقدمي أوراق عمل الندوة والجهات المشاركة وفي مقدمتهم جامعة السلطان قابوس، ووزارة البيئة والشؤون المناخية، ووزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه والهيئة العامة للطيران المدني ومجلس البحث العلمي.

والشكر موصول لكافة المؤسسات والهيئات الحكومية من القطاعين المدني والعسكري، وكافة المؤسسات الأهلية المشاركة

متمنين للمشاركين في الندوة التوفيق والسداد، وأن تثمر هذه الندوة عن المزيد من التعاون بين المؤسسات المعنية وصولا إلى استعدادٍ أفضل، ووعي تام يؤدي إلى استجابة مثلى أثناء الكوارث والأزمات داعين الله أن يجنبنا كل مكروه، وهو على كل شيء قديرٍ.

شكراً لكم جميعاً...

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته،،،

إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لمباني الإيواء التابعة لوزارة التربية والتعليم لاستخدامها في إدارة الحالات الطارئة :

Geodatabase establishment for MOE shelter buildings to use it for emergency management.

ماجد بن سعود بن حمد العامري – أخصائي نظم معلومات جغرافية - قسم الخريطة المدرسية – وزارة التربية والتعليم

ملخص الورقة:-

الهدف :

تعتبر المدارس الحكومية في سلطنة عمان من أفضل المباني التي قد تستخدم كمباني إيواء أثناء وقوع الكوارث الطبيعية لما تتميز به من قدرة استيعابية وانتشار جغرافي. لذا جاءت فكرة إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للمباني المدرسية المناسبة للاستخدام أثناء حدوث الكوارث الطبيعية وقد تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء هذه القاعدة. وتعتبر نظم المعلومات الجغرافية من البرامج المناسبة لإدارة الحالات الطارئة والحد من مخاطرها لما تتميز به من إعطاء نظرة شاملة للوضع من ناحية جغرافية ووصفية و إحصائية وهذا يعود للإمكانيات والتقنيات التي تمتلكها هذه النظم والمتمثلة في الجمع والتخزين والتحليل والمعالجة وأيضا في عمليات عرض وإخراج المعلومات الجغرافية.

أهمية العمل:

- توفير بيانات جغرافية وإحصائية للمباني المدرسية التي ستستخدم كمباني إيواء.
- إعطاء صورة واقعية للوضع الحقيقي.
- جاهزية البيانات الجغرافية لاستخدامها من قبل الجهات المعنية بإدارة الحالات الطارئة.
- كتجربة وتشجيع للجهات الحكومية والخاصة على استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الحالات الطارئة تماشيا مع الأوامر السامة لجلالة السلطان قابوس المعظم المتمثلة في استخدم نظم المعلومات الجغرافية في إدارة عمليات الطوارئ.

مراحل العمل:

١- تحديد المواقع الجغرافية لجميع المدارس في سلطنة عمان .

حيث تم تحديد مواقع جميع مدارس السلطنة التابعة لوزارة التربية والتعليم وذلك بالاستعانة ببيانات قسم الخريطة المدرسية بديوان عام الوزارة حيث تم تحديد مواقع المدارس من خلال العمل الميداني او باستخدام برنامج Google Earth وذلك للوصول إلى بيانات مكانية صحيحة ودقيقة ، وقد تم استخدام تقنيات وأجهزة عديدة في هذا العمل كأجهزة تحديد المواقع العالمية GPS ، وبرنامج ArcPad وجهاز القارئ الكفي Trimble . و تجدر الإشارة هنا إلى انه تم الوصول إلى أن البيانات الجغرافية للمباني المدرسية الحكومية في سلطنة عمان والتابعة لوزارة التربية والتعليم هي بيانات صحيحة ودقيقة بنسبة ١٠٠ ٪.

٢- توفير بيانات وصفية للمباني المدرسية.

تم الاستعانة ببيانات مشروع حصر مكونات المباني المدرسية وبيانات البوابة التعليمية بوزارة التربية والتعليم لتوفير بيانات إحصائية تفصيلية لما تحتويه المباني المدرسية من مرافق بمختلف أشكالها وأنواعها ، حيث ان وزارة التربية والتعليم تمتلك بيانات تفصيلية لكل مرافق المباني المدرسية كعدد القاعات الدراسية ، الغرف الإدارية ،غرف متعددة الاستخدامات، دورات المياه ، دورات المياه للمعوقين ، عدد المختبرات بمختلف أنواعها ، كما توجد بيانات تتعلق بشكل وطبيعة مدخل المدرسة وايضا تصف ما إذا كان مهيأ للذوي الاحتياجات الخاصة أم لا ، كما توضح هذه البيانات كيفية التواصل مع مبنى المدرسة كأرقام الهواتف وأسماء القائمين عليها وأيضا توضح مدى توفر الخدمات بهذا المبنى كالمياه والكهرباء ونوع مصدرها وغيرها من البيانات التفصيلية التي تضم أكثر من ١٥٠ حقلا.

٣- ربط البيانات المكانية بالبيانات الوصفية.

في هذه المرحلة تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS لقدرتها على التعامل مع البيانات المكانية والبيانات الإحصائية ، حيث انه بعد الانتهاء من جمع البيانات المكانية والإحصائية والتأكد من دقتها واكتمالها أتت هذه المرحلة والمتمثلة في ربط وتجميع هذه البيانات في قاعدة بيانات واحدة ، وتمت هذه العملية بالاستعانة برمز المدرسة المعمول به في وزارة التربية والتعليم حيث ان لكل مدرسة رمز يعرفها عن باقي المدارس الحكومية وعلى أساس هذا الرمز

تم ربط البيانات المكانية والوصفية، وبهذه العملية تم بناء قاعدة بيانات جغرافية لجميع المباني المدرسية التابعة لوزارة التربية والتعليم .

٤- حصر المباني المناسبة للاستخدام أثناء حدوث الكوارث الطبيعية.

يصل عدد المدارس الحكومية في سلطنة عمان أكثر من ألف واربعون مدرسة متوزعة في جميع محافظات وولايات السلطنة ومنتشرة في مختلف البيئات والتضاريس ، وعدد من هذه المدارس تتعرض لشكل من أشكال أو انواع الأخطار الطبيعية او البشرية ، فعلى سبيل المثال تتعرض بعض المدارس لدخول مياه الأودية و الشعاب أو تجمع مياه الأمطار أمام مداخل المدرسة أو تتعرض المدرسة لخطر ارتفاع أمواج البحر وما إلى ذلك.

لذا جاءت فكرة حصر المباني المدرسية المناسبة للاستخدام كمباني للإيواء، حيث تم وضع مجموعة من المعايير التي تأخذ في الاعتبار الجوانب الطبيعية وأيضا الجوانب البشرية والتي من خلالها يتم الوصول إلى قائمة نهائية بالمباني المدرسية المناسبة للاستخدام كمباني إيواء.

وأهم المعايير التي تم تحديدها لاختيار المباني المدرسية المناسبة للإيواء هي :

- √ البعد من تأثير الأخطار الطبيعية كمجاري الأودية والانهيارات الصخرية وأمواج البحر وغيرها وذلك تفاديا لتعرض المبنى والموجودين بداخله أثناء حدوث الكوارث الطبيعية.
- √ سهولة الوصول إليها أثناء الأنواء المناخية حيث يتم التأكد الطرق المؤدية إلى هذه المدرسة ما إذا كانت تتعرض للانقطاع اثناء هطول الأمطار وجريان الأودية أو بفعل ارتفاع امواج البحر أو الخيران.
- √ انتشارها الجغرافي بحيث تكون منتشرة في مختلف محافظات وولايات السلطنة.
- √ توفر الخدمات الأساسية كالمياه والكهرباء والهاتف ويفضل ان يكون من أكثر من مصدر.
- √ قريبة من التجمعات السكنية وذلك تفاديا لقطع مسافات طويلة من قبل الناس المحتاجة لمباني الإيواء وبالتالي يقلل تعرضهم للأخطار الطبيعية أثناء انتقالهم إلى هذه المباني.
- √ السعة الاستيعابية للمبنى تتوافق مع الحجم السكاني المجاور له ، حيث روعي عند اختيار هذه المباني تكون بحجم يتلاءم مع الحجم السكاني المستفيد من هذا المبنى ،وقد تم وضع مجموعة من المعايير لاحتساب السعة الاستيعابية وتم ذلك على أساس الغرف التي من الممكن يتم استخدامها للإيواء فعلى سبيل المثال هناك نوعين رئيسيين للغرف المستخدمة الأول بحجم ٧ متر X ٧متر وتم احتساب انها تستوعب ٢٠ نسمة أم النوع الثاني فهو بحجم ١٤ متر X

٧,٥ متر فتم احتساب انها تستوعب ٣٥ نسمة وعلى هذا الأساس تم تحديد الحجم الاستيعابي لكل مبنى .

وتم تنفيذ عملية الحصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في مختلف مراحله وتم أيضا الاستعانة ببعض الطرق والأدوات أهمها:

أ- الصور الجوية و برنامج : Google Earth

تم الاستعانة ببرنامج Google Earth للتعرف على بعد موقع المدارس عن مجاري الأودية أو سفوح الجبال أو خط الساحل ، والصور الجوية تم استخدامها في برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS ليطبق عليها أدوات التحليل المكاني بالبرنامج للتعرف على طبيعة موقع المدرسة ومدى تأثره بالأخطار الطبيعية . ومن جانب آخر للتعرف على شبكات الطرق التي من المحتمل تأثرها بمجاري الأودية وبالتالي معرفة مدى امكانية الوصول إلى هذه المباني خلال حدوث الأنواء المناخية وأيضا معرفة الزمن والوقت الذي سيأخذه المستفيدين للوصول إليها ، وايضا للتعرف على موقع المدرسة ومن مدى جودة استخدامه كمبنى إيواء بالنسبة للتجمعات السكانية المجاورة له.

ب- ارسال استبانات:

تم إرسال استبانات إلى القائمين على إدارة هذه المدارس للتعرف على ان سبق للمدرسة ان تأثرت بأي خطر من الأخطار الطبيعية أو البشرية وأيضا للتعرف على أي الأجزاء من مرافق المدرسة سبق لها ان تأثرت.

جـ- الزيارات الميدانية:

تمت زيارة المدارس الأنسب للاستخدام كمباني إيواء وذلك للوقوف على طبيعة المكان ودراستها على الواقع ، وفي هذه الزيارات تم استخدام جهاز القارئ الكفي Trimble وذلك لما يمتلكه من إمكانيات تتعلق بتحديد الموقع الجغرافي ورفع إحداثياته وأيضا تعبئة استمارة تصف واقع هذا المبنى ، وقد تم تصميم الاستمارة لتحتوي على بنود وعناصر تصف كافة الأمور التي تكفل سلامة المبنى ومدى جاهزيته كاستخدامه كمبنى للإيواء.

٥- إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للمباني المدرسية الصالحة للاستخدام في حالة حدوث الكوارث الطبيعية.

بنهاية العمل تم إنشاء قاعدة بيانات جغرافية (مكانية و وصفية) لعدد أكثر من ٢٦٠ مبنى مدرسي مناسب للاستخدام كمباني إيواء أثناء حدوث الكوارث الطبيعية وبهذه البيانات والمعلومات تساهم وزارة التربية والتعليم في مساعدة الجهات المعنية بإدارة الحالات الطارئة من خلال تحديد المباني المناسبة لعمليات الإيواء وبشكل سريع ومتى ما اقتضت الحاجة إلى ذلك.

اختبار البيانات الجغرافية بتمارين المحاكاة للحالات الطارئة:

أنشأت هذه البيانات الجغرافية للمباني الصالحة للإيواء تماشيا مع الأوامر السامية لجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم إلى اللجنة الوطنية للدفاع المدني حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الحالات الطارئة ، وفي عام ٢٠١٠ م قامت اللجنة الوطنية للدفاع المدني بالبدء في التنفيذ من خلال مشروع أساس العمل فيه هو نظم المعلومات الجغرافية ، وكانت المرحلة الأولى في هذا المشروع هي مرحلة رسم خرائط المخاطر في السلطنة والذي شاركت فيه مختلف الجهات من القطاع الحكومي و القطاع الخاص والمعنية بنظم المعلومات الجغرافية وكانت وزارة التربية والتعليم عضو في هذا المشروع.

وخلال فترة تنفيذ هذا المشروع تم تنفيذ عدد من تمارين المحاكاة للحالات الطارئة ، أولها كان يوم ٣ مايو ٢٠١١م .وتلخص التمرين في اختبار البيانات المكانية للبنية التحتية والقدرات الوطنية في السلطنة ومن بينها البيانات المتعلقة بالمدارس الحكومية وكان التمرين تجسيد لقدوم إعصار إلى السلطنة.

كما ايضا تم اختبار هذه البيانات بعدد من التمارين وذلك اثناء المشاركة في مشروع نظام إدارة الحالات الطارئة بالجنة الوطنية للدفاع المدني، وكانت هذه التمارين محاكاة لقدوم حالات مدارية للسلطنة ، وتم تنفيذها بالتعاون بين اللجنة الوطنية للدفاع المدني متمثل في الفريق الفني لنظم المعلومات الجغرافية بمشروع نظام إدارة الحالات الطارئة، وبين الهيئة العامة للطيران المدني (المديرية العامة للأرصاد والملاحة الجوية).

الرؤية المستقبلية:

تتمثل الرؤية المستقبلية لهذا العمل والتي تأتي مواكبة مع تطوير نظام الخريطة المدرسية بوزارة التربية والتعليم وهي ان يتم تحديث البيانات الجغرافية للمباني المختارة للإيواء بشكل يومي ، ومن الأهداف المستقبلية لهذا العمل أيضا هو إمكانية ربط هذه البيانات مع الجهات المستفيدة والمعنية بإدارة الحالات الطارئة او بمركز لإدارة الحالات الطارئة اذا

ما تم انشاءه.

التوصيات:

لخصت الورقة مجموعة من التوصيات التي تهدف إلى تحسين الآليات المتبعة في إدارة الحالات الطارئة وإلى الحد من مخاطر الكوارث الطبيعية أهمها:-

تفعيل نظم المعلومات الجغرافية في مختلف المؤسسات المعنية بإدارة الحالات الطارئة.

تشجيع الجهات والمؤسسات الحكومية والخاصة والتي تمتلك بيانات تحتاجها عمليات إدارة الحالات الطارئة إلى القيام بتحديث بياناتها الجغرافية والوصفية.

انشاء مركز لإدارة الحالات الطارئة يحتوي على نظم المعلومات الجغرافية والتقنيات الإلكترونية التي تقوم على جمع قواعد البيانات الجغرافية من مختلف المؤسسات الحكومية والخاصة وذلك لاستخدامها في أي وقت ومتى ما اقتضت الحاجة.

مواصلة العمل في مشروع نظام إدارة الحالات الطارئة التابع للجنة الوطنية للدفاع المدني .

تحديد مباني أخرى لاستخدامها كمباني إيواء كالأندية والمجمعات الرياضية وغيرها، وذلك وفق المعايير التي تكفل عدم تأثرها بأي خطر أثناء حدوث الكوارث الطبيعية وجدوى استخدامها.

التأثيرات الجيومورفولوجية المتبادلة بين مجاري الأودية و شبكة الطرق في ولاية بوشر: دراسة في الانثروبوجيومورفولوجيا

نظيرة بنت أحمد بن عبدالله الحارثي
وزارة التربية و التعليم
سلطنة عمان

١ . ٢ مشكلة الدراسة :

إن مسيرة التوسع المكاني الكبير الذي شهدته مسقط و ما تطلبه التحضر السريع من بنيات أساسية حضرية كالطرق و غيرها لم تخلو من بعض الإشكاليات المرتبطة بخصائص الموضع في المدينة، خاصة عند الوضع في الاعتبار أن هذا التوسع شمل بالضرورة مناطق ذات حساسية جيومورفولوجية عالية مثل المراوح الفيضية و المستنقعات الساحلية و الانحدارات الجبلية العالية و الكثبان الرملية ومجاري الأودية الضيقة منها و الواسعة. يعقد هذه الإشكاليات الهيكل التضاريسي لمحافظة مسقط وموقعها بالقرب من مسطحات مائية واسعة كالمحيط الهندي وبحر عمان اللذان يغذيان المنطقة بالرطوبة اللازمة لحدوث المنخفضات الجوية المفعمة بالأعاصير. وما يمكن أن يصاحب ذلك من أخطار مثل الفيضانات والانزلاقات الصخرية بالإضافة إلى عدد من التأثيرات الجيومورفولوجية الأخرى على البنيات الأساسية و المساكن .

وقد فرض ذلك الوضع المتداخل بين طبيعة التضاريس و المناخ والتطور الحضري على عمليات التطوير و التوسع في محافظة مسقط تحديات عديدة تتمثل بصورة رئيسة في التعامل الجيد مع مثل هذه الأوضاع لتحقيق سلامة و استدامة التدخلات البشرية في البنية الطبيعية.

إن أهم التدخلات التي يتطلبها تطوير أي منطقة حضرية هو إنشاء الطرق المسفلتة التي تخدم حركة السكان و البضائع بين أجزائها المختلفة و تربطها بالعالم الخارجي(مانجان ، ٢٠٠٤)، ولا يختلف الحال في مسقط عن ذلك كثيراً، فقد بدأ العمل الجاد و المكثف في إنشاء شبكة الطرق المسفلتة بها في سبعينات القرن الماضي مع بداية انطلاق النهضة التنموية و ما زال مستمراً.

شكل(١) الطرق والأودية في محافظة مسقط . عمل الباحثة .

ومن أبرز البنيات الأساسية التي تؤكد على التداخل المجالي بين المعطيات الطبيعية والبشرية في محافظة مسقط الطرق ، حيث تربط شبكة الطرق المسفلتة في الوقت الحاضر بالتقريب كل الأجزاء التي تمددت فيها المدينة و تتفاوت درجاتها بين طرق رئيسية كشارع السلطان قابوس الذي يشكل شريان الحركة الرئيس في المدينة و الذي تنفتح عبره السلطنة على الدول المجاورة، بالإضافة إلى شبكة أخرى من الطرق الجانبية التي تخترق المناطق المأهولة. و الإشكالية الرئيسة في هذا الوضع أن هذا التوسع الذي حدث في شبكة الطرق قد تم على وضع معقد يفرض على القائمين على أمر الإنشاء تجاوز تحديات طبيعية عديدة تتطلب حلولاً هندسية خاصة. من أهم هذه التحديات الأشكال والأوضاع الجيومورفولوجية المتنوعة مثل المناطق الجبلية و الأودية و المناطق السهلية التي تتوزع على الامتداد الطولي لمحافظة مسقط كما يتضح ذلك من الشكل (١) .

وتركز الدراسة من خلال المعطيات السابقة على التأثيرات المتبادلة بين مجاري الأودية وشبكة الطرق في ولاية بوشر في شكل دراسة انثروبوجيومورفولوجية متعلقة بدراسة الظاهرة البشرية (الانثربولوجية) ، ممثلة في الطرق المسفلتة، مع الظاهرة الطبيعية (الجيومورفولوجية)، ممثلة في مجاري الأودية الأمر الذي يقود بالضرورة و بطبيعة الحال إلى

تغيرات ملموسة تشمل، من جانب، تغيرات في سلوكيات المياه التي تجري في الأودية عند هطول الأمطار من جانب كما أنه يضيف عبئاً آخراً للشوارع المسفلتة حيث يحولها إلى وسيط ناقل للمياه على تلك الطرق ، حيث تشكل عائقاً أمام الانسياب الطبيعي للمياه عندما تنزل الأمطار و تسيل الأودية و بالتالي تؤثر إلى حد كبير في الاستمرارية الطبيعية لمسيرتها (Natural Continuity) نحو مصباتها الطبيعية الأمر الذي يؤدي من وجهة النظر الجيومورفولوجية إلى تغيرات في البنية الطبيعية لمجاري هذه الأودية، و بالأخص على قطاعاتها الطولية و العرضية و التي تتمثل بصورة رئيسة في تغيرات واضحة في اتجاه المجرى و ما يترتب على ذلك من الناحية البشرية من تأثيرات مدمرة على المساكن و البنى التحتية في تلك المواضع .

مفهوم الانثروبوجيومورفولوجيا :

على الرغم من قدم الإشارات إلى تأثيرات الإنسان على البيئة الجيومورفولوجية إلا أن تشخيص طبيعة هذا التأثير و تحديد أسبابه ظلا لوقت طويل على هامش البحث العلمي المنظم و الموجه (Blanton&Andrew Marcus،2009) لكن بتعاظم ارتفاع معدلات التحضر و توسع المدن تعاظم أيضا الدور البشري في تعديل أو تغيير الأشكال و العمليات الجيومورفولوجية الطبيعية خاصة المشهد الحضري landscape، الأمر الذي أدى إلى عدد من المشاكل البيئية الشاخصة لكل مراقب.

بناءً على ذلك، شهد العقدان الأخيران اهتماماً متزايداً من العلماء بالبحث المكثف و الجاد حول هذه التأثيرات خاصة فيما يتعلق بتقييم دور الإنسان في المشهد الجيومورفولوجي في المدن و تحديد و تحديث مداخل و تقنيات البحث في هذا التقييم بغية توضيح طبيعة هذا الدور و لفت الأنظار إلى وضعه في الاعتبار عند التخطيط و عند اتخاذ القرار. لقد استطاع هذا النشاط العلمي أن يفرض نفسه بقوة داخل علم الجيومورفولوجيا حتى أنه أصبح تخصصاً قائماً بذاته داخل منظومتها الفكرية و بنيتها العلمية يطلق عليه اسم الانثروبوجيومورفولوجيا (Anthropogeomorphology) إشارة إلى توجيه النشاط العلمي من خلاله إلى البحث في التأثيرات البشرية على الظواهر الجيومورفولوجية.

و يتكون مصطلح انثروبوجيومورفولوجيا Anthropogeomorphology من مقطعين هما Anthropo التي تشير إلى كل ما يتعلق بالإنسان و geomorphology التي تشير إلى أشكال سطح الأرض. و يعرف جودي (Goudie،1993) الانثروبوجيومورفولوجيا بأنها "دراسة دور الإنسان في تكوين و تشكيل الظواهر الجيومورفولوجية أو تعديل فعل العمليات الجيومورفولوجية كالتجوية و النحت و الإرساب» . بكلمات أخرى فإن الانثروبوجيومورفولوجيا تركز على دراسة الروابط بين الاستخدامات البشرية للمشهد الجيومورفولوجي الطبيعي Geomorphologic Landscape و البنيات والتغيرات التي تحدث فيه نتيجة لهذه الاستخدامات.

تاريخياً، ظلت التأثيرات البشرية على المشهد الجيومورفولوجي تنال اهتمام العلماء منذ البدايات الأولى لعلم الجغرافيا كما تشير إلى ذلك دراسات العالم الألماني همبولدت في القرن الثامن عشر (James & Marcus، 2006) . وقد توسع و توثق هذا الاهتمام عندما نشر العالم الأمريكي الموسوعي جورج بيركنز مارش George Perkins Marsh كتابه

الشهير Man and Nature في العام ١٨٦٤ الذي وثق فيه بصورة شاملة و مقنعة للكيفية التي ساهمت بها نشاطات الإنسان في تغيير سطح الأرض ، وفيه أشار إلى مشكلة استغلال الإنسان لمخزون البيئة الطبيعية و ما يمكن أن يترتب على ذلك من اضطراب و ضرر في بنية البيئة الطبيعية بحيث يصعب بعدها استعادة ما فقدته من خصائصها الطبيعية (Meyer، 1996). جدير بالذكر أن هذا الرأي شكل خروجاً عن مألوف الفكر في ذلك الوقت، ذلك لأن النمط الفكري السائد حينذاك كان يعتبر أن البيئة هي التي تؤثر على الإنسان و تشكل مسارات نشاطاته و أن عطاء مواردها عطاء غير محدود و أن هذه الموارد وجدت أصلا كي يستغلها الإنسان.

وعلى الرغم أن هذه الآراء قد لعبت دوراً كبيراً في التأثير على عدد من جيومورفولوجيي نهايات القرن التاسع عشر و بدايات القرن العشرين إلا أن المعالجة الفكرية الجادة لدور الإنسان في البيئة الطبيعية و تغيير سطح الأرض نبعت أساسا من انعقاد المؤتمر الشهير في العام ١٩٥٥عن " دور الإنسان في تغيير سطح الأرض Man`s Role in Changing the Face of the Earth" والذي حرره توماس ونشر مداولاته تحت نفس عنوان المؤتمر(Thomas،1956) . وقد عنى هذا المؤتمر بصورة خاصة بإلقاء الضوء على التغيرات و التحولات التي أحدثها الإنسان في البيئة الطبيعية مثل تعرية التربة بالإضافة إلى مناقشة المتغيرات الهامة في العملية الجيومورفولوجية مثل المناخ واستخدام الأرض و غيرها و رغم أن المعالجة العلمية لمعظم التغيرات و التعديلات في بنية البيئة المرتبطة بهذه المتغيرات قد اقتصرت بصورة عامة على أوروبا و الولايات المتحدة الأمريكية إلا أنها قد عكست بما لا يدع مجالاً للشك أن للإنسان من خلال نشاطاته البشرية المتنوعة تأثير قوي على تطور خصائص المشهد الجيومورفولوجي .

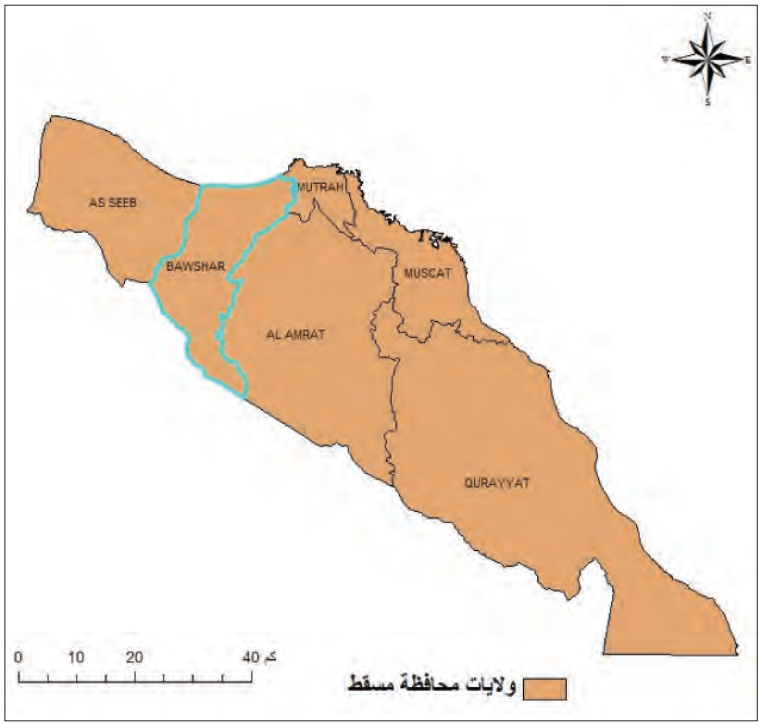
تجدر الإشارة إلى أن البحث في تأثيرات الإنسان على المشهد الطبيعي لم يقتصر على مجهودات هؤلاء الرواد و إنما تغلغل أيضا في أبحاث تخصصات عديدة مثل الجيولوجيا و الأحياء و الهندسة المعمارية. فالجيولوجيون مثلاً كانوا من أوائل العلماء الذين اعترفوا بفاعلية دور نشاطات الإنسان في العمليات الجيولوجية التي تجري على الأرض حتى أنهم يقاربونها في ذلك مع حركة الألواح التكتونية و البراكين و المياه الجارية التي تساهم باستمرار في تشكيل سطح الأرض. و كاستدلال يشير هؤلاء العلماء إلى أن نشاطات الإنسان في القرن العشرين فقط مثل التعدين و الزراعة و التجريف قد قامت بإزالة كمية من الصخور و الرواسب تساوي ما يقوم به أي عامل جيومورفولوجي آخر، لذلك فإنه من المنطقي اعتبار هذه العمليات البشرية آلية فاعلة في جعل الأرض في حالة دينامية مستمرة ، لكل هذه الاعتبارات و التغيرات التي أحدثها الإنسان و ما زال يحدثها فإن بعض الجيولوجيين يقترحون أن تسمى هذه الفترة من عمر الأرض باسم الانثروبوسين Anthropocene على اعتبار أن الإنسان بماكينة تقنيته الكبيرة و المتطورة، قد أصبح قوة جيولوجية لا يمكن تجاهلها في سلم الزمن الجيولوجي (Brown، 1970; Crutzen،2002; Hooke،2000; Wilkinson،2007).

وشهدت الخمسون سنة التي أعقبت مؤتمر ١٩٥٥ نشاطاً مكثفاً في البحث عن دور الإنسان في البيئة الطبيعية وتبلورت من خلال الدراسات الميدانية في أجزاء متفرقة من العالم رؤى أكثر وضوحاً مما سبق حول هذا الدور و فاعليته في تشكيل سطح الأرض، لقد اتضح في العديد من هذه الدراسات أن أخطر التغيرات في المشهد الجيومورفولوجي هي التي نتجت عن التدخلات الهندسية. ويرجع هذا إلى حد كبير إلى اختلاف المنظور الجيومورفولوجي عن المنظور الهندسي، كما أشار لذلك ستراالر (Strahler، 1956) ذلك لأن العديد من هذه التدخلات قد يترتب عليها تغيرات كبيرة في العمليات الجيومورفولوجية و بالتالي في الأشكال التضاريسية التي يمكن أن تنتج عنها.

البنية الطبيعية لمحافظة مسقط

منطقة الدراسة (ولاية بوشر):

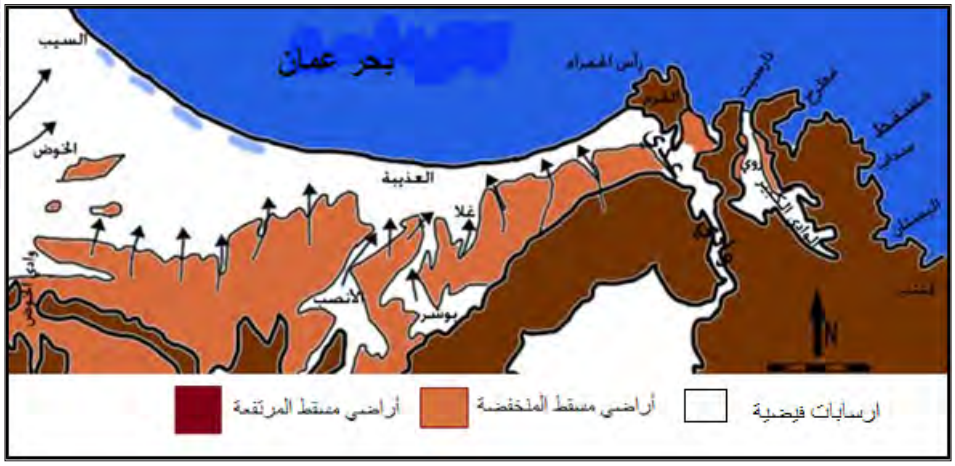
تتميز ولاية بوشر بموقعها المتميز وسط الأراضي المنخفضة في محافظة مسقط ، وتقع ولاية العامرات إلى الشرق منها وولاية السيب تحدها من جهة الغرب ، بينما تحدها ولاية مطرح من جهة الشمال الشرقي والخليج العربي شمالا وجبال الحجر الشرقي جنوبا . وتبلغ مساحتها حوالي ٤٢٠كم٢ وتنتشر بها ٤٣ مدينة وقرية (بلدية مسقط،٢٠١٠) ، وتضم عددا من المنشآت الحيوية الحكومية أو الخاصة ومنها مطار مسقط الدولي ، والمستشفى السلطاني ، ومنطقة غلا الصناعية، وجامع السلطان الأكبر، هذا بالإضافة إلى المباني السكنية و التجارية المقامة أو التي قيد الإنشاء وتلك الأخرى التي وضعت ضمن عمليات التخطيط المستقبلية .



شكل (٥) موقع ولاية بوشر ضمن محافظة مسقط . عمل الباحثة.

كل هذا الزخم من المنشآت الحيوية جعل المنطقة تتحول لمركز جذب سكاني ، كان نتيجته توزيع معظم المساحات الفضاء في ولاية بوشر الواقع بعضها على مجاري الأودية وذلك لأغراض البناء العمراني السكني أو التجاري أو الصناعي مما يجعلها عرضة للفيضانات وتدفقات المياه على مجاري هذه الأودية وخاصة في حالة الترددات الزمنية الطويلة الأمد وخاصة في المناطق المنخفضة عن مستوى البحر مثل العذيبة والغبرة وغلا ، كما يشير إلى ذلك الشكل (٥).

وفي منطقة مزدهرة عمرانيا كولاية بوشر كان لابد من الربط بين مناطقها بشبكة طرق تسهيلا لحركة مرور السيارات و الشاحنات ، وبذلك أصبحت الولاية تضم شبكة طرق كثيفة قائمة حاليا بالإضافة إلى تلك الأخرى التي ما تزال قيد الإنشاء كما سيأتي الحديث عن شبكة الطرق لاحقا.



شكل(٧) أراضي مسقط المرتفعة و المنخفضة : معدلة عن (Scholzm، ١٩٩٠)

البنية الجيومورفولوجية :

تتنوع مظاهر السطح في محافظة مسقط وذلك لتعرضها للكثير من الحركات التكتونية على امتداد فترات زمنية مختلفة ، و تسببت أبرز هذه الحركات في ظهور السلاسل الجبلية منذ حوالي ١٥٠ مليون سنة (بلدية مسقط ، ٢٠٠٩) التي تظهر على امتداد المحافظة تقريبا مكونة بذلك ما يطلق عليه جبال الحجر الشرقي والتي كانت تشكل فيما مضى صعوبة في الحركة والتواصل بين معظم مناطق المحافظة و تتخلل سلسلة جبال الحجر الشرقي عدد من الأودية أبرزها ، أودية محافظة مسقط : وادي ضيقة ، وادي عدي ، وادي الرسيل ، وادي الخوض ، وادي بوشر، والوادي الكبير ، وادي الأنصب و هي أودية موسمية لا تجري فيها المياه إلا أثناء فترة سقوط الأمطار.

و مما يميز جيومورفولوجية محافظة مسقط التنوع الواضح في أشكالها الطبوغرافية و التباين بين أجزائها المرتفعة التي تشمل الجبال و أجزائها المنخفضة السهلية مثل سهل الباطنة الذي تنتشر عليه المراوح الفيضية للأودية التي تشقه و بناءً على ذلك، يمكن تقسيم تضاريس محافظة مسقط إلى قسمين : أراضي مسقط المرتفعة(Highland Muscat) وأراضي مسقط المنخفضة (Lowland Muscat) اعتمادا على قراءة الخريطة شكل (٧) .

أراضي مسقط المرتفعة (Highland Muscat):

يغلب الطابع الجبلي على الجنوب و الجنوب الشرقي من محافظة مسقط حيث تكاد الجبال المتضرسة تغطي معظم المساحة، من رأس الحمرا الذي يشكل «مهماز» شبه جزيرة القرم. وفي الشرق من هذا الرأس البحري يمتد ساحل صخري شديد الانحدار يرتفع في كثير من المواضع مباشرة من البحر، بعدم الانتظام، إذ تتخلل مساره و تتوغل منه إلى

داخل اليابس العديد من الخلجان و الأخوار الضيقة التي تحيط بها الجروف العالية، و تتواصل صورة تتابع الخلجان البحرية الضيقة و الرؤس البحرية على طول هذا الساحل من رأس الحمرا إلى مسقط القديمة كما أنها تتكرر في مطرح و ميناء الفحل و ريام و كلبوة و سداب و البستان و قنتب و تمتد أبعد من ذلك حتى قريات حيث تكون الخلجان في كل هذه المناطق مواقع الاستيطان.

وتتميز المنطقة الجبلية إلى الجنوب من رأس الحمراء بانتشار صخور الأفيوليت العارية التي أكسبتها عوامل الإهتراء و التعرية سطحاً شديد الوعورة ، يشق هذه المنطقة عددٌ من الأودية المائية العميقة الضيقة ذات الجوانب شديدة الانحدار و التي من أشهرها و أكبرها حوض روي و امتداده في الوادي الكبير و وادي عدي و وادي القرم، واستطاعت هذه الأودية الكبيرة و غيرها من الأودية الصغيرة أن تقطع سطح الصخور في هذه المنطقة في شكل قمم متناثرة و ظهور صخرية ممتدة و شديدة الانحدار مما أدى إلى زيادة وعورة السطح. هذه الوعورة المميزة لسطح المنطقة عاقت كثيراً عملية الاستيطان و الاستغلال الاقتصادي إلا من جيوب مبعثرة على جوانب لأودية و بعض الأحواض المتقعرة المنخفضة التي توجد هنا و هناك.

أراضي مسقط المنخفضة (Lowland Muscat) :

إلى الغرب من رأس الحمرا تبدأ المنطقة الجبلية في التراجع نحو الداخل في شكل قوس واسع يفصل بينه و بين البحر منطقة سهلية منخفضة تتسع إلى حوالي ٢٠ كم و تضيق إلى حوالي ٥ كم و هي ما يطلق عليها في السلطنة اسم «سهل الباطنة» (شولتس ،١٩٨٠) ، و يرجع تكوين الجزء الأكبر من السهل بصورة رئيسة لعملية الإرساب الفيضي التي قامت بها الأودية المنحدرة من الجبال الغربية المحيطة بالسهل أثناء الفترات المطيرة في البلايستوسين و الهولوسين و التي أدت إلى نشأة عدد كبير من المراوح الفيضية التي استطالت و توسعت و اندمجت مع بعضها. أهم هذه الأودية و أكبرها وادي الخوض ووادي الأنصب الذين استطاعا أن يبنيا شبكة كثيفة من الروافد بالإضافة إلى المراوح الفيضية الكبيرة التي تكونت نتيجة إرساباتهما، و التي تتكون أساسا من طبقات من خليط من الحصى مختلف الأحجام و الرمال و الذرات الناعمة.

وبالإضافة إلى هذه الرواسب الفيضية، تنتشر بالقرب من الساحل البحيرات الشاطئية المطمورة التي يمكن تمييز مواضعها السابقة من خلال السطوح المستوية ذات التربة الصلصالية الناعمة و التي ما زال بعضها رطباً. ومن الأشكال الأرضية أيضا الكثبان الرملية التي تنتشر في الجزء الداخلي من السهل مثلما هو الحال شمال شرق الخوير وشرق العذيبة وشمالها وشمال غرب السيب، الأمر الذي يشير بوضوح إلى أن التعرية الريحية قد لعبت، و ما زالت، تلعب دوراً في تشكيل السطح في تلك المناطق رغم أن الأنشطة البشرية قد زحفت على أجزاء كبيرة منها و أزالت مساحات واسعة منها إلا من بعض الجيوب المتفرقة هنا و هناك خاصة في منطقة بوشر.

هذا، و بما أن هذه الدراسة تركز أساسا على جزء من هذا السهل الفيضي، فانه من المفيد الإشارة إلى أن إطلاق

مصطلح «سهل» على هذه الأراضي المنخفضة قد يكون مضللاً بعض الشيء، ذلك لأن الفحص الجيومورفولوجي الدقيق للمنطقة يشير إلى وجود أشكال دقيقة (Micro-forms) على السهل ربما لم تضع لها الإنشاءات الهندسية الاعتبار الكافي في التخطيط الحضري الأمر الذي أثر لاحقاً بصورة ملحوظة على البنيات الأساسية في المنطقة و على سلوك الأودية التي تجري في السهل؛ فمن الناحية الطبيعية تتميز الأودية التي تجري عادة على المراوح الفيضية بسلوكيات خاصة ذلك لأن الانحدار الضعيف للأرض و هشاشة الرواسب التي شقت فيها الأودية مجاريها تجعل من السهولة على الوادي تغيير مجراه عندما لا يستطيع مجراه استيعاب معدلات التصريف العالية ؛ لا بد أن هذه السلوكيات قد ساهمت بقدر كبير في تشكيل هذا السهل حيث استطاعت الأودية من خلال هذا السلوك تقطيع السطح إلى عدد من الأحواض المائية الثانوية الصغيرة التي تفصل بينها مناطق تقسيم مياه ضعيفة و قليلة الارتفاع بحيث يفوت وجودها على الشخص غير المدقق. ومثل هذا التموج يحتاج على الأقل من الناحية الهندسية، إلى معالجات واعية و محسوبة عندما تتموضع عليه منشآت البنيات الأساسية كالطرق و غيرها.

مجاري الأودية وشبكة الطرق في ولاية بوشر

شبكة المجاري المائية في ولاية بوشر :

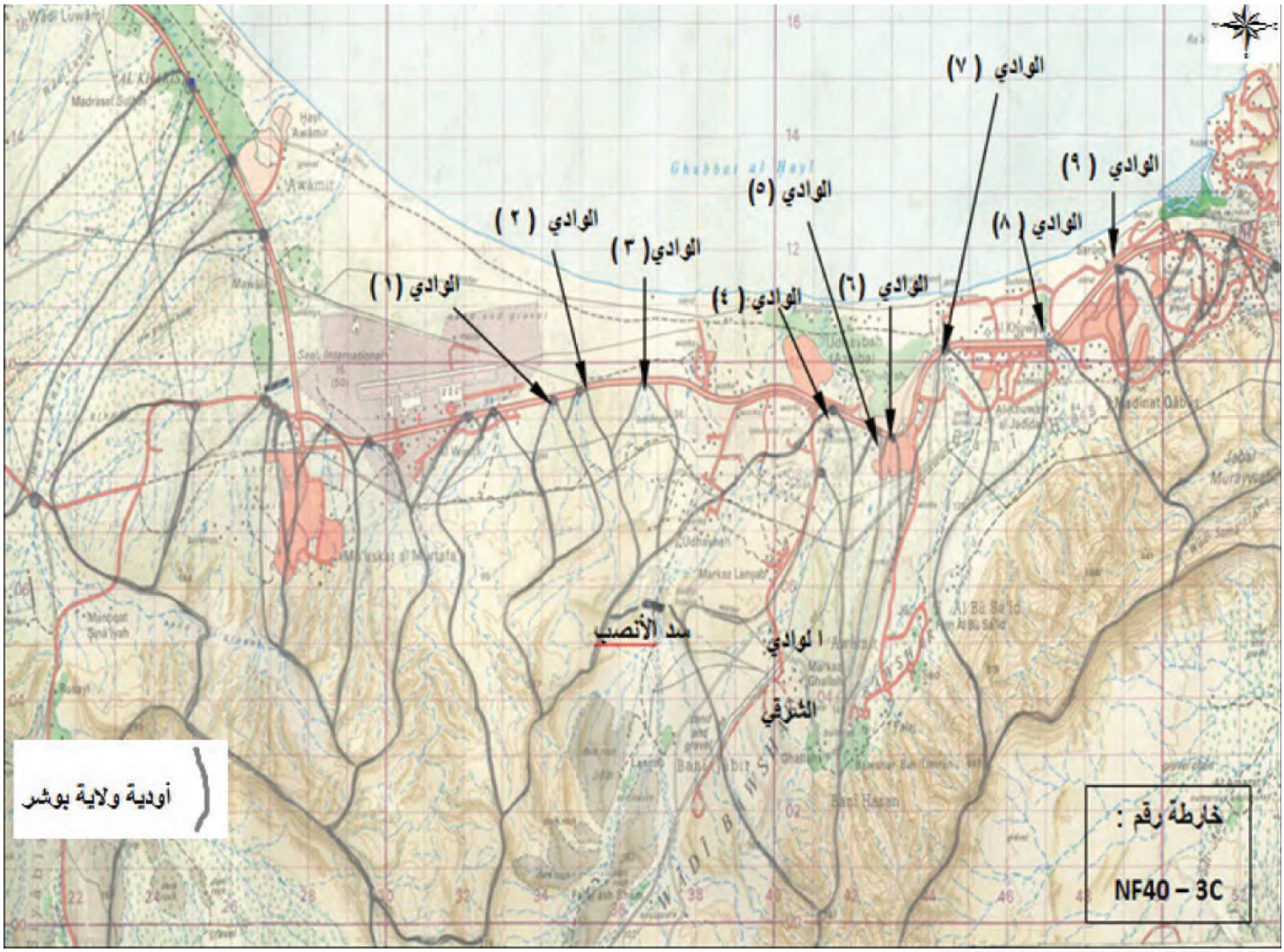
توجهت الجيومورفولوجيا المائية (Fluvial Geomorphology) منذ مؤتمر ١٩٥٥م نحو التركيز بصورة خاصة على دراسة تأثيرات الزراعة و إزالة الغابات و التحضر على الجريان السطحي للمياه ، وقد شكلت هذه الدراسات نقلة كبيرة في الفكر الجيومورفولوجي حيث توصلت و برهنت بصورة قاطعة عدم وجود نظام مائي طبيعي و أن الإنسان و النظام المائي الطبيعي لا يمكن فصلهما عن بعضهما البعض، و مهما يكن من أمر الدراسات حول المسائل المرتبطة بالعلاقات بين البيئة المائية و الإنسان إلا أن الاهتمام بالطرق و تأثيراتها على مجاري الأنهار لم تنل إلا القليل من الاهتمام رغم وضوح تأثيرات كلا الظاهرتين على المشهد الطبيعي و تأثيراتهما على بعضهما البعض و يظهر هذا التأثير المتبادل بصورة واضحة في المناطق الحضرية ، و بصورة عامة ، يقود التطور الحضري عادة إلى ارتفاع قوة المياه التي تجري في المجرى المائي (Leopold، 1968) مما يؤدي، إلى تأثيرات عديدة على العمليات الجيومورفولوجية المائية كالنحت و الإرساب. أما عندما تعترض الطرق المجاري بصورة مباشرة فإنها بهذا تعترض استمرارية الوادي(Stream Continuity) مما يؤدي إلى اضطراب ، في العمليات التي يقوم بها. يضاف إلى هذا التأثيرات المحلية للمعابر التي تقام عندما يتقاطع الطري مع مجري الوادي حيث ترتفع بصورة عامة معدلات النحت عند هذه التقاطعات.

إن هذه الدراسة تهدف على التخصيص لتحديد التأثيرات المتبادلة بين مجرى الوادي و الطريق الذي يتقاطع معه و كان لابد، بداية، من دراسة شبكة الأودية في منطقة الدراسة من حيث تحديد الموقع الجغرافي للمجاري الموجودة في منطقة الدراسة و قياس أطوالها، و لتحقيق ذلك، اعتمدت الدراسة على الخريطة الطوبوغرافية ذات مقياس الرسم ١ : ١٠٠,٠٠٠ التي تم تحويلها إلى خريطة رقمية حيث تم تحديد أهم الأودية التي تتبع ولاية بوشر إداريا وذلك بغرض تحديد الأودية التابعة للولاية ومواقعها واتجاهاتها.

وبتحليل الخريطة الطبوغرافية للمنطقة تم استخراج تسعة أودية تنحدر من جبال الحجر الشرقي متجهة إلى بحر عمان ضمن ولاية بوشر من الناحية الإدارية وسيتم تحديد الأودية بناء على تحليل الخريطة الطبوغرافية شكل (١١).

وبناءً على بيانات الخريطة الطبوغرافية، يتضح وجود ثلاثة أودية في المنطقة الواقعة بين العذيبة ومطار مسقط الدولي تجري من الجنوب إلى الشمال متقاطعة بذلك مع شارع السلطان قابوس وهي الأودية رقم (١ و ٢ و ٣) كما هو مبين في الخريطة شكل (١١) . وتقطع هذه الأودية شارع المعارض (طريق فرعي) من خلال عبَّارة صندوقية Culvert بأحجام مختلفة بالإضافة إلى معابر أيرلندية Irish Bridges ، كما يتضح من الشكل (٩) ، ثم تعبر شارع السلطان قابوس في مسيرتها نحو البحر دون المرور بمنشآت عمرانية عديدة لكون المنطقة تابعة في معظمها للممتلكات العسكرية .

ومن الملاحظ أن هذه الأودية لم يكن لها سابقا مجاري واضحة ، إلا أنه الآن ومع التحديثات والتوسعات التي تتم في منطقة مطار مسقط الدولي فقد يتم العمل حاليا على إنشاء قنوات وعبَّارات لتصريف مياه الأودية و المياه السطحية



شكل (١١) أودية ولاية بوشر : وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ٢٠١٠.

الشكل (٩)

بطول ١٣ كم يصلها بالبحر (القاسم ، ٢٠٠٩) أما الوادي رقم (٤) فهو وادي الأنصب ، وكما يتضح من الخريطة فإن هذا الوادي يحتل موقعا متوسطا بين الأودية الأخرى في الولاية ، و بما أنه موضوع الدراسة سيأتي ذكره لاحقا ، و يجري الوادي رقم (٥) عبر طريق داخلي بين مجمع السلطان قابوس الرياضي في بوشر والمستشفى السلطاني من خلال معابر ايرلندية Culvert) ليتجه بعدها إلى المنطقة السكنية خلف المستشفى السلطاني

و بسبب المنشآت العمرانية المقامة على هذا الوادي لا يوجد له حالياً مجرى محدد ويستدل عليه من العبَّارة الصندوقية التي تشير إلى أن المكان به مجري مائي، وقد تسببت هذه المنشآت في اعتراض مسار تصريف الوادي بحيث كلما سقطت الأمطار و سال الوادي انتشرت المياه على الشوارع المحيطة وبين المباني لتصبح المنطقة بذلك معرضة لخطر غمرها بمياه الوادي وتجمع البرك المائية على الأراضي المنخفضة كلما سقطت الأمطار.

و تتفاقم هذه المشكلة خاصة مع عدم وجود منافذ لتصريف المياه السطحية وغياب مجرى للوادي ، والنتيجة الحتمية لذلك هي غمر المنطقة بالمياه وتحول الطرقات إلى مجاري مائية بديلة تتبع مستويات الانحدار للشوارع وتفرعاتها داخل المناطق العمرانية المجاورة .

أما الوادي رقم (٦) فهو يجري عبر مجمَّع السلطان قابوس الرياضي في بوشر عبر طريق داخلي إلى المنطقة السكنية الواقعة أسفل المجمع الرياضي. هذا الوادي هو أيضا بدون مجرى واضح لوجود المباني والمنشآت العمرانية المنتشرة على امتداد المجرى ، يشبه هذا الوضع إلى حد كبير وضع الوادي رقم (٧) الذي يقع إلى الغرب من الخوير ويمتد مجراه حتى شارع السلطان قابوس ومن ثم إلى الغبرة حيث تزداد كثافة المنشآت العمرانية بأنواعها المختلفة على جوانبه خاصة في الغبرة الجنوبية ، ومما يدلل على الوضع الخطير في هذه المنطقة تعرضها للغمر تماما أثناء إعصار « جونو في ٢٠٠٧ ، و إعصار فيت في ٢٠١٠ «.

وبالنسبة للوادي رقم (٨) فيجري عبر الخوير بمجرى واضح يمتد إلى شارع السلطان قابوس وقد خصص له في منطقة تقاطعه مع الطريق ثمانية عبَّارات صندوقية بحجم (٢ م X ٢ م) لكل معبر، ثم يستمر المجرى إلى شارع الوزارات و منها لمصبه في البحر، و تتميز المنطقة القريبة من مصب هذا الوادي بالانخفاض الكبير كما يشير تجمع مياه الوادي و بقائها راكدة لفترات طويلة مما سمح بانتشار النباتات و الأشجار عليها . أما الوادي الأخير رقم (٩) فإنه يمر على مدينة السلطان قابوس عبر مجرى، أيضا، غير محدد ، حيث تجري مياه الوادي عبر شارع السلطان قابوس خلال منطقة الصاروج ومنها عبر مجرى محدد وصولا إلى البحر، و تجدر الإشارة إلى أن هذه المنطقة يكاد يمر عليها الفاصل بين مسقط المنخفضة و مسقط المرتفعة و لذلك يتميز سطحها بالارتفاع الطفيف عن سطح البحر مقارنة بالمنطقة السهلية المجاورة لها.

الخصائص المورفومترية لأودية ولاية بوشر:

تأتي أهمية الدراسات والقياسات المورفومترية Morphometry في مرتبة متقدمة، خاصة عند الحديث عن الجانب الجيومورفولوجي ، وذلك لأنها تساعد عليها في توفير النتائج الكمية والقياسات الضرورية فيما يتعلق بحالة الأودية و سلوكياتها (الغامدي ، ٢٠٠٦) . تعرف المورفومترية بأنها المعالجة الرياضية للعلاقات الوظيفية بين متغيرات الشبكة المائية وقد اعتمدت الدراسة في إيجاد الخصائص المورفومترية لوادي الأنصب على الخريطة الطبوغرافية و البيانات الرقمية التي تم الحصول عليها من وزارة البلديات الإقليمية و موارد المياه. وبمقارنة البيانات المتوفرة، تبين تقريبا وجود تطابق بين كل من الخريطة الطبوغرافية والبيانات الرقمية من الوزارة، لأن الأخيرة قد أخذت من الخريطة الطبوغرافية ذاتها دون تعديل أو تغيير عليها.

شكل (١٣) أحواض التصريف المائي لأودية ولاية بوشر : عمل الباحثة

تم الاعتماد على استخراج الأودية من خلال برنامج (ArcGIS) من خلال نموذج الارتفاع الرقمي بدقة مكانية ٥م ، لذا ظهر مختلفا عن الأحواض المائية في الشكل (١٣) . وذلك لاختلاف مصدر استخراج المعلومات . ويعكس اللون الأسود في الذي يظهر أعلى الخريطة مياه بحر عمان والأخوار في منطقة الغبره والعذيبة .

ويشير الجدول رقم (٣) إلى أودية ولاية بوشر مع مساحات أحواض التصريف ، مع ملاحظة أن أرقام الأودية في الجدول مرتبطة بالخريطة شكل (١١) ، حيث تم قياس أطوال المجاري المائية وحساب مساحات الأحواض ميدانيا من قبل وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ، وكان الغرض من استخدام هذا الجدول هو التأكد من أهمية وادي الأنصب ومقارنة طول ومساحة الحوض مع بقية أودية الولاية وتبين أنه يأخذ أكبر مساحة في حوض التصريف وهو أطول أودية الولاية .

أ- وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ٢٠٠٥.

جدول (٣) مساحة الأحواض وطول المجاري المائية لأودية ولاية بوشر.

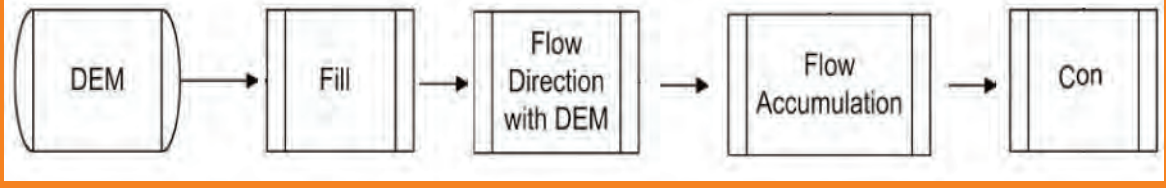
الوادي	مساحة الحوض كم٢	طول المجرى كم
الوادي ١	٢,٦٤	٣,٣٢
الوادي ٢	٦,٦١	٨,٣٥
الوادي ٣	٣,٥٦	٣,٦١
الوادي٤×	١٤٢	٢٩،٥
الوادي ٥	٢,٦٣	٤,٥٢
الوادي ٦	٢,٢٩	٤,٨٢
الوادي ٧	٢٣,١٠	١٣,٧٠
الوادي٨	٢٣,٩٦	١١,٧٠
الوادي٩	٥,٥٤	٥,٤٠

× الوادي رقم (٤) عبارة عن التقاء واديان هما وادي الأنصب والوادي الشرقي ولقد تم حساب مساحة كل منهما قبل نقطة التقائهما أعلى الجامع الأكبر .

وفيما يتعلق بإنتاج شبكة الأودية لولاية بوشر أيضا لم يكن بالإمكان الاعتماد كلية على الخريطة الطبوغرافية السابقة ، وإنما تم الاستعانة بها فقط في التعرف و تحديد أودية ولاية بوشر وذلك بعد مقارنة ما ورد في الخريطة الطبوغرافية مع الواقع ومن خلال الزيارات الميدانية تبين أنها مطابقة للواقع لكن يؤخذ عليها انقطاع في مسارات بعض مجاري الأودية في الولاية .

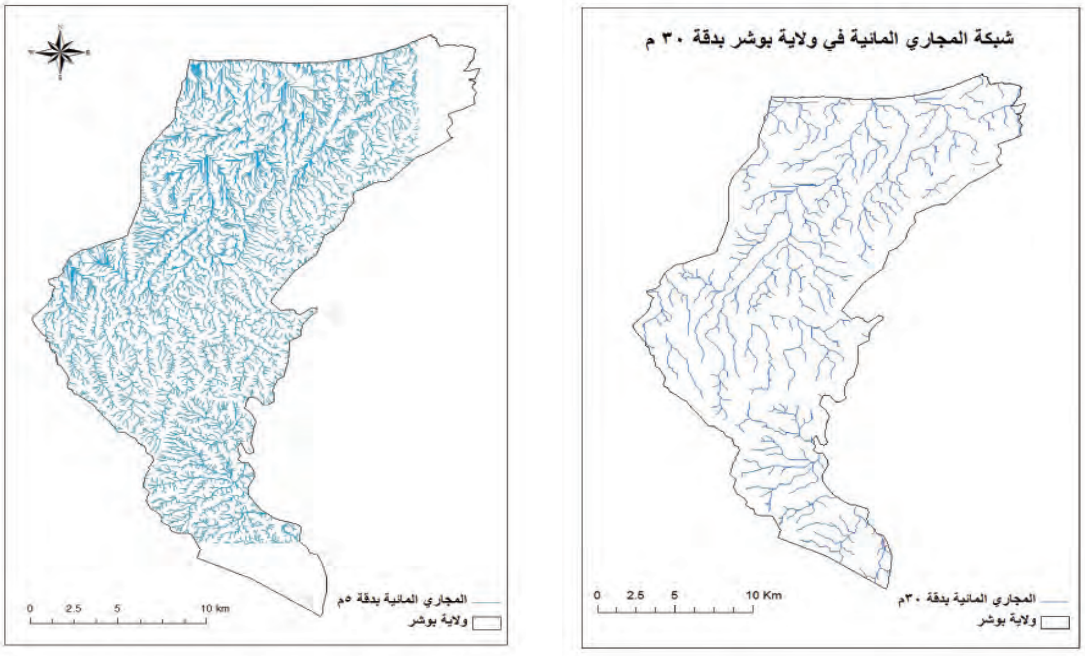
وبغية الحصول على نتائج أفضل، تم اللجوء لمصدر آخر أكثر دقه ومصداقية في إنتاج شبكة المجاري المائية وهو نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) والذي يعتمد عليه اليوم في العديد من الدراسات الجيومورفولوجية ، ذلك لأنه يوفر دقة مكانية عالية تساهم بقدر كبير في تحقيق الأهداف المرجوة من التطبيقات التي تجرى عليه خاصة التطبيقات الهيدرولوجية (الغامدي ، ٢٠٠٦ ، Li &Wong ، ٢٠٠٩ . و في هذا الصدد تم استخدم نموذجين بدقة مكانية تبلغ ٣٠ متر و ٥ متر، وذلك لاستخراج شبكة المجاري المائية و حوض التصريف وخط تقسيم المياه. وبمقارنة شبكة

التصريف المنتجة من النموذجين بإتباع الخطوات في الشكل (١٤) أمكن إيجاد شبكة المجاري المائية اعتماداً على النموذج الآتي :



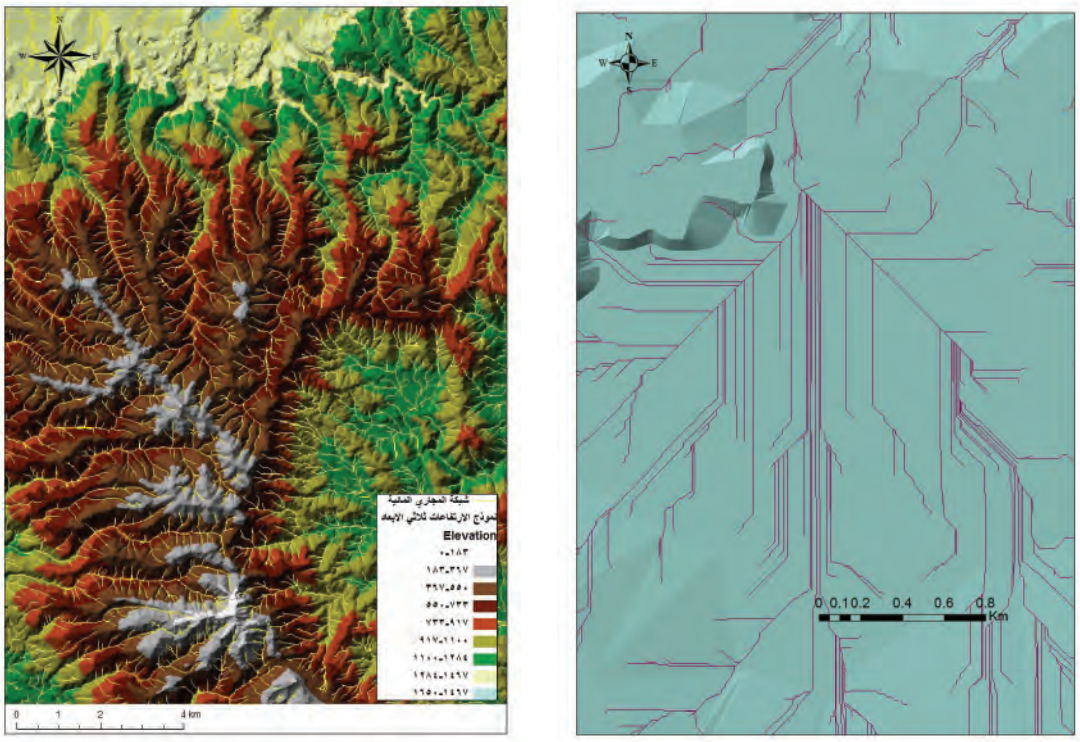
شكل (١٤) مسار إنتاج شبكة المجاري المائية من نموذج الارتفاع الرقمي :DEM Li&Wong، ٢٠٠٩) و الكلباني، ٢٠١٠) .

وبعد استكمال هذه الخطوة تم تحويل البيانات المنتجة من نموذج البيانات الشبكية raster إلى نموذج البيانات الخطية vector (الكلباني ،٢٠١٠) ، وتم تطبيق النموذج الموضح في شكل (١٤) لإنتاج شبكة المجاري المائية على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٣٠ متر والآخر بدقة ٥ متر. وقد اتضح الفرق في مستوى التفاصيل التي أمكن الحصول عليها في الشكلين (١٥) و (١٦) في شبكة المجاري المائية التي تقع ضمن ولاية بوشر بما فيها وادي الأنصب ، وتبين بالمقارنة بين شبكة المجاري المائية المستخرجة من النموذج الأكثر دقة ٥متر بأن تفاصيل المجرى المائي تظهر بجميع روافدها وتفرعاتها ، بينما الآخر الذي أنتج من نموذج الارتفاع الأقل دقة ٣٠ متر تبين أنه لا يمكن الاعتماد عليه في الدراسة لأنه يظهر متقطعا وغير مستكمل كما أنه لا يتطابق مع الواقع خاصة في المناطق السهلية القريبة من مستوى سطح البحر .



شكل (١٥) شبكة المجاري المائية لولاية بوشر ، بدقة مكانية ٣٠ و ٥م . عمل الباحثة.

وقد تم الاعتماد في هذه الدراسة على نتائج نموذج الارتفاع الرقمي بدقة مكانية ٥ متر ، وبدراسة شبكة المجاري المائية لولاية بوشر تبين أن تفاصيل المجاري المائية في DEM 5m أدق في الأجزاء الشمالية تجاه جبال الحجر الشرقي، وعند مطابقة شبكة المجاري المائية على الخريطة ثلاثية الأبعاد 3D على الأجزاء الجبلية شكل (١٧) تظهر عليها الروافد الصغيرة جدا بتفاصيلها بدقة تامة ؛ ويعود ذلك إلى أن مستويات الارتفاع في المناطق الجبلية ترتفع عن ٥ متر لذا فإن التفاصيل تظهر واضحة عليها .



شكل (١٧) شبكة المجاري المائية على الأراضي السهلية و الجبلية .عمل الباحثة .

أما على الأراضي السهلية فقد تبين بعد ملاحظة الشكل (١٨) أن شبكة المجاري المائية تظهر على شكل خطوط مستقيمة وعلى الرغم من محاولة استخدام خاصية Smoothline على برنامج ArcGIS للتغيير من شكل الشبكة إلا أن ذلك لم يعط أي نتيجة تغير من الشكل العام للشبكة المائية ؛ وبعد التحليل تبين السبب في ظهور الشبكة بخطوط مستقيمة إلى عدم وجود فرق كبير في مستوى قاع مجاري الأودية عن سطح البحر واتضح ذلك بسبب الدقة المكانية العالية لنموذج الارتفاع الرقمي ٥ متر المستخدمة في إنتاج شبكة المجاري المائية ، ولأن الأودية على الأراضي السهلية يكون عمقها بين ٤٠ سم إلى ١م (الكلباني ، ٢٠١٠) ، بمعنى أن ما يكون مستوى ارتفاعه أقل عن ٥ متر من الأودية في الطبيعة ظهر على الخريطة كخط مستقيم، وهذا يعطي نتيجة أخرى وهي أن الخطوط المستقيمة تظهر الأراضي التي يكون مستوى ارتفاعها أقل من ٥ متر ، وأما الارتفاعات فوق ٥ متر فكان من السهل تمييز أوديتها على الخريطة .

و على العكس من ذلك فإن نتيجة العمل على شبكة مجاري الأودية عند توظيف نموذج الارتفاع الرقمي DEM ٣٠ متر ظهرت تفاصيل شبكة المجاري المائية في الأجزاء القريبة من البحر أكثر وضوحا منها على الأجزاء الجبلية المرتفعة وذلك لنفس السبب السابق وهو اختلاف الفارق بين درجة الوضوح المكانية و مستوى ارتفاع السطح.

الخصائص المورفومترية لوادي الأنصب :

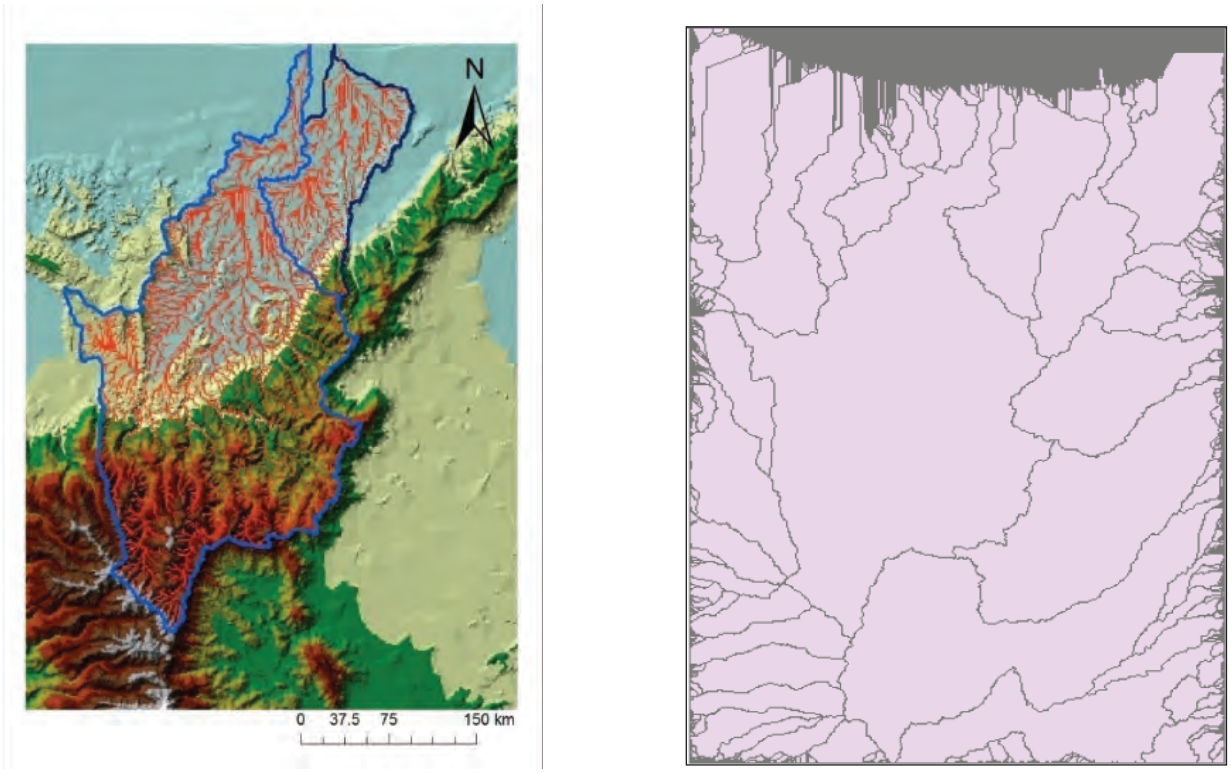
ينبع وادي الأنصب والموضح بالرقم (٤) على الخريطة شكل (١١) من جبال الحجر الشرقي ويصب في بحر عُمان و يعد أحد أهم الأودية في محافظة مسقط إذ تبلغ مساحة مستجمعه المائي حوالي ١٤٢ كم٢ تقريباً حتى السد، و مجرى مائي بطول ٣٠ كم تقريبا (أ- وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ،٢٠٠٥). وتم اختيار هذا الوادي كحالة دراسية دون بقية أودية الولاية لأنه من حيث الموقع يتوسط الولاية ويتقاطع مع طرق المنطقة في تسع نقاط معظمها تقع على مراكز حيوية ، ويعد وادي الأنصب الأكبر من حيث مساحة حوضه المائي و الأطول من حيث طول المجرى الجدول رقم (٣) ، وبناء على ذلك فإن كميات التدفق المتوقعة له خلال فترات التكرار المختلفة تكون الأعلى بين أودية الولاية وبالتالي الأكثر خطورة كما يتضح من الجدول رقم (٤).

ويبدأ هذا الوادي بعد قرية الأنصب عبر مجرى يصل إلى طريق المستشفى السلطاني بواسطة جسر مكون من فتحتين(٢م X ١٠م) ليمر بعدها بالعديد من المنشآت الحيوية على مستوى الولاية بل و مستوى السلطنة أيضا مثل جامع السلطان قابوس الأكبر حيث يلتقي بالوادي الشرقي (سمي بالوادي الشرقي لأنه يجري من شرق وادي الأنصب و يلتقي به غرب الجامع الأكبر (أكبر مساجد السلطنة). و تبلغ مساحة الوادي الشرقي حتى نقطة التقائه بوادي الأنصب حوالي ١٧,٩٣ كم ٢) ب- وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ، ٢٠٠٥) .

يجري وادي الأنصب الناتج عن التقاء الواديين على مجرى عريض ينخفض من مستوى ارتفاع المنطقة، ويعبر ٣٤ فتحة أسفل شارع ثانوي حجم كل واحدة منها ١،٥م X ١،٥ م ليستمر المجرى بعدها في مسيرته حتى يصل إلى جسر آخر له فتحتان حجم الواحدة منها ٢ م X ١٠ م ليصل إلى أسفل شارع السلطان قابوس ومن ثم يعبر ٣٤ فتحة صندوقية حجم الواحدة منها ١,٥م X ١,٥م إلى الطريق الداخلي وبعد ذلك من خلال المجرى الطبيعي له يعبر المساكن التي تتكدس مباشرة على ضفتيه وتستمر مناطق التقاطع بين الطريق و وادي الأنصب وصولا إلى شارع ١٨ نوفمبر وشارع وادي العذيبة ، حيث يعبرهما الوادي بعد أن يكون قطع معبر ايرلندي قبل شارع ١٨ نوفمبر ، ووصولا إلى آخر منطقة تقاطع عند المصب حيث يوجد جسر لا يزال قيد الإنشاء بعد الدمار الذي لحق بالطرق القديمة أثناء إعصار جونو.

حوض تصريف وادي الأنصب :

يشكل حوض التصريف النهري مساحة اليابس التي تغذي أقنية أو أودية محددة بالماء اللازم لجريانها (سلامة ، ٢٠٠٤). و بغية استخراج أحواض التصريف المائي لأودية ولاية بوشر شكل (١٩) تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM 5 م .



الشكل (١٩) أحواض التصريف المائي في ولاية بوشر ، مع تحديد حوض التصريف المائي لوادي الأنصب .عمل الباحثة .

ويوضح الشكل على اليمين جميع أحواض التصريف المستخرجة ، ومن ثم حدد حوض التصريف لوادي الأنصب على خريطة ثلاثية الأبعاد ، و تبلغ مساحة حوض التصريف المائي لوادي الأنصب ١٨١كم٢ حسب نتائج برنامج ArcGIS وهذا يختلف عن البيانات التي وردت في الجدول رقم (٣) لاختلاف مصادرها ، إلا أنها تظل متقاربة من بعضها . وبصورة عامة يميل الحوض للشكل البيضاوي و هي خاصية تساعد عادة على تكون فيضان قوي ومرتفع ، ذلك لأن

كل الروافد تتجه نحو المجرى الرئيس لتغذيه بالمياه مما يزيد من قوة الدفع المائي (محسوب ، ١٩٩٦) ، ويظهر من الشكل (١٩) أن حوض التصريف المائي لوادي الأنصب هو الأكبر مساحة بين الأحواض الأخرى، و بالإضافة إلى ذلك يعد حوض الأنصب من المناطق الحيوية في العاصمة مسقط إذ تقوم على جانبيه العديد من الإنشاءات التي تتطلب الربط بينها و بين أجزاء المدينة الأخرى إقامة العديد من الجسور، الأمر الذي كان له أثر كبير على استمرارية الوادي (stream continuity).

وبناء على مساحة الأحواض المائية للأودية وخصائصها الأخرى يتم حساب القيم القصوى لتدفق الفيضانات ، وذلك ضمن تكرارات مختلفة ، ويتضح من الجدول (٤) قيم التدفق لأودية ولاية بوشر والتي سبق وأن أشير لها في الخريطة الطبوغرافية السابقة ، حيث نجد أن وادي الأنصب الذي يظهر في الجدول باسم الوادي الشرقي هو الأعلى في قيم التدفق، حيث يظهر بأن تكرارات ١٠٠ سنة تصل إلى معدل كبير جدا يبلغ ١٥٠٦م٣/ث ، وبالرغم من أن هذا الجدول بني على قيم افتراضية إلا أنه ليس ببعيد عن الواقع حيث أنه يعتمد في مقاربة نتائجه على نتائج محطات الأودية ، وغالبا ما يعتمد على هذا الجدول في التقارير المقدمة إلى المختصين عن الطرق قبل البدء في تنفيذ أي طريق .

الجدول رقم (٤) : قيم التدفق القصوى للفيضانات لأودية ولاية بوشر. أ- وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ٢٠٠٥.

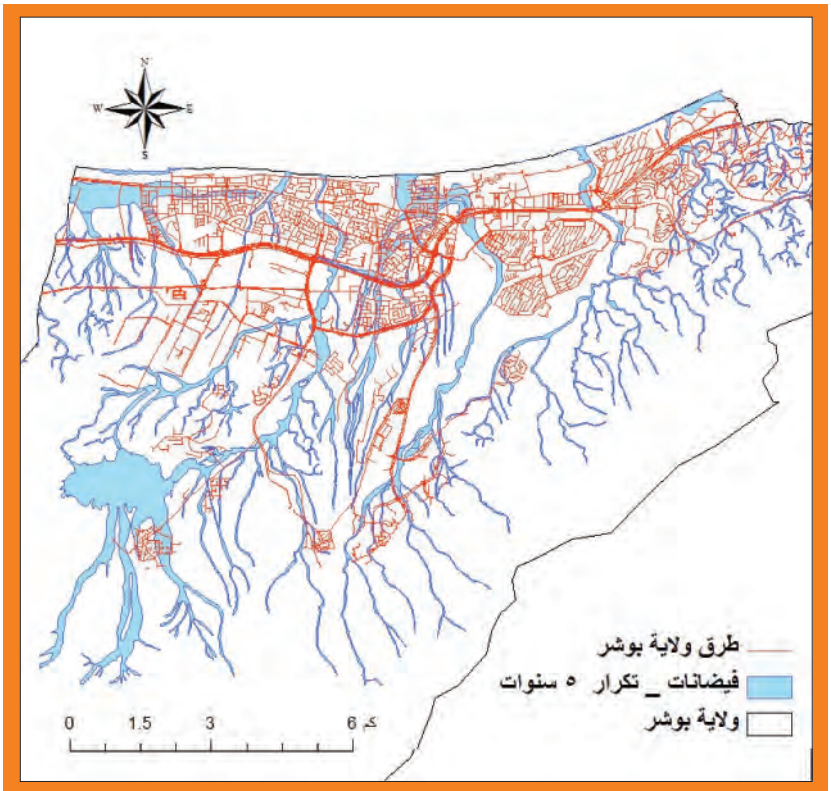
أ ادي	المساحة (كم٢)	كميات التدفق القصوى لفترات التكرار المختلفة – م٣ / ث					
		QMAF	٥ سنوات	١٠سنوات	٢٠ سنة	٥٠ سنة	١٠٠سنة
الوادي رقم (١)	٢,٦٤		١٦	٢٠	٢٥	٣٥	٥١
الوادي رقم (٢)	٧,١٦		٢٧	٣٢	٤١	٥٨	٨٤
الوادي رقم (٣)	٣,٥٦		١٩	٢٣	٢٨	٤٠	٥٩
الوادي رقم (٤)	١٤٢	٢٥٥	٤٨٥	٧١٥	٩٧٠	١٢٧٧	١٥٠٦
وادي الأنصب	١٧,٩٣	٤٢	٨٠	١١٩	١٦١	٢١٢	٢٥٠
الوادي الشرقي							
الوادي رقم (٥)	٢,٦٣		١٤	١٧	٢١	٣٠	٤٣
الوادي رقم (٦)	٢,٢٩		١٢	١٥	١٨	٢٦	٣٨
الوادي رقم (٧)	٢٣,١٠	٦٩	١٣١	١٩٢	٢٦١	٣٤٤	٤٠٦
الوادي رقم (٨)	٢٣,٩٦	٧٢	١٣٦	٢٠٠	٢٧٢	٣٥٨	٤٢٢
الوادي رقم (٩)	٥,٥٤		٣٤	٤٢	٥٢	٧٤	١٠٧

ملاحظة : Qmaf : متوسط التدفق السنوي للأودية

لقد اتضح من الزيارات الميدانية لمنطقة الدراسة ودراسة البيانات المتوفرة عن أهم المجاري المائية بولاية بوشر أن هذه الولاية تأتي في المرتبة الثانية بعد ولاية السيب من حيث التأثير المتبادل بين البنيات الأساسية و المجاري المائية ذلك لأن معظم الطرق والمنشآت والمناطق السكنية في الولاية مبنية إمَّا على المجرى نفسه أو على ضفافه ، و في أحسن الحالات، ليس بعيداً عنه مما يجعلها عرضة للتأثر بغمر المياه في أي وقت يرتفع فيه تصريف الأودية أو الروافد التابعة له ، إن التوسع العمراني في هذه الولاية تمثل بشكل واضح في المنطقة أسفل سد الأنصب ، حيث تم تضييق المجرى الرئيسي لوادي الأنصب ببناء الشركات والمخازن والمباني السكنية الأخرى على مجراه بحيث تم تحويله إلى قناة أخرى باتجاه الشرق، كما تم التعرض لمجراه في منطقة غلا والعذيبة والغبرة ، مما جعل من المنطقة منطقة خطر عند حدوث أي فيضانات متوسطة أو كبيرة ومن المتوقع أن يزداد الأمر سوءاً كلما ازداد البناء ومد شبكة الطرق على مساحات أكبر ، على مجرى الوادي والذي يبدو أنه شبه مستمر ، ولا شك أن ذلك سوف يؤدي إلى نتائج وخيمة ، ولهذا فإن الوضع الحالي يستوجب توفير الحماية الكافية للمنشآت والمباني السكنية القائمة على مجرى وادي الأنصب والأودية الأخرى التي تمر في ولاية بوشر .

تقاطع شبكة الطرق ومجاري الأودية في ولاية بوشر :

إن أراضي مسقط المنخفضة Lowland Muscat والتي سبق الحديث عنها تظهر أوديتها ممتدة من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي نحو بحر عمان ، بينما يتراجع طول المجاري المائية بالاتجاه شرقا نحو أراضي مسقط المرتفعة Highland Muscat لاقتراب الجبال من البحر وضيق السهل الساحلي، وقد عرض تعقد جيومورفولوجية الأودية في هذا الجانب من المدينة عرضها لمشاكل أكبر من حيث زيادة فرص التقاطعات مع الطرق وبالتالي زيادة قابلية المشكلات الانثروبوجيومورفولوجية .



شكل (٢٤) شبكة الطرق مع فيضانات ذات تكرار من ١-٥ سنوات في ولاية بوشر . عمل الباحثة .

و لتحديد التقاطعات في ولاية بوشر تم بناء خريطة باستخدام ArcGIS تجمع بين طبقة الفيضانات بتكرار من ١- ٥ سنوات التي قامت بها وزارة موارد البلديات الإقليمية وموارد المياه بهدف تحديد احتمالات مخاطر الفيضانات.و تعرف الأودية الأكثر خطورة بأنها تلك التي تتعرض المنطقة لجريانها ما بين سنة إلى خمس سنوات (اللجنة العليا لتخطيط المدن ، ٢٠٠٩) مع طبقة خريطة الطرق والتي تشمل جميع أنوع الطرق الحالية في ولاية بوشر . وقد تبين من الخريطة شكل ٢٤ ما يلي :

- وجود عدد كبير من الأودية في الولاية .
- هناك شبكة طرق كثيفة تتركز في المنطقة السهلية الضيقة للولاية .
- العمران و المنشآت تحيط إحاطة شبه تامة بالمجرى المائي
- تقاطع جميع المجاري المائية مع شبكات الطرق بصورة شبه عمودية.

إن تقاطعات الطرق مع الكثير من الأودية في مسقط يتم تجاوزها هندسياً عن طريق بناء الجسور التي تمر فوق الوادي أو العبَّارات الصندوقية (culverts) أو المعابر الايرلندية التي تنحدر نحو صحن الوادي ، و تشكل مثل هذه الإنشاءات

الهندسية عند تقاطع الطريق مع الوادي في العادة أحد الحلقات الضعيفة في البنية الهيدروجيومورفولوجية الموجودة في المنطقة، فالجسور لها تأثيرات محلية حيث يؤدي بناؤها إلى تضييق المجرى الذي يقع تحتها مما يؤدي إلى حصر التصريف في حيز محدد، في العادة أضيق من المجرى المائي الطبيعي للوادي، الأمر الذي يقود في النهاية إلى رفع كفاءة المجرى (Efficiency) و بالتالي قدرة المياه على النحر (Sparks، ١٩٧٢) و بالإضافة إلى ذلك، فإن المعابر تحت الجسر قد تكون في بداية إنشائها كافية لمرور التصريف، لكن بمرور الزمن تتراكم عليها النفايات التي تعترض مسار التصريف فيحدث في مثل هذه الحالة حجز للمياه يتولد عنه ضغط كبير على ضفاف المجرى تتقوض معها الضفاف (Undercutting) فتتراجع إلى الخلف متسببة من خلال هذه العملية في توسيع المجرى، وتشكل هذه العملية واحدة من تهديدات التدخلات الهندسية في المجاري المائية على البنيات الأساسية المتموضعه ليس بعيداً عن جنباتها.

شكل (٢٥) مستوى النحر كما تبينه قواعد الجسر . تصوير الباحثة.

أما في حالة العبَّارات الصندوقية ، فإن نقاط التقائها تتميز بنشاط النحر على جانبها المواجه لاتجاه التيار المائي و الإرساب على الجانب الآخر شكل (٢٥) والتي تظهر أسفل الجسر الواقع على شارع السلطان قابوس وتمثل منطقة التقاطع الرابعة التي تقع على مجرى وادي الأنصب ، تتبع الخطوط البيضاء في الصورة التالية مستوى النحر الذي حدث بفعل إعاقة الاستمرارية الطبيعية لجريان مياه الوادي ، وإذا ما قارنا بين حجم منطقة التقاطع هذه أي الرابعة على شارع السلطان قابوس مع التي تسبقها والواقعة على طريق الجامع الأكبر نجد فرقا يصل إلى ٢٠٠٩٠م٣ وهذا

شكل (٢٦) انكشاف طبقة الأساس على الجانب الذي تعرض للنحر . تصوير الباحثة.

ما استدعى تغير سلوكيات المجرى بين كل منطقة تقاطع وأخرى ، مما أدى إلى تركز الجريان على جانب واحد من المجرى ، ولوحظ من الزيارات الميدانية أن أشكال وأحجام الرواسب أيضا مختلفة بين جانبي المجرى أسفل الجسر ، علما بأن منطقة التقاطع هذه واقعة أسفل شارع السلطان قابوس وهو الشارع الرئيس الوحيد الذي يعبر الولاية .

وكنتيجة طبيعية لاندفاع جريان مياه الوادي على جانب واحد من الجسر فقد حدث أن تعرض ذلك الجانب للنحر وصولا إلى مستوى قاعدة الأساس كما يظهر ذلك من خلال الصورة شكل (٢٦) لنفس منطقة التقاطع الرابعة الواقعة على جسر شارع السلطان قابوس ، لكن مهما يكن من أمر، فإن هذه المعابر والجسور تكون دائماً عرضة لأن تتراكم عليها الرواسب التي تحملها المياه العابرة لها مما يتسبب في كثير من الأحيان في إعاقة حركة النقل عليها بعد انحسار المياه. كما أن التحسينات الهندسية و المراجعات التي تدخل على هذه العبَّارات لاحقاً تؤدي في أحيان كثيرة إلى انتشار الماء من المجرى ليغمر المناطق المجاورة .

تقاطع شبكة الطرق مع المجرى المائي لوادي الأنصب :

مناطق التقاطعات :

يتضح من الخرائط المنتجة ببرنامج (ArcGIS ٩,٢) وتحليل الصورة الفضائية (IKONOS ٢٠٠٧) ومطابقتها بالخريطة الطبوغرافية مقياس (١٠٠،٠٠٠) ، بأن ولاية بوشر تضم تسعة مجاري مائية جميعها يتقاطع مع شبكة الطرق. وتتباين هذه المجاري المائية من حيث الخصائص المورفومترية كما ورد في الفصل السابق. و بما أن هذه الدراسة تركز بصورة رئيسة على اعتبار وادي الأنصب الذي يتوسط ولاية بوشر هو موضوع البحث ، فقد تم تحديده من إجمالي شبكة المجاري التي استخلصت من نموذج الارتفاع الرقمي DEM للولاية و من ثم تم تحديد مناطق التقاطعات على امتداد وادي الأنصب بمختلف أنواعها سابقة الذكر ابتداء من الجسر الواقع أسفل المستشفى السلطاني و هي منطقة التقاطع الأولى التي تشكل البداية الفعلية لدراسة تأثيرات تقاطع الوادي مع الطريق إلى آخر منطقة تقاطع على مصب الوادي عند بحر عمان شكل (٢٩). وقد تراوحت مناطق التقاطعات في أنواعها بين الجسور و العبَّارات الصندوقية والمعابر الايرلندية ويقصد بها كما ورد في دليل تصميم الطرق (٢٠٠٩) :

شكل (٢٩) مناطق التقاطعات على الصورة الفضائية IKONOS . عمل الباحثة .

الجسور Bridges : تقام عادة على الأودية الكبيرة ذات معدلات التصريف العالية حيث يتوقع أن يكون لها تأثير كبير على الطريق، مع الوضع في الاعتبار أن تكاليف إنشائها عالية.

المعابر الايرلندية Irish Bridges : ينخفض عليها منسوب الشارع إلى مستوى قاع الوادي ، لتعبر المياه أعلى الطريق ، و تتميّز بتكلفتها المادية المنخفضة .

العبَّارات الصندوقية Culverts: تحتوي هذه الجسور عادة على فتحات لعبور المياه وتوجد أسفل الطريق و تتراوح أقطار فتحاتها من ١-٤م .

و بما أن تحديد مناطق التقاطع هذه تشكل ظاهرة تعنى بها هذه الدراسة، فإنه من المهم وضع معايير لتوضيح الخصائص العامة لها ، ومن ثم حساب القدرة الاستيعابية للتدفق المائي عبرها،و بغية تحقيق ذلك تم تحديد نقاط التقاطعات هذه ميدانيا وتوقيع إحداثياتها على الخرائط وتحديد خصائصها في Attribute table في برنامج Arc GIS ٩,٢ وربط كل منطقة تقاطع مع جدول البيانات الخاص بها رقميا . وقد تم تحديد مناطق التقاطعات باستخدام برنامج ArcGIS ٩,٢ حيث يتضح من الشكل (٢٩) وادي الأنصب وموقَّعاً عليه مناطق التقاطعات على امتداد المجرى المائي .

ويتضح من الجدول (٧) البيانات الخاصة بمناطق التقاطعات و المعايير التي استخدمت في تحديدها وهذه المعايير هي ذاتها التي أدرجت في جدول البيانات الوصفية على برنامج ArcGIS على النحو الآتي :

- المسمى الإداري للطريق
- نوع الطريق
- المسمى الهندسي للمسرب المائي
- عدد فتحات التقاطع .
- الإحداثيات الجغرافية لمنطقة التقاطع .
- حجم منطقة التقاطع (الطول ، العرض ، الارتفاع) .

أما الجدول (٧) و الذي يعرض كافة البيانات الضرورية لمناطق التقاطعات على امتداد مجرى وادي الأنصب حيث يضم الجدول التسع نقاط التي ظهرت في الخريطة شكل (٢٩) مرتبة ابتداءً من الجنوب على جسر المستشفى السلطاني وانتهاء عند المصب على بحر عمان ، وبعض هذه البيانات وصفية تتمثل في اسم ونوع الشارع حسب التصنيف المتفق عليه لوزارة النقل و الاتصالات ، وأيضا نوع منطقة التقاطع ويقصد بها المسمى الهندسي للمسرب المائي الواقع على الطريق ، ويقابلها البيانات الكمية وتتمثل في عدد نقاط التقاطع ويقصد بها عدد فتحات المسرب المائي ، حيث أن كل مسرب مائي يتكون من أكثر من فتحة واحد لعبور المياه ، ويعتمد عدد هذه الفتحات على نوع المسرب المائي وعرض المجرى المائي للوادي ، وقد تم حسابها في هذه الدراسة للحصول على إجمالي حجم المسرب المائي ، ويعد الحجم هو المعيار الأهم وذلك بغية الحصول على القدرة الإجمالية لاستيعاب مناطق التقاطعات لمياه الأودية ، من خلال المسارب ، وتم إيجاد الحجم على النحو الآتي :

الطول X العرض X الارتفاع (للطريق) = حجم الطريق X عدد المسارب على الطريق الواحد. وذلك لإيجاد الحجم الإجمالي للمسرب المائي لكل طريق ومقارنته لاحقا بكمية تدفق مياه الأودية .

جدول (٧) أحجام مناطق التقاطعات . عمل الباحثة .

اسم الشارع	نوع الشارع	نوع منطقة التقاطع	عدد نقاط التقاطع	حجم منطقة التقاطع			
				الطول م	العرض م	الارتفاع م	الحجم م٣
غلا	ثانوي	جسر	٢	٢	١٠	٤	١٦٠
غلا	ثانوي	معابر صندوقية	١٢	٣,٥	١,٥	٤٢	٢٦٤٦
الجامع الأكبر	فرعي	معابر صندوقية	٣٠	٣	٢,٥	٩٠	٢٠٢٥٠
السلطان قابوس	رئيسي	جسر	٢	٢	١٠	٤	١٦٠
الضيافة	ثانوي	معابر صندوقية	٣٤	١,٥	١,٥	٥١	٣٩٠١,٥
	فرعي	معبر ايرلندي		–	–	–	–
١٨ نوفمبر	ثانوي	معابر صندوقية	١٨	٥	٣	٩٠	٢٤٣٠٠
١٨ نوفمبر	ثانوي	معابر صندوقية	١٨	٥	٣	٩٠	٢٤٣٠٠
وادي الخوير	ثانوي	جسر	٤	٣٠	٢	١٢٠	٢٨٨٠٠

وبتحليل الجدول رقم (٧) يتضح أن هناك تباين في أحجام مناطق التقاطعات التي تم حسابها وقد أُخذت هذه القياسات من أكثر من جهة مسئولة وتم التأكد منها من خلال الزيارات الميدانية مع الأخذ بعين الاعتبار عدد الفتحات في كل منطقة تقاطع ، ويبدو أن عامل الزمن أي تاريخ إنشاء هذه المعابر يلعب الدور الأكبر في اختلاف أحجام مناطق التقاطعات عن بعضها البعض، وهنا ينبغي الإشارة إلى أن الفترات الزمنية لإنشاء أي طريق لها دور مهم جدا تبعا لأولويات تلك الفترة (مانجان ،٢٠٠٣) ، و تختلف مناطق التقاطعات عن بعضها البعض بطبيعة الحال من وادٍ إلى آخر حسب اتساع المجرى

أيضا ، وهذا له دور كبير في تغير سلوكيات المجرى المائي (Chin & Gregory،٢٠٠١) . ولذا ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار أحجام نقاط التقاطع ببعضها البعض ، و ذلك بغية تحديد مدى مساهمة مثل هذه المنشآت في إعاقة أو تسهيل انسياب مياه الوادي المعني؛ ويعتبر شارع ١٨ نوفمبر الذي تعرض جزء كبير منه إلي التدمير بسبب كمية التدفق المائي الهائل في وادي الأنصب أثناء إعصار "جونو ٢٠٠٧" أبرز الأمثلة على ذلك ، حيث أن الوادي لم تكن به عبَّارات صندوقية و إنما معابر ايرلندية فقط و هذه تم استبدالها من بعد ٢٠٠٧ بعبَّارات صندوقية ، بعد أن وقعت الكارثة . جدير بالذكر، أن شارع ١٨ نوفمبر في الجزء منه القريب لشارع وادي الخوير في العذيبة والمطل على بحر عمان ، قد تعرض للإزالة التامة بفعل الاندفاع العنيف لمياه الأودية مما دفع القائمين على الأمر إلى إنشاء جسر عريض لحماية الطريق من الفيضانات القادمة و من التدمير مرة أخرى .

ويتضح من الجدول (٨) مقارنة كميات التدفق القصوى لفترات التكرار المختلفة ، علمًا بأن كميات التدفق الواردة في الجدول معدة مسبقا من وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ، مقارنة مع الحجم الإجمالي للمسرب المائي أو منطقة التقاطع والذي سبق حسابه في الجدول رقم (٧) ويتضح أن مناطق التقاطعات المظللة في الجدول لا تستوعب أحجامها تدفق الأودية ، بينما الخانة المظللة والتي لا تحوي رقم أو قيمة للحجم فإن ذلك يعود إلى أن منطقة التقاطع هذه تمثل معبرا ايرلنديا وحسب ما ورد في تعريف المعبر الايرلندي يصعب إيجاد حجم محدد له إلا أن مياه الوادي تنتشر وتغمر الشارع والمناطق المجاورة .

وعموما فإنه من الجيد أن هذه المناطق قليله إلا أنها بالمقابل تمثل نقاطا حيوية كشارع السلطان قابوس الذي يعد الشارع الرئيسي الذي يمر في الولاية ويربطها بغيرها من أجزاء مسقط ، وعلى الرغم من استيعاب مناطق التقاطعات الأخرى لتدفقات الفيضانات ، إلا أن التأثير الأكبر يظهر في اختلاف أحجامها الذي يؤثر بدوره على تغير سلوكيات الوادي وتأثر المجرى المائي بذلك الاختلاف .

جدول (٨) قيم التدفق وأحجام مناطق التقاطعات . عمل الباحثة . البيانات من

(وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه ،٢٠٠٥)

اسم الشارع	الحجم م٣	كميات التدفق القصوى لفترات التكرار المختلفة – م ٣ / ث				
		٥ سنوات	١٠سنوات	٢٠ سنة	٥٠ سنة	١٠٠سنة
غلا	١٦٠	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
غلا	٢٦٤٦	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
الجامع الأكبر	٢٠٢٥٠	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
السلطان قابوس	١٦٠	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
الضيافة	٥,٣٩٠١	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
	–	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
١٨ نوفمبر	٢٤٣٠٠	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
١٨ نوفمبر	٢٤٣٠٠	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠
وادي الخوير	٢٨٨٠٠	٤٨٥ ٤٨٥ ٨٠	٧١٥ ٧١٥ ١١٩	٩٧٠ ٩٧٠ ١٦١	١٢٧٧ ١٢٧٧ ٢١٢	١٥٠٦ ١٥٠٦ ٢٥٠

التأثيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن تقاطع شبكة المجاري المائية بشبكة الطرق .

التأثيرات الانثروبوجيومورفولوجية :

لوحظ من الزيارات الميدانية أن المجرى المائي لوادي الأنصب قد حدثت به بعض التغيرات التي لا يمكن إرجاع أسبابها إلا إلى التدخلات البشرية فقد درج مهندسو الخدمات على استعمال قاع المجرى عندما يعترض المجرى مسار مد التوصيلات الكهربائية وأنابيب المياه و الصرف الصحي و غيرها، و في معظم الحالات يختار المهندسون مواضع تقع عادة بالقرب من الجسور التي تتقاطع مع الطريق دون الوضع اعتبار أن بناء أي جسر على الوادي يؤدي إلى حصر المياه و يزيد من سرعتها و هي تحاول تجاوز العبَّارات و الجسور ، الأمر الذي يؤدي حسب القوانين الهيدرولوجية إلى زيادة سرعتها و بالتالي مقدرتها على النحت الرأسي و النحت الجانبي قبل و بعد المعبر، تتضح نتائج هذا التدخل في الصورة شكل (٣٧/ أ) التي تمثل الوضع الحالي في منطقة التقاطع (الرابعة) التي تقع أسفل الجسر المؤدي إلى جامع السلطان قابوس في العذيبة (انظر الجدول رقم ٦).

أما الصورة (٣٧/ ب) فإنها توضِّح المنطقة التي تقع مباشرة بعد جسر تقاطع الطريق المؤدي إلى المستشفى السلطاني و التي تتركز حولها العديد من المنشآت العمرانية ، و تظهر الصورة عملية تقويض الأجزاء الضعيفة الواقعة

(ا)

(ب)

شكل (٣٧) آثار أنابيب البنية التحتية ، تصوير الباحثة بتاريخ : ٢٠١٠/١١/١١م.

أسفل الأنابيب على هيئة فتحات كما في الدائرة الصفراء اللون في الشكل (٣٧) و التي ترجع نشأتها بشكل واضح لفعل المياه التي عملت على نحر صحن الوادي خلال انسيابها داخل مسارب الجسر. وتشير الأسهم في الصورة إلى حركة انسياب المياه ومستوى النحت الرأسي الذي حدث بينما لم يكن النحت بهذا العمق في منطقة التقاطع التي تعرضها الصورة (٣٧/ ب) .

وكما أن الجسور يمكن أن تؤدي إلى رفع مقدرة المياه على الفعل الجيومورفولوجي في الأجزاء التي تقع قبل الجسر، فان تأثيرات هذا الفعل يمكن أيضا أن تشمل الأجزاء التي تقع بعد الجسر، ذلك لأن تأثير المياه التي حصرها الجسر يمكن أن يمتد إلى نقطة بعيدة بعد مغادرتها لموضعه.

ويوضّح الشكل (٣٨) توضح بعض المنشآت العمرانية المقامة على ضفة الوادي مباشرة بعد الجسر المؤدي إلى المستشفي السلطاني حيث تعرضت قواعد البناء لهذه المنشآت للتقويض و التصدع نتيجة لنحت المياه أسفل الجدار الفاصل. ومن الجدير بالذكر، أن مستوى التصدع في قاعدة الجدار يبلغ حوالي ١٥سم ، و سهلت قوة اندفاع المياه في منطقة الضعف هذه على زيادة عملية النحت ، و مع قوة فعل الرسوبيات التي تحملها المياه ، أدى ذلك إلى انخفاض مستوى الأرض التي بني عليها الجدار إلى حوالي ٥٠ سم ، و يشير الخط الأحمر المنقط في الصورة شكل (٣٨) إلى مستوى التجويف لقاعدة الجدار الأسمنتي بفعل المياه المندفعة حيث بقي الجدار معلقا في الهواء و هو الأمر الذي يمكن أن يعِّرض المنشأة لخطر الانهيار، مع العلم أن هذه المنشأة هي محطة للوقود ، وبالإمكان تخيل خطورة انهيار مثل هذه المنشآت .

شكل (٣٨) التقويض الأفقي لجدران المنشآت العمرانية على ضفاف مجرى وادي الأنصب
: تصوير الباحثة بتاريخ : ١١/١١/٢٠١٠م.

أما النباتات التي تظهر في الصورة (٣٩) على جانب وقاع المجرى تبين أنها نمت على إثر مياه الصرف الخارجة من الفتحة الظاهرة بالدائرة الحمراء ، وهذا النوع من التصريف باتجاه مجرى الوادي ظهر أكثر من مره في وادي الأنصب ، و هو ما يشير إلى أن مجاري الأودية تستخدم بعض الأحيان كنقاط تصريف للمياه العادمة المنزلية فيها كما يظهر في الصورة شكل (٣٩) ، و يترتب على نمو مثل هذه النباتات في مثل هذه المواضع تضييق مجرى الوادي مما يؤدي إلى تنشيط عملية النحت خاصة على الجانب المقابل لها من المجرى ، و في واقع الحال، يقع الجزء الذي توضحه الصورة شكل (٣٩) مقابلاً تقريباً لمنطقة نمو النباتات هذه مما يمكن اعتباره أحد الأسباب التي أدت إلى زيادة النحت في ذلك الجزء و تقويض المنشأة الموجودة عليه.

شكل (٣٩) تصريف المياه على مجرى وادي الأنصب. تصوير الباحثة بتاريخ: ٢٠١٠/١١/١١م.

ومن أهم المشاهدات التي تم تسجيلها من الزيارات الميدانية والتي تثبت عدم كفاية أحجام مناطق التقاطعات وعدم قدرتها على استيعاب معدلات تدفق الأودية العالية خاصة أثناء الحالات المناخية الاستثنائية مثل «جونو و فيت « وجود ميلان في أحد خراسانات الجسر على شارع المستشفى السلطاني كما في الصورة (٤٠) حيث توضح الأسهم في الصورة الحركة التي حدثت في أعلى ووسط الحائط الجانبي ، وبالطبع هذا يعرض الجسر بأكمله و الشارع أعلى منه لخطر الانهيار مع استمرار عدم الصيانة لمثل هذه المواقع الحساسة . وبالطبع لا يمكن أن نغفل أثر الإرسابات التي تندفع وبقوة متأثرة بسرعة تدفق الوادي واحتمالية زيادة الخطورة على حوائط الجسر من الجهتين .

شكل (٤٠)حركة الحائط الجانبي لجسر المستشفى السلطاني

كما و يتضح من الصورة (٤١) على الحائط من الجهة الأخرى للجسر ذاته في الصورة (٤٠) بأن مياه الوادي قد فاضت إلى خارج منطقة التقاطع حيث نجد أن الحائط قد تعرض للتقويض بشكل كبير بفعل اندفاع مياه الوادي و الرواسب التي يحملها فتكون تجويف كبير وخطير جداً أسفل الشارع مباشرة الأمر ذاته يجعل الجسر مهددا لخطر الانهيار ، ولخطر آخر وأكبر وهو جريان الوادي قبل القيام بأي عمليات إصلاح أو ترميم للأجزاء المتضررة .

شكل (٤١) التقويض على الحائط الجانبي لجسر المستشفى السلطاني: تصوير الباحثة .

وجميع هذه المشاهدات وغيرها الكثير ما هي إلا دليل على عدم الأخذ بالاعتبارات الجيومورفولوجية أثناء بناء المنشآت مما يكون له الأثر الكبير على سلوكيات المجرى المائي. مما كان ملفتا للأمر من الزيارات الميدانية هو ما يحدث داخل فتحات العبَّارات و الجسور في الفترات التي يختفي فيها أثر الجريان المائي والرطوبة ، حيث تتكون داخل هذه العبارات تيارات هوائية تتأثر بحجم العبَّارات ومواقعها مما يجعلها مستقرا لإرساب الرمال المحملة مع الرياح ، فتظهر كثبان رملية داخل كل عبَّارة وجسر تختلف أحجامها تبعا لموقع العبارة ، و يمكن المقارنة بين أحجامها من الصورة شكل (٤٢ أ / ب) وبالطبع هذه الحركة الريحية بإرساباتها الرملية تشكل عائقا أمام اندفاع مياه الوادي لاحقا ، و تمنع بالتالي سهولة الحركة على العبَّارات .

ويلفت النظر أيضا إلى أن العبَّارات تلعب دوراً آخر مع المياه المندفعة إلى الجانب الآخر وهو تصنيف الرواسب تبعا لأحجامها ، حيث اختلفت أحجام الرواسب المتبقية داخل العَّبارة ، وهذا إنْ دل على شيء فإنه يدل على أن الجريان المائي لم يكن بنفس مستوى القوة ، حيث تم ملاحظة الفرق بين أحجام الرواسب ، وتبين أنها تختلف بشكل كبير حيث تراوحت بين الصخور الكبيرة الحجم في المعابر الأولى إلى ذرات الرمال الناعمة في آخر المعابر .

وتوضح الصورة شكل (٤٣) المعابر الثلاثة الأولى ، حيث يتضح أن المعبر الأول يخلو تقريبا من أي إرسابات ، إشارةً إلى على قوة الجريان ، بينما في المعبر الثاني والثالث هناك إرسابات خشنة لها قوة تدميريه ، وهنا لابد من الإشارة إلى أن أحجام المعابر ومواقعها لابد أن تبنى وفق معايير جيومورفولوجية أيضا ولا يقتصر فقط على المعايير الهندسية المعتمدة حاليا فقط .

شكل ٤٢ / أ الارسابات الريحية داخل العبَّارات الصندوقية . تصوير الباحثة .

شكل (٤٣) : اختلاف أحجام الرواسب على العبَّارات . تصوير الباحثة .

إن الإهمال في تنظيف الإرسابات المتراكمة من الوادي السابق أو الإرسابات الريحيه و من بقايا النباتات التي تنمو بين جوانب جدران العبارات الصندوقية كالتي تظهر في الصورة شكل (٤٤) تشكل خطرا حيويا على جسم العبارة ، لذا فإن الصيانة والمتابعة والمستمرة لمناطق العبارات خاصة بعد جريان الأودية مهمة جدا لتنظيف المجرى ، وتجنب انسداد لمجرى العبارة ممكن أن يؤثر على جريان الوادي .

شكل (٤٤) نمو النباتات بين جدران العبارة : تصوير الباحثة .

وبإمكان الطبيعة أن تقوم بدورها بإضعاف العبَارة الصندوقية من خلال التجوية الميكانيكية إذا ما استمر نمو النباتات على جدارن وأسقف العبارات دون أي تنظيف لها . وبما أن التجمعات الرسوبية تعتبر سجلا تاريخيا للتطور الهيدرولوجي (سلامة ، ٢٠١٠) فقد اتضح من خلال حفر قطاع طولي في وسط مجرى وادي الأنصب خلف منطقة التقاطع الأولى والواقعة على جسر المستشفى السلطاني شكل (٤٥) ، صحة تلك الفرضية ودليلا على أن الوادي لم يكن بالقوة الحالية من خلال الاستدلال على أحجام الصخور المختلفة بين تلك الموجودة على السطح وصخور طبقات القطاع العرضي .

نتائج الدراسة

بصورة عامة، فإنه من نافلة القول أن الأخذ بهذه المنطلقات الجيومورفولوجية يمكن أن يكون عاملاً مكملاً و مهما في تجويد التدخلات الهندسية. و كما تشير حالة العديد من الطرق في مسقط فإن هذا الأمر لم يلق العناية الكافية و لذلك أصبح نزول الأمطار، على قلتها، يشكل هاجساً يؤثر على النشاط البشري.

و لمسألة الطرق في المناطق الحضرية جانب تطبيقي مهم إذا تم التعامل معه كظاهرة جيومورفولوجية مائية (Fluvial Geomorphic Phenomenon) ؛ ففي العديد من الدول المتقدمة يعمل القائمون على إدارة المياه في مدنها الكبرى للاستفادة من المياه التي تجري على الطرق رغم عدم وجود الحاجة الماسة و ذلك انطلاقاً من أن الماء هو عصب الحياة و يتم ذلك من خلال ترتيبات هندسية عديدة تقود في النهاية إلى تجميع هذه المياه في محطات خاصة لتنقيتها و إعادة استعمالها. فإذا كانت الدول التي ليست في حاجة إلى الماء تقوم بمثل هذا العمل، فالأحرى بمدن المناطق الجافة في العالم النامي التي تعاني فعلاً من اختناقات كبيرة في توفير الماء العذب لسكانها أن تسعى بقدر الإمكان في حصاد مياه الأمطار التي تسقط عليها، و لا نستطيع أن ننكر أن القائمين على الأمر في مسقط يدركون هذه الحقيقة خاصة عندما نرى الجهود الهندسية الحثيثة الرامية لتجميع مياه الصرف الصحي عبر شبكة واسعة من الأنابيب التي الآن تحت الإنشاء ، إلا أن مما يعيب هذه الشبكة تحت الإنشاء أنها لم تسع لربط المياه التي تجري على الطرق بها و هو عين الأمر الذي يمكن أن يشكل إضافة كبيرة لجهود معالجة المياه العادمة في المدينة لتخفيف الضغط المتزايد على المصادر الأخرى.

و خلاصة القول، أن المجتمع الجيومورفولوجي المعاصر قد أصبح على قناعة تامة بأن أي تدخل بشري في الظاهرة الطبيعية يمكن أن يحولها بصورة أو أخرى إلى ظاهرة بشرية. لذلك فإن أي محاولة لصياغة نظرية عامة لتطور التضاريس لا تضع اعتباراً للعامل البشري تعتبر محاولة ناقصة ؛ فالتدخلات البشرية ذات التأثير الجيومورفولوجي، مهما كان نوعها أو مداها الزماني، فإنها لا بد أن تؤثر بصورة أو أخرى على العمليات الجيومورفولوجية الطبيعية، و هذا هو عين ما ترمي إليه الانثروبوجيومورفولوجيا .

خرجت هذه الدراسة من النتائج التي توصلت لها إلى عدد من الاقتراحات لتخفيف المشكلة الناتجة عن التأثيرات البشرية على المجاري المائية وتحديدا على مناطق التقاطعات مع الطرق في ولاية بوشر وعلى وادي الأنصب تحديدا ، والتوصيات المقترحة لمعالجة مشكلة الدراسة ، ما يلي :

توصيات الدراسة:

١. إجراء دراسات هيدروجيومورفولوجية متعمقة قبل القيام بأي إنشاءات على امتداد مجاري الأودية والاعتماد على الجيومورفولوجيا الهندسية (Engineerin Geomorphology) قبل الشروع في تنفيذ أي مشروع ، لتجنب الكثير من المشاكل الناتجة عن التغيرات الجيومورفولوجية.

٢. الرجوع إلى مختصين جيومورفولوجيين ، لاعتماد المتغيرات الطبيعية على سطح الأرض أثناء تنفيذ المشاريع على مجاري الأودية أو قبل توزيع أي قطع أراضي على المجاري المائية للأودية .

٣. ضرورة إنشاء خريطة جيومورفولوجية للسلطنة تسهل عمليات المسح الجيومورفولوجي لأي منطقة وتساعد على إطالة عمر تحقيق الاستفادة الكاملة من أي من العمليات و المشاريع التنموية .

٤. تنظيم مجاري الأنهار ، لضمان حصر وتحديد قوة التدفق تجنبا لأي مفاجآت ببناء قنوات إسمنتية ،وتتبع المجاري المائية الصغيرة داخل الأحياء السكنية وتحويلها إلى مسارات الأودية الرئيسية ضمن دراسات عن طبيعة مجاري الأودية في المنطقة ، و ضرورة شق وتعميق الأودية مع عمل خرسانات حماية على ضفافها .

٥. عدم السماح بالتوسع العمراني في المناطق الواقعة خلف السدود ودراسة أي مخططات مقترحة للامتداد العمراني على مجاري الأودية و إيجاد حلول ناجعة لها لتلك القائمة فعلا.

٦. ضرورة تعديل أحجام ومواقع الجسور و العبَّارات الصندوقية للطرق التي تتقاطع مع مجاري الأودية لضمان استيعاب المياه المتدفقة من الأودية.

٧. بناء شبكة لتصريف مياه الأمطار على الطرق مع ضرورة الأخذ بالاعتبار الكميات القصوى للهطول المطري وهذا ما تؤكد عليه الدراسة حيث بالإمكان لاحقا الاستفادة من هذه المياه بعد معالجتها ، وتعويض النقص في المياه الذي تعاني منه المنطقة .

أولا: المراجع العربية.

١. وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (٢٠٠٥) حماية مدينة مسقط من أخطار الفيضانات، (بحث غير منشور) ، سلطنة عمان .

٢. الإدارة العامة للمرور(٢٠٠٨) الإحصاءات العامة، شرطة عمان السلطانية ، سلطنة عمان .

٣. وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (٢٠٠٥) موارد المياه في سلطنة عمان ، مطبعة مزون، مسقط .

٤. الباز، فاروق (٢٠٠٢) أودية عمان ، أطلس الصور الفضائية ، مركز أبحاث الفضاء ، جامعة بوسطن .

٥. بانيري ، فيليب وكاستكس ، جان و دوبول ، شارل (٢٠٠٤) ، الشكلية المدينية ، ترجمة حيان صيداوي ، دار قابس ، بيروت ، لبنان .

٦. بلدية مسقط (٢٠٠٩) حكاية مدينة مسقط ، الدار العربية للنشر ، سلطنة عمان .

٧. بلدية مسقط (٢٠١٠) جداول أطوال الطرق في محافظة مسقط ، دائرة البحوث والدراسات الفنية .

٨. بلدية مسقط (٢٠١٠) خريطة أطوال الطرق في محافظة مسقط ، قسم نظم المعلومات الجغرافية.

٩. رذاذ للأرصاد الجوية (٢٠١٠) تاريخ زيارة الموقع : ٢٥/أكتوبر/٢٠١٠م .

١٠. http://rthmc.net/vb/forumdisplay.php?f=108&order=desc&page=17

١١. سلامة ، حسن رمضان (٢٠٠٤) أصول الجيومورفولوجيا ، دار المسيرة للنشر و التوزيع و الطباعة ، عمان ، الأردن .

١٢. سلامة ، حسن رمضان (٢٠١٠) جغرافية الأقاليم الجافة ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ، عمان ،الأردن .

١٣. شركة تنمية نفط عمان (٢٠٠٦) تراث عمان الجيولوجي ، الطبعة الثانية ، محرر الطبعة الثانية كين جيلني .

١٤. الشكيلي ، صلاح (٢٠١٠) مدير دائرة التصميم المديرية العامة للطرق و النقل البري بوزارة النقل والمواصلات: ٢٠١٠/١/٢٦م . (مقابلة شخصية) .

١٥. شولتس، فريد (١٩٨٠) سلطنة عمان مقدمة جغرافية ، مطابع ارنست كلينت ، ألمانيا.

١٦. عبدالسلام ، أحمد (٢٠٠٠) بعض الأخطار الطبيعية على الطرق البرية في شمال سلطنة عمان ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت ، العدد ٢٤٧، الكويت.

١٧. العزري ، فتحية (٢٠١٠) مهندسة مدنية بدائرة البحوث والدراسات الفنية ، بلدية مسقط: ٢٠١٠/٢/١م . (مقابلة شخصية).

١٨. الغامدي، سعد أبو راس (٢٠٠٦) توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاع الرقمية ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ٣١٧ ، الكويت .

١٩. فاين، بيتر (٢٠٠٨) تراث عمان ، دار أيميل للنشر المحدودة ، لندن .

٢٠. القاسم، مصطفى بن أحمد (٢٠٠٩) صحيفة الوطن ، العدد ٩٦١٩ ، صحيفة يومية تصدر عن مطبعة الوطن العمانية ، سلطنة عمان .

٢١. الكلباني ، خالد (٢٠١٠) مراقبة مخاطر الفيضانات وتقييمها وإدارة إجراءات الحد منها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ،رسالة ماجستير ، قسم الجغرافيا ،كلية الآداب والعلوم الاجتماعية ، جامعة السلطان قابوس .

٢٢. اللجنة العليا لتخطيط المدن (٢٠٠٩) دليل التخطيط العمراني ، سلطنة عمان .

٢٣. اللواتيا ، طفول (٢٠١٠) مدير دائرة البحوث والدراسات الفنية ، بلدية مسقط : ٢/٣/ ٢٠١٠م . (مقابلة شخصية) .

٢٤. مانجان ، ديفيد و بانيري، فيليب (٢٠٠٤) ، التخطيط المديني ، ترجمة حيان صيداوي ، دار قابس ، بيروت ، لبنان .

٢٥. محسوب ، محمد صبري (١٩٩٦) الجغرافيا الطبيعية ، دار الفكر العربي ، مصر .

٢٦. محسوب ، محمد صبري (٢٠٠٧) الأراضي الجافة ، مكتبة الرشيد ، ط١ ، الرياض.

٢٧. المديرية العامة للأرصاد الجوية (٢٠٠٧) ، معدلات التساقط من ١٩٧٥الى ٢٠٠٧م ، سلطنة عمان .

٢٨. المعمري ، سعيد (٢٠١٠) سلطنة عمان تاريخ وحضارة ، مكتبة النفائس ، سلطنة عمان ، مسقط .

٢٩. المعمري، سيف (٢٠١٠) مهندس هيدرولوجي بدائرة تقييم المياه السطحية و الجوفية بوزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه . (مقابلة شخصية) .

٣٠. والطون ، كنيث (١٩٧٨) الأراضي الجافة ، ترجمة عبدالوهاب شاهين ، دار النهضة العربية ، بيروت ، لبنان .

٣١. الوردي ، محمد (٢٠٠٦) جيولوجية محافظة مسقط ، جامعة السلطان قابوس ، كلية العلوم ، مسقط .

٣٢. وزارة النقل والمواصلات (٢٠٠٩) دليل تصميم الطرق ، سلطنة عمان .

٣٣. وزارة الإعلام (١٩٩٥) عمان في التاريخ ، سلطنة عمان و دار إميل للنشر المحدودة ، لندن .

٣٤. وزارة الاقتصاد الوطني (٢٠٠٣) تقرير التنمية البشرية عمان ، سلطنة عمان ، مسقط .

٣٥. وزارة البلديات الإقليمية ومواد المياه (٢٠٠٧) ، دائرة مراقبة المياه السطحية ، بيانات رصد الأمطار ، سلطنة عمان .

٣٦. وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (١٩٩٨) السدود في سلطنة عمان ، مطبعة الألوان الحديثة، مسقط .

٣٧. وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (٢٠٠٨) تقرير الموارد المائية ، مطبعة مزون ، مسقط.

٣٨. وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (٢٠١٠) ، دائرة مراقبة المياه السطحية ، بيانات رصد مياه الأمطار ، سلطنة عمان .

٣٩. وزارة التربية والتعليم (٢٠٠٤) الأطلس المدرسي لسلطنة عمان والعالم ، دار النهضة للنشر و التوزيع ، مسقط .

ثانيا : المراجع الأجنبية .

1. Blanton, P. & W. Andrew Marcus (2009): Railroads, roads and latera disconnection in the river landscapes of the continental United States. Geomorphology, Vol. 112.
2. Brown, E.H., (1970): Man Shapes the Earth. Geographical Journal, 136.
3. Brown, E.H. (1970): Man Shapes the Earth. Geographical Journal 136.
4. Edwards,B.Julia(1996)Weather-Related Road Accidents In England And Wales:A Spatial Analysis . Journal Of Transport Geography ,Vol 4,No 3 pp.201212-.
5. Chin, A. & Gregory, K.J. (2001) : Urbanization and Adjustment of Ephemeral Stream Channels. Annals of the Association of American Geographers 91, 4.
6. Chin ,A., & Gregory K.J.(2005).Managing urban river channel adjustments,Geomorpholo gy,69,28_45.
7. Crutzen, P. J .(2002): Geology of Mankind .Nature 415,23 .
8. French,R.H. (1987): Hydraulic Processes on Alluvial Fans. Developments in Water Science, 31.
9. Goudie,A (1999):The Human Impact on the Natural Environment,5th Edition. Blackwell ,Oxford.
10. James,L.A.,Marcus,W.A.(Eds.)(2006):The Human Role In Changing Fluvial Systems. Proc. 37thInternat.Binghamton GeomorphologySymp. Geomorphology, 79.
11. Goudie,A.S.(1993):Human Influence in Geomorphology. Geomorphology 7.
12. Goudie A.& Viles H. (2003): The Earth Transformed- An Introduction to Human Impacts on the Environment. Blackwell, Oxford.
13. Graf, W.L. (1988): Fluvial Processes in Dryland Rivers. Springer, Berlin.
14. Gregory, K.J.,(2006): The Human Role in Changing River Channels. Geomorphology, 79.
15. Meyers, T.J., Swanson S., (1996): Temporal and Geomorphic Variations of Stream Stability and Morphology- Mahogany Creek, Nevada. Water Resources Bulletin 32.

16. Hooke, R (2000): On the History of Humans as Geomorphic Agents. Geology, 289/.

17. Hooke, J.M. (1997): Styles of Channel Changes. In: Thorne, C.R., Hey, R.D., Newson, M.D. (Eds.), Applied Geomorphology.

18. James, L. A. and W. A. Marcus,(eds) (2006): The Human Role in Changing Fluvial Systems. Geomorphology, 79

19. Leopold, L.B (1956): Land Use and Sediment Yield. In: W.L. Thomas Jr.(Editor): Man's Role in Changing the Face of the Earth, University of Chicago Press, Chicago.

20. Leopold, L.B. (1968) Hydrology for Urban Land Planning - A Guidebook of the Hydrologic Effects of Urban Land Use: U.S. Geological Survey Circular 554,

21. li, jing & wong ,W.S (2009) , Effects of DEM sources on hydrologic applications , Department of Geography and GeoInformation Science, George Mason University.

22. Marsh, G.P. (1864): Man and Nature. Or Physical Geography as Modified by Human Action. Scriber & Company, New York

23. May, C.W., R.R. Horner, J.R. Karr, B.W. Mar, and E.B. Welch (1997): Effects of Urbanization on Small Streams in the Puget Sound Lowland Ecoregion. Watershed Protection Techniques 2(4).

24. McBride, M. & D.B. Booth (2005): Urban Impacts on Physical Stream Conditions- Effects of Spatial Scale, Connectivity, and Longitudinal Trends. Journal of the American Water Resources Association, 6.

25. Mokhtar,B.(2010):Urban Sbrol And City Vulnerabitity:were dose Muscat Stand .Indian Ocean Trobical Cyclones AndClimate Change .Springer.

26. Ministry Of Nathional Economy(2010), http://www.omancensus.net/new/images/stories/docs/2010_Preliminary_Results.pdf

27. Nir D.(1983): Man, A Geomorphological Agent – An Introduction to Anthropic Geomorphology. Reidel, Boston.

28. Saleh,A.S. &. Al-Hatrushiy, S. M (2009): Torrential Flood Hazards assessment, Management and Mitigation in Wadi Adai, Muscat Area, Sultanate of Oman- A GIS and Rs Approach. Journal of Zagazig University, Faculty of Arts, Geography Department,2.

29. Schick, A. P. (1988): Hydrologic Aspects of Floods in Hyperarid Environments. In: Baker, V.R. (Ed.), Flood Geomorphology, Wiley, New York.

30. Schick, A.P., Grodek, T., Wolman, M.G. (1999): Hydrologic Processes and Geomorphic Constraints on Urbanization of Alluvial Fan Slopes. Geomorphology,31.

31. Scholzm F. (1990): Muscat, Sultanat Oman-Geographische Skizze Einer Ehmaligen Arabischen Stadt. Das Arabische Buch, Berlin.

32. Schumm, S.A., (1973): Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems. In: Morisawa, M. (Edit.), Fluvial Geomorphology. Newyork.

33. Strahler, A.N.(1956):The Nature of Induced Erosion and Aggradation. In: W.L. Thomas Jr,(Editor): Man's Role in Changing the Face of the Earth, University of Chicago Press, Chicago.

34. Sparks, B.W., (1972): Geomorphology. Prentice Hall.

35. Thomas, W. L. jr. (1956): Man`s Role in Changing the Face of the Earth. University of Chicago Press.

36. Wilkinson, B. H., and B. J. McElroy (2007): The Impact of Humans on Continental Erosion and Sedimentation. Bulletin of the Geological Society of America, 119

37. Wolman, M.G., (1967): A Cycle of Sedimentation and Erosion in Urban River Channels. Geografiska Annaler, 49A.

الأخطار الطبيعية والمسؤولية التربوية: رؤية توعوية

إعداد:

د. محمد بن سيف البوسعيدي
خبير التربوي

مقدمة:

الاخطار أو الكوارث الطبيعية هي أحداث سلبية كبيرة ناتجة عن العمليات الطبيعية للأرض، وتشمل الفيضانات وثورات البراكين والزلازل وموجات المد البحري (تسونامي)، والعمليات الجيولوجية الأخرى. ويمكن للكارثة الطبيعية أن تسبب خسائر في الأرواح أو أضرار في الممتلكات، وعادة ما يترك بعضها أضراراً اقتصادية. وتعتمد شدة الأضرار على مرونة السكان المتضررين، أو القدرة على التعافي. وتختلف حدة تأثير الكوارث الطبيعية من منطقة إلى أخرى، حيث أن هذه الاحداث السلبية لا ترقى إلى مستوى كارثة في حال حدوثه في منطقة سكنية غير حساسة، بعبارة أخرى مثلا لو تعرضت منطقتين من العالم لزلزال قوته ٧ درجات، فان المنطقة الضعيفة التجهيز والاستعداد لمواجهة أخطار الزلازل يمكن أن يؤدي فيها الزلزال إلى عواقب وخيمة و يترك ضررا دائما ، الأمر الذي يتطلب سنوات لإصلاح. بينما المنطقة الأخرى تكون أقل تأثرا بالزلزال نظرا لجاهزيتها الهندسية والسكانية.

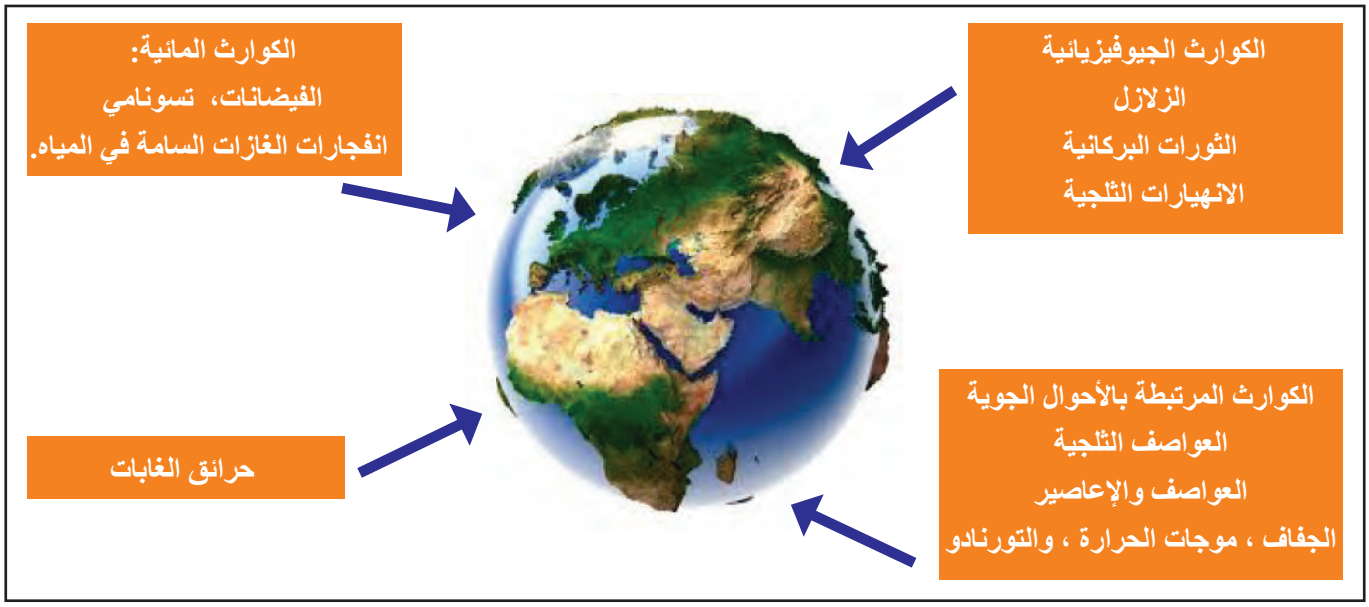
في عام ٢٠١٢ ، كان هناك ٩٠٥ كاارثة طبيعية في جميع أنحاء العالم ، ٩٣ ٪ منها كانت مرتبطة بالطقس. بلغت التكاليف الإجمالية ١٧٠ مليار دولار أمريكي، والخسائر المؤمن عليها ٧٠ مليار دولار. وكان ٢٠١٢ من الأعوام المعتدلة في حجم الكوارث الطبيعية. وكان نصيب الاعاصير ٤٥٪ ، بينما ٣٦ ٪ للفيضانات، و ١٢ ٪ كانت مرتبطة بموجات الحرارة و موجات البرد والجفاف و حرائق الغابات، و كانت ٧ ٪ للأحداث الجيوفيزيائية (الزلازل والثورات البركانية). وشكلت الأحداث الجيوفيزيائية نسبة ١٤ ٪ من جميع الكوارث الطبيعية بين عامي ١٩٨٠ و ٢٠١١.

إن طبيعة الكوارث الطبيعية وتواترها وشدتها ومدتها والتعود عليها هي أمور تؤثر على نمط وحجم آثارهذه الكوارث على المجتمعات المختلفة والنظم الإيكولوجية الهشة. وآثار الكوارث والأزمات تشكلها بقوة أيضا عوامل من قبيل الجنس والعمر والمستوى التعليمي والمعرفي والوضع الاجتماعي – الاقتصادي والثقافي والقدرة المؤسسية وعوامل أخرى تحكم المخاطر وفرص الحصول على الموارد.

ان الكثير من أثار الكوارث الطبيعية يمكن التخفيف منها وبعضها يمكن تلافيه، ولكن بشرط ان تتوفر المقومات التي تساعد على ذلك. وتأتي المعرفة بالكوارث الطبيعة والتوعية باخطارها وكيفية الحد منها في مقدمة هذه المقومات. إضافة إلى الاستعداد الحكومي والشعبي لمواجهة أخطار هذه الكوارث. وما يهمنا في هذه الورقة هو استعراض بعض الأمثلة من جهود وزارة التربية والتعليم للتوعية بمخاطر الكوارث الطبيعية وكيفية تلافيها أو الحد منها. وتستعرض هذه الورقة مسؤولية النظام التعليمي بوجه عام والمناهج الدراسية بوجه خاص للتوعية بالأخطار الطبيعية والأثار الناتجة عنها وكيفية التعامل معها والحد من نتائجها السلبية على الفرد والمجتمع والوطن.

تصنيف الكوارث الطبيعية:

التصنيف الأبرز للكوارث الطبيعية ذلك الذي يرجعها إلى أسبابها أو أماكن حدوثها. فالكوارث الطبيعية يمكن ان تصنف ألى الكوارث الجيوفيزيائية، الكوارث المائية: الكوارث المرتبطة بالأحوال الجوية والكوارث الأخرى التي تسببها عوامل طبيعية أخرى كالحرائق والأوبئة. الشكل (١) يوضح هذا التصنيف.



شكل توضيحي (١) تصنيف الكوارث الطبيعية.

التوعية باخطار الكوارث الطبيعية: لماذا ؟ ومن أين تبدأ ؟

إن تشريب أو إدماج الوعي بالمخاطر، واستراتيجيات الحد منها في المناهج الدراسية هو أفضل الطرق لإيصال هذه الرسائل إلى أكبر نسبة من السكان على المدي الطويل. وما يتم تعلمه في مرحلة الطفولة يندمج مع المعارف الكلية للطلبة وتنتقل معهم إلى مستقبل حياتهم وسيفيدهم في عمليات صنع القرار في المستقبل. وعلاوة على ذلك، فإن تثقيف الأطفال حول المخاطر الطبيعية والحد من آثارها الكارثية يعد من الإجراءات المهمة جدا، خاصة مع سعي معظم الدول إلى نشر المعرفة الفعالة على المستوى الأسري (OECD)، ٢٠١٠.

في يونيو ٢٠٠٦ أطلق مدير عام اليونسكو(السابق)، كويشيرو ماتسورا، ومدير الأمانة المشتركة للوكالات التابعة للاستراتيجية الدولية للأمم المتحدة للحد من الكوارث، سالفانو بريشنيو، في باريس، الحملة العالمية للتعليم من أجل الحد من الكوارث. أطلقت هذه الحملة في إطار الندوة الدولية التي تحمل عنوان "التقدم المحرز والاقتراحات الجديدة في مجال التعليم من أجل التنمية المستدامة" التي نظمتها اللجنة الفرنسية لعقد الأمم المتحدة للتعليم من أجل التنمية

المستدامة في مقر اليونسكو من ١٤ إلى ١٦ يونيو ٢٠٠٦.
وتحمل الحملة مسمى «الحد من الكوارث تبدأ في المدرسة» ولها هدفان رئيسيان: تعزيز جهود الحد من الكوارث ضمن المناهج المدرسية؛ وتحسين أمن المدارس من خلال تشجيع تطبيق معايير البناء الكفيلة بمقاومة أي نوع من التهديدات الطبيعية.
وأعلن ماتسورا لدى إطلاق الحملة: "يشكل التعليم والتوعية العنصرين الأساسيين لإقامة ثقافة الوقاية هذه. لو كان الناس المقيمون في المناطق المهددة يدركون أنهم عرضة لتلك الأخطار ويعرفون كيفية الاستعداد لها والحد من آثارها، ستقع خسائر أقل في الأرواح وعدد الجرحى وحجم الأضرار المادية نتيجة للكوارث".
لا بد من الإشارة إلى أن أكثر من ٢٠٠ مليون شخص يتعرضون للكوارث الطبيعية سنوياً، علماً أن الأشخاص ما دون الـ١٨ من العمر هم الأكثر تأثراً بها، خصوصاً في حال تواجدهم في المباني المدرسية لدى حدوثها.
وأعلن سالفانو بريشنيو بهذا الصدد: "إن الاستثمار في أمن المدارس والحد من الكوارث يأتي بالنتائج الإيجابية على الأمد الطويل". ففي مارس ٢٠٠٦ دمرت ١٦٠ مدرسة في إيران لدى وقوع هزة أرضية، كما أن ٢٠٠ طفل قتلوا في الفيليبين عندما ابتلع سيل من الوحل مدرستهم.
ومن بين البلدان الـ ٨٢ التي وفرت بياناتها للاستراتيجية الدولية للحد من الكوارث قبل حلول يناير ٢٠٠٥، أعلن ٣٣ منها فقط إدراج مواضيع مرتبطة بالكوارث الطبيعية ضمن البرامج المدرسية للمرحلتين الابتدائية والثانوية، في حين أن تعليم المواضيع والمواد المتصلة بالكوارث الطبيعية إلزامي في كل من المكسيك، ورومانيا، ونيوزيلندا. وفي بلدان أخرى كالبرازيل وفنزويلا وكوبا واليابان، يتم هذا التعليم من خلال إلقاء الضوء على هذه النقطة في المرحلتين الابتدائية والثانوية، على المستويين البلدي والوطني. ويقول سالفانو بريشنيو: "لقد استخلصت بلدان كثيرة الدروس من جراء الكوارث الماضية واتخذت إجراءات لتحسين مستوى الأمن في مدارسها. إننا نشجع جميع الحكومات على إدراج موضوع الكوارث في برامجها المدرسية".

رؤية وزارة التربية والتعليم للتوعية بأخطار الكوارث الطبيعية

يتضح مما سبق ان مهمة النظام التعليمي في أي بلد تأتي أولاَ فيما يتعلق بالمواضيع البيئية خاصة تلك المتعلقة بتوعية الأفراد والمجتمعات بالاخطار البيئية. وهكذا أدركت سلطنة عمان هذه الأمر من فترة مبكرة من تاريخ نهضتها العامرة وكان مصدر هذا الإدراك حضرة صاحب الجلالاة السلطان قابوس بن سعيد المعظم (حفظه الله) الذي جعل من الاهتمام بالبيئة العمانية سمة مميزة لمسيرة التنمية العمانية. وفي ظل التطور الاقتصادي والاجتماعي الذي تشهده السلطنة ، اتسع نطاق الاهتمام بالبيئة ليشكل جانباً من جوانب التنمية المستدامة وذلك خلال العناية بمفردات البيئة العمانية من ناحية ، ومراعاة الالتزام بشروط السلامة البيئية في المشروعات التنموية عند انشاء تلك المشروعات من ناحية ثانية. وبالتالي تسير عمليات التطوير الاقتصادي في كل القطاعات دون التضحية بمفرادات البيئة أو زيادة معدلات التلوث وهو ما يوفر بيئة صحية للمواطن العماني تنعكس ايجابياً عليه وعلى كل الموارد الاقتصادية الأخرى. وبينما صدر قانون حماية البيئة العمانية ومكافحة التلوث بالمرسوم السلطاني رقم ٢٠٠١/١١٤، كما صدر قانون المحميات الطبيعية

وصون الاحياء الفطرية بالمرسوم السلطاني رقم ٢٠٠٣/٦ .

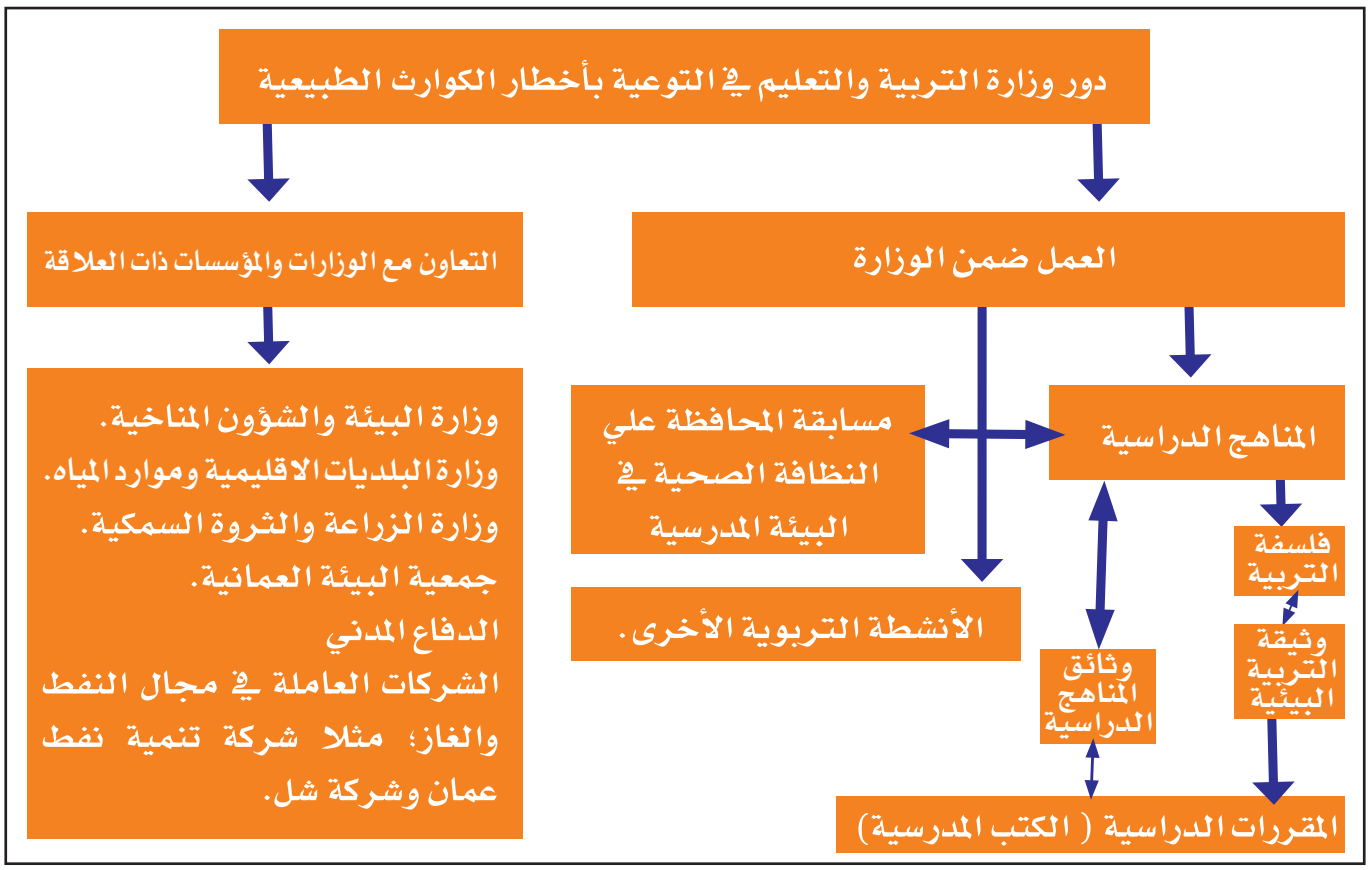
ولم يقتصر الاهتمام العماني بالبيئة على الجوانب المتصلة بالبيئة العمانية ، ولكنه امتد كذلك إلى التعاون مع مع مختلف الهيئات والمنظمات الخليجية والعربية والدولية المعنية بالحفاظ على البيئة وذلك إيمانا من السلطنة بان الاهتمام بالبيئة هو كل لا يتجزأ. هو كل لا يتجزأ. وفي هذا الإطار تمثل «جائزة السلطان قابوس لصون البيئة» (شكل ٢) أول جائزة عربية تمنحها منظمة اليونسكو في مجال العناية بالبيئة على المستوى الدولي. وقد بدأت هذه الجائزة التي تعبر عن الاهتمام العميق من جانب حضرة صاحب الجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم-حفظه الله ورعاه- بالحفاظ على البيئة في عام ١٩٨٩ وتمنحها منظمة اليونسكو كل عامين لأفضل الجهود المبذولة للعناية بالبيئة على المستوى العالمي. ويقوم مكتب التنسيق الدولي لبرنامج الإنسان والمحيط الحيوي-الماب-التابع لليونسكو بدور لجنة التحكيم وتحديد من يفوز بالجائزة من بين المنافسين على المستوى العالمي.

شكل (٢) قصاصة توضح مجالات جائزة السلطان قابوس لصون البيئة. المصدر: وزارة التربية والتعليم ٢٠١٢.

وهكذا يتضح جليا أن الاهتمام بالبيئة ومكوناتها ومشكلاتها واخطارها يأتي ضمن أولويات السياسة العمانية وهذا ما أكدته الكثير من القواعد والقوانين والسياسات البيئية في السلطنة، حتى ان السلطنة تعد من أفضل الدول العربية في مجال السياسة البيئية. وقد انعكس هذا الاهتمام على سياسة وزارة التربية والتعليم وبرامجها الرامية إلى إعداد جيل

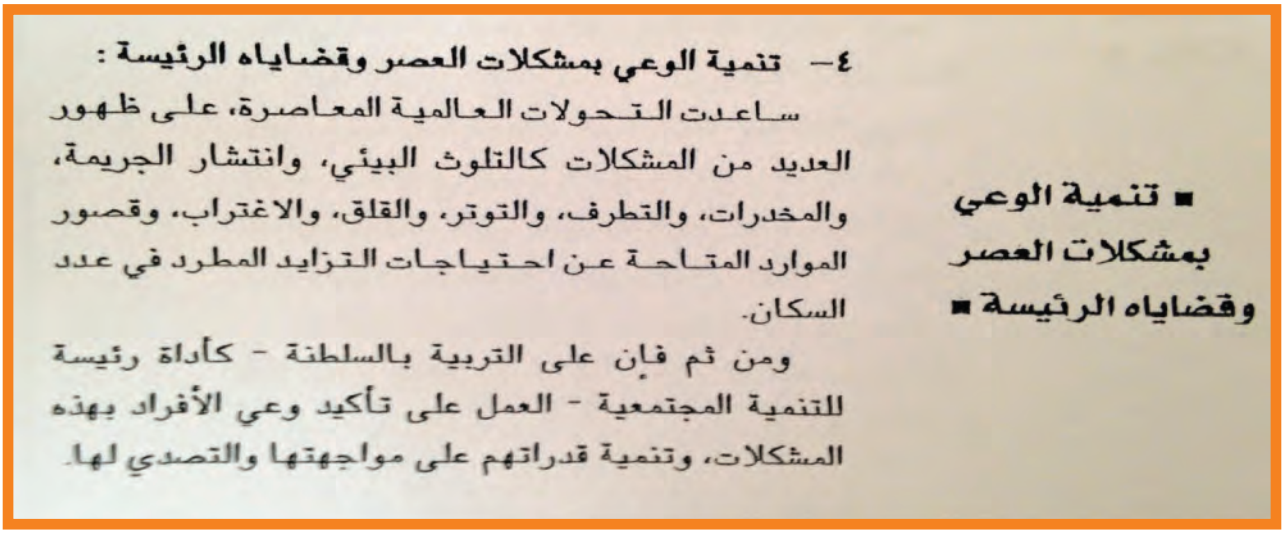
من المواطنين يعون مسؤولياتهم البيئية ضمن منظومة المسؤوليات التي ينبغي عليهم اليقيام بها. ولهذا سعت وزارة التربية والتعليم الى توفير مقومات النجاح الفاعل للعملية التعليمية التعلمية وذلك وفق رؤية تتماشى مع الاتجاهات العلمية الحديثة خاصة ذات الصبغة البيئية بأبعادها التربوية في عصر يتسم بطفرات سكانية ومعلوماتية متسارعة. ويتطلب هذا الامر مواكبة مستمرة من خلال التجديد والتطوير المستمرين في مدخلات التعليم ومخرجاته باعتباره الوسيلة الرئيسة والغاية الاساسية لمواكبة المستجدات بما يتوافق مع التطورات الاقليمية والعالمية في مجال حماية البيئة والمحافظة عليها.

وقد حرصت وزارة التربية والتعليم ممثلة في المديرية العامة لتطوير المناهج على تطوير برامج التربية البيئية نظرا لكونها جزء لا يتجزأ من التعليم. وتتكامل جميع المواد والتخصصات الدراسية لغرس مفاهيم البيئة والتوعية بمشكلاتها وأخطارها المختلفة. وفي هذا الصدد يستعرض الشكل (٣) الدور المناط بوزارة التربية والتعليم فيما يتعلق بغرس الوعي لدى الطلبة بالقاضايا والمفاهيم البيئية.



شكل توضيحي (٣) دور وزارة التربية والتعليم في التوعية بأخطار الكوارث الطبيعية

ويبدا الاهتمام بالبيئة والحفاظ عليها بالتأكيد على ذلك في وثيقة فلسفة التربية التي تشير في أكثر من موضع من مبادئ الفلسفة وأهداف التربية إلى ضرورة تربية اللأبناء على الاهتمام بالبئة والحفاظ على مواردها وحل مشكلاتها والحد من الاخطار التي تحل بها. وتبين القصاصة في الشكل (٤) أن احد اهم مبادئ فلسفة التربية في سلطنة عمان هو تنمية الوعي بمشكلات العصر وقضاياه الريسة والتي في مقدمتها القضايا البيئية طبعا.



الشكل (٤) قصاصة من وثيقة «فلسفة وأهداف التربية» في سلطنة عمان. المصدر وزارة التربية والتعليم،٢٠٠٣.

وتعتبر فلسفة التربية في سلطنة عمان ان الاهتمام بالبيئة والسكان من أهم مبادئها التي تحرص على التركيز عليها. وذلك اعتبارا ان العلاقة بين البيئة والسكان هي علاقة ازلية ولا بد للانسان من ان يتعامل مع البيئة وكوناتها ومخاطرها بشي من العلقلانية والتوازن حتى يستطيع تحقيق المستوى اللائق من المعيشة والحياة الكريمة. لذلك لا بد للتربية والتعليم ان تغرس لدى الطلبة تلك المعارف والفهم العميق والوعي المناسب والقيم والاتجاهات الرامية الى صيانة البيئة والحفاظ عليها والتغلب على مشكلاتها والحد من مخاطرها.

كما نجد أن تحقيق " التنمية الشاملة للمجتمع العماني " يعد غاية كبرى من غايات التربية في سلطنة عمان. وهذا لن يتأتى إلاّ بتوعية الطلبة (المواطنين) بضرورة اتباع العادات الرشيدة في التعامل مع معطيات البيئة خاصة إذا ما نظرنا إلى محدودية الموارد البيئية في السلطنة (وزارة التربة والتعليم،٢٠٠٣).

وتأتي وثيقة التربية البيئية كدليل متكامل لكل المواد الدراسية يستعان بها لتناول الموضوعات البيئية في مختلف المواد الدراسية. وتبرز الوثيقة الكثير من المفاهيم البيئية على شكل مصفوفة مدى وتتابع ، بالإضافة الى ما صاغته من تعريف للتربية البيئية واهدافها العامة.

يبرز الشكل (٥) التعريف الذي حددته وثيقة التربية البيئة في سلطنة عمان.

الشكل (٥) التعريف الذي حددته وثيقة التربية البيئة في سلطنة عمان. المصدر: وزارة التربية والتعليم،٢٠١٢ ص ٢١.

ويبرز الشكل (٦) أهم الأحطار الطبيعية التي نصت عليها وثيقة التربية البيئية في سلطنة عمان واعتبرتها أها أسباب طبيعية لاختلال التنوع الحيوي.

رابعاً: اختلال التنوّع Diversity Imbalance

٤٠١ اختلال التنوّع الحيوي Biodiversity imbalance

١. مفهوم اختلال التنوّع الحيوي Biodiversity imbalance concept
٢. أسبابه:
أ. عوامل طبيعية:
- الزلازل، البراكين، التعرية، التجوية
- الفيضانات
- الأعاصير، الحرائق، الجفاف

ب. عوامل بشرية
١. الاستثمار الزراعي
- الاستغلال المفرط: قطع الأشجار (انجراف التربة، التصحّر)، الرعي الجائر، الصيد، الثروات المائية
- الزراعة الأحادية، طغيان الأعشاب الضارة، استنزاف التربة، التملّح
- تلوث المياه (المبيدات)
- الأنواع الدخيلة

٢. الاستثمار الصناعي (تحويل الطاقة)
أ. التلوث: مفهومه وأنواعه
- تلوّث التربة Soil pollution
- تلوّث المياه Water pollution
- تلوّث الهواء Air pollution
- التلوّث الضوضائي Noise pollution
- التلوّث الإلكتروني Electronic pollution
- التلوّث الإشعاعي Radiation pollution

ب. الاحتباس الحراري، استنزاف الأوزون Global warming & ozone omission
ج. هدم الأشكال الطبيعية (الكسارات، سحب الرمال، انقراض الأنواع)
د. الكوارث وأسلحة الدمار الشامل Disasters of destructive weapons
- النووية (مفهوم، استخدام، مخاطر) Nuclear weapons
- الكيمائية (مفهوم، استخدام، مخاطر) Chemicals weapons
- البيولوجية/الجرثومية (مفهوم، استخدام، مخاطر) Biological weapons

الشكل (٦) قصاصة من وثيقة التربية البيئية تشير إلى بعض الأخطار الطبيعية. المصدر: وزارة التربية والتعليم،٢٠١٢ ص ٦٥.

وعند مقارنة محتويات الكتب الدراسية (مثلا الدراسات الاجتماعية) يبدو من الواضح أن هناك بعض القصور في استكمال تناول مختلف المفاهيم والقضايا المتعلقة بالأخطار والكوارث الطبيعية. والأمل معقود أن يتم تدراك هذا القصور اثناء عمليات التجديد والتطوير التي بدأتها وزارة التربية والتعليم بمشروع إعداد المعايير لمختلف المواد الدراسية. بالانتقال إلى ما تضمنته الكتب الدراسية عن الكوارث الطبيعية واعتمادا على التحليل الذي قام به معدو وثيقة التربية البيئية نجد ان مواد الدراسات الاجتماعية والعلوم هي المواد الرئيسة المنوط بها تناول مثل هذه الموضوعات والقضايا، بينما المواد الأخرى فهي تتناول فقط من هذه المواضيع ما يخدم أهدافها وهي بالطبع معالجات لا تغطي كل تلك القضايا. وعودة إلى مواد الدراسات الاجتماعية والعلوم فهي أيضا لم تشبع قضايا الكوارث الطبيعية بتناول مفصل لكل تلك القضايا وبالتالي يمكن القول انه لا بد من تلافي هذا النقص في المعالجة أو التناول. وللحديث عن كيفية تناول قضايا الكوارث الطبية في الكتب المدرسية نأخذ كتاب الدراسات الاجتماعية للصف العاشر كمثال. حيث تم تخصيص وحدة كاملة في هذا الكتبا لدراسة بعض المشكلات والأخطار البيئية وهي معروضة في الشكل (٧)

الشكل (٧) قصاصة توضح بعض موضوعات الكوارث الطبيعية في كتاب الدراسات الاجتماعية للصف العاشر.
المصدر: وزارة التربية والتعليم،٢٠١٢ ص ١٢٣.

ويتم دراسة أو عرض موضوعات الكوارث الطبيعية في الكتاب المشار إليه بطرق نصية وصور ورسومات توضيحية وأنشطة

عملية في بعض الأحيان. حيث يبدا الدرس بالتعريف بالكارثة الطبيعية الذي يتم دراسته، ثم عرض الأسباب وأهم التأثيرات أو النتائج السلبية لهذه الكارثة وسبل التنبؤ والوقاية من أخطار تلك الكارثة. ويوضح الشكل (٨) جانبا من درس الزلازل في كتاب الدراسات الاجتماعية للصف العاشر.

الشكل (٨) جانب من درس الزلازل في كتاب الدراسات الاجتماعية للصف العاشر. المصدر: وزارة التربية والتعليم، ٢٠١٢ ص ١٤٩.

هذا ويتم تدعيم التناول النظري لكثير من موضوعات الكوارث الطبيعية بوسائل تعليمية فعالة باستخدام الافلام التعليمية والعروض العملية وكذلك المواقع على شبكة المعلومات العالمية. ولتعزيز فهم الجوانب النظرية فان الوزارة الآن بصدد إعداد الأطلس الرقمي لسلطنة عمان والعالم الذي سيحتوي في بعض أجزائة عروضا تفاعلية بين الطلبة ومحتويات الأطلس الرقمي ليتمكن الطلبة من فهم الآلية التي تحدث بها الكوارث الطبيعية وبالتالي التصرف المناسب من قبل الأفراد للتقليل من مخاطر تلك الكوارث.

وتبذل وزارة التربية والتعليم جهودا مختلفة في سبيل التوعية بالقضايا البيئية والحد من تأثيرات الكوارث الطبيعية. وتبرز مسابقة المحافظة على النظافة والصحة في البيئة المدرسية كأداة مهمة من أدوات الوزارة لرفع الوعي البيئي خاصة فيما يتعلق بالوقاية من أخطار الحريق والوقاية من أخطار انتشار الأوبئة. ففي مجال الوقاية من أخطار الحريق فان المسابقة المشار إليها تضع ضمن بنود تقييها للمدراس مدى توافرخطط الإخلاء في حالات الحريق. وفي مجال الوقاية من الأوبئة فان المسابقة تقيم المدارس كذلك على مدى إلتزامها بالنظافة العامة للمبنى المدرسي ونظافة مياه الشرب.

وتتعاون الوزارة في كثير من المناسبات والأحداث البيئية مع كثير من وزارات الدولة والمؤسسات الخاصة وذلك لإعطاء جرعات إضافية وتكميلية من التوعية حول مخاطر الكوارث الطبيعية. وكثيرا من يتم التعاون مع الدفاع المدني في جميع المحافظات التعليمية خاصة في يتعلق بنظم الأمن والسلامة في المبنى المدرسي.

وتبقى قضية ادماج ذوي الإعاقات في برامج وأنشطة التوعية بمخاطر الكوارث الطبيعية من القضايا الجوهرية التي توليها وزارة التربية والتعليم عناية خاصة. فهناك دائرة خاصة تعنى بالبرامج التعليمية لذوي الإعاقات وتحمل هذه الدائره على عاتقها مسؤلية تعليم هذه الفئة من المجتمع وتسعى أن لا يتم التمييز بينها وبين الفئات الأخرى من الطلبة الأسوياء. هذا وتقوم المدارس التي ينتظم بها الطلبة ذوي الإعاقات بتنظيم برامج خاصة لرفع الوعي لدي هؤلاء الطلبة خاصة في يتعلق بمبادي الأمن والسلامة من أخطار الحريق وذلك بالتعاون مع جهات الإختصاص واستغلالا للمناسبات التي يتم فيها التركيز على بعض القضايا التعلقة بالكوارث الطبيعية.

الخلاصة والتوصيات:

لا شك أن الكوارث الطبيعية تشكل هاجسا ليس فقط على المستوى الوطني ولكن على المستوى الدولى، وذلك نظرا لما تخلفه من نتائج سلبية وخيمة على الموارد البشرية والموارد الطبيعية اللتين تشكلان عماد أي دولة وعماد كل اقتصاديات العالم.

ومما لا شك فيه أن المعرفة الجيدة بالكوارث الطبيعية مسبباتها وكيفية حدوثها والوعي الكافي بسبل الحماية والحد من آثارها السلبية سيجنب الأفراد والدول الكثير من الخسائر في الأرواح والاقتصاد. وعليه كان لزاما على الدول ان تعمل عبر نظامها التعليمي على غرس ثقافة التعامل مع الكوارث الطبيعية والوعي بسبل الحد من آثارها السلبية. وتعمل معظم الدول المتقدمة والنامية على حد سواء على تقديم جرعات مناسبة من المعارف والتوعية والتدريب على مواجهة أخطار الكوارث الطبيعية للطلبة حسب مستوياتهم التعليمية.

- ضرورة إدماج مخاطر الكوارث الطبيعية في المناهج الدراسية في نظامي التعليم الرسمي والخاص، وفي جميع المستويات التعليمية.
- العمل على تطوير أنشطة جماعات الانشطة المدرسية لتشمل تدريبات، ومشاريع، ومسابقات، ومهرجانات ، ومعارض وعروضمرئية تتعلق بمخاطر الكوارث الطبيعية.
- تطير برامج إعداد المعلمين في كليات التربية وأثناء الخدمة وذلك باستهداف برامج لرفع الوعي بالكوارث الطبيعية والحد من مخاطرها، حتى يتمكن المعلم من نقل هذه الخبره إلى طلابه بصورة منهجية فعالة.

إجراءات الحد من أخطار الكوارث للأشخاص ذوي الإعاقة

إعداد :

إعداد : د. عايد سبع السلطاني

خبير رعاية وتأهيل المعاقين - وزارة التنمية الاجتماعية

المقدمة

الاهتمام بالأشخاص المعاقين هو واجب وحق من حقوق الإنسان التي أكدت عليها اتفاقيات حقوق الإنسان .. حيث يعتبر مقياساً حقيقياً لتقدم الأمم وخاصة ضمان الحماية من الأخطار ومعرفة التعامل معها بالطريقة السليمة والآمنة ومحاولة تجسيدها من أجل السير قدماً بخدماتها وشق طريق الأمل ليتسنى لهذه الفئة الحياة الأفضل ، حرصت وزارة التنمية الاجتماعية على ايلاء الأشخاص ذوي الإعاقة جل الاهتمام والرعاية وذلك بتعزيز مفهوم الأمان المعاصر الذي يقوم على مرتكزات تعتمد على السلوك الشامل المشترك لغرض تحقيقه في هذا الوطن حيث لابد من الحفاظ على سلامة المواطن وسلامة ممتلكاته بالتنسيق والتعاون مع الجهات الأخرى المعنية . الكوارث المختلفة (طبيعية غير طبيعية) تحدث في العالم إما بأسباب خارجة عن نطاق الإنسان، أو يكون الإنسان سببًا في حدوثها ، وغالبًا تحدث هذه الكوارث دون سابق إنذار، وإذا كان من الصعب منع وقوع الكوارث الطبيعية والتنبؤ بوقوعها بدقة، إلا أنه بالإمكان العمل على الحد من الخسائر المادية والبشرية التي تنجم عنها ، إذا ما أخذنا بأساليب الوقاية والتخطيط والتوعية المسبقة للمواطنين عامة ومنهم الأشخاص ذوي الإعاقة ، بهدف الحد من آثارها ، وحس التصرف عند وقوعها ، وهذا بدون شك يعين المواطنين والجهات ذات العلاقة على الحد والتحكم في أخطارها بقدر الإمكان.

تعريف المصطلحات:

١-الإعاقة :

مفهوم ذو مضمون اجتماعي وهي نتيجة لعدم قدرة الفرد المصاب بعجز على تحقيق تفاعل مثمر مع البيئة الاجتماعية أو الفيزيائية أسوة بأفراد المجتمع المكافئ له في العمر والجنس ، إذ يؤدي وجود الحواجز والمعوقات الصحية أو الطبيعية إلى الحد من قدرة الفرد على الاستجابة لمتطلبات بيئته ، وتختلف حالات الإعاقة باختلاف أسبابها سواء كانت نفسية أو بدنية كالتخلف العقلي ، والإعاقة البصرية ، والإعاقة السمعية ، والإعاقة الجسمية.

٢-الأشخاص ذوي الإعاقة

الشخص الذي يعاني من نقص في بعض قدراته الحسية أو الجسدية أو الذهنية خِلْقيا، أو نتيجة عامل وراثي، أو مرض، أو حادث، مما يحد من قدرته على تأدية دوره الطبيعي في الحياة قياسا على من هم في عمره، بما يحتاج معه إلى الرعاية والتأهيل حتى يؤدى دوره في الحياة.(قانون رعاية وتأهيل المعاقين الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (٢٠٠٨/٦٣).

ويشمل مصطلح "الأشخاص ذوي الإعاقة" كل من يعانون من عاهات طويلة الأجل بدنية أو عقلية أو ذهنية أو حسية، قد تمنعهم لدى التعامل مع مختلف الحواجز من المشاركة بصورة كاملة وفعالة في المجتمع على قدم المساواة مع الآخرين (الاتفاقية الدولية لحقوق الأشخاص ذوي الإعاقة والتي تمت المصادقة عليها بالمرسوم السلطاني (٢٠٠٨/١٢١).

٣- الكوارث:

عبارة عن أحداث جسيمة ومفاجئة غالبًا ما تحدث بفعل الطبيعة، تهدد المصالح القومية للبلاد، وتخل بالتوازن الطبيعي للأمور، وتشارك في مواجهتها كافة أجهزة الدولة.

وعليه فإن تعريف الكارثة يشمل معايير سياسية، واقتصادية، واجتماعية فما يمكن اعتباره كارثة في بلد ربما لا يعتبر كارثة في بلد آخر.

٤- الإخلاء:

يقصد به إبعاد الأشخاص من المناطق المعرضة لأخطار الحروب والكوارث إلى مناطق آمنة، وبعيدة عن الأخطار، ورعاية هؤلاء الأشخاص رعاية كاملة تقوم به السلطات

المختصة وفق خطة مسبقة لذلك.

٥- الإيواء:

يقصد به إيواء المتضررين في أماكن تتوفر بها المستلزمات الضرورية لاستمرار الحياة لحين عودتهم إلى أماكنهم الأصلية بعد إعادة الأوضاع إلى حالتها الطبيعية

المبررات:

أثبتت الأبحاث على مختلف دول العالم أنه في أثناء الكوارث، يكون الأشخاص ذوي الإعاقة من بين أكثر الناس عرضة للخطر بحكم حالاتهم . وإذا أثرت إعاقاتهم على قدرتهم على الحركة أو الاتصال، فإنهم لا يكونون فقط عرضة للخطر المحدق بهم أو الإصابة أو العزل، ولكنهم قد يكافحون أيضاً من أجل الحصول على المساعدات الإنسانية والمعلومات حول خدمات الإغاثة المتاحة. لمعرفة احتياجاتهم.

إن إخلاء الاشخاص ذوي الإعاقة هو أهم ما يجب القيام به وقت الطوارئ وان كافة الجهود يجب أن تنصب لتحقيق ذلك في أسرع وقت وبأسلوب منظم .

التأهب والإغاثة من الكوارث يحتاج المعاقون إلى أن يكونوا قادرين على الحصول على المعلومات والخدمات مثل أي شخص آخر. لتوفير السلامة للجميع بمن فيهم الأشخاص ذوي الإعاقة ضمن خطط الإخلاء والأخرى المتعلقة بالكوارث. وتوفير دور ايواء آمنه تناسب احتياجات جميع السكان المشمولين .

ما يتوجب على الحكومة والمجتمع معرفة معلومات عن احتياجات المعاقين وقدراتهم لغرض دمجهم ضمن الخطط الخاصة بالكوارث. ويحتاج الاشخاص ذوي الإعاقة ايضا إلى أن يكونوا قادرين على الحصول على المعلومات والخدمات التي تعني بتوفير السلامة لهم ومشاركتهم في خطط الإخلاء والأخرى المتعلقة بالكوارث. وتوفير دور للإيواء التي تناسب احتياجاتهم حسب حالاتهم .

الأهداف :

- تتسم متطلبات أزمة الكوارث وخاصة بالنسبة للأشخاص ذوي الاعاقة بالحدة والمفاجأة وهي متعددة الاتجاهات معقدة المناحي، مواجهتها تتطلب اعتماد إستراتيجيتين النظرية وأخرى العملية. وفيما ينصرف الجانب النظري إلى تحديد الأطر العلمية لمجابهة المعضلة وهو علم قائم "إدارة الأزمات"، ويركز الجانب العملي على إدارة الموقف كحالة منفردة ترتبط بطبيعة الحال بالرؤى العلمية
- تتطلب إدارة أزمة الكوارث تهيئة طاقم معد لذات المهام الخاصة بالأشخاص ذوي الاعاقة وهيكلية تسهر على إنجاز الهدف من خلال فريق دائم يتمركز داخل الإدارة المسؤولة ... وظيفته تسيير وإدارة الأزمات والكوارث وحماية الأرواح والممتلكات .
- الكوارث بصفة عامة تحتاج إلى جهود كبيرة في مجال الإغاثة والإخلاء والإيواء ومعالجة الآثار الكبيرة التي تحدثها. ولعل ما يزيد من هول الكوارث أنها تقع دون سابق إنذار. مما يتطلب الاستعداد لها مبكرًا عن طريق تحديد مواقع الخطر بناء على معلومات موثقه ومستفيضة .
- توفير الحماية للأشخاص ذوي الإعاقة عند الكوارث والاهتمام اللازم لهذه الشرائح من خلال توفير الخطط اللازمة للإخلاء والإيواء بجاهزية مطلوبة .
- توعية إفراد المجتمع بكيفية المشاركة والعون والمساعدة للأشخاص ذوي الاعاقة للحد من خطر تعرضهم للكوارث. وإشراك الأشخاص ذوى الإعاقة في مبادرات مواجهة الكوارث وتخطيط السياسات.
- الالتزام بأولوية أن يكون العمل المجتمعي شاملا بحيث ينبغي على المؤسسات الأهلية والمجتمعية وضع برامج الاستجابة لحالات الطوارئ وبرامج إعادة التأهيل بعد الكوارث
- تحقيق الاستفادة من الدروس التي تم استقائها من التجربتين التي مرت بهما سلطنة عُمان عند حدوث العصارين (جونو وفيت) .

المرجعية :

١. النظام الأساسي للدولة الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (١٠١ / ٩٦) المادة (١٢) المبادئ الاجتماعية (....تكفل الدولة للمواطن وأسرته المعونة في حالة الطوارئ والمرض والعجز والشيخوخة، وفقا لنظام الضمان الاجتماعي، وتعمل على تضامن المجتمع في تحمل الأعباء الناجمة عن الكوارث والمحن العامة).

٢. قانون رعاية وتأهيل المعاقين الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (٢٠٠٨/٦٣) المادة (١-د) الرعاية: الجهود والخدمات التي يجب أن تبذل أو تقدم بهدف الوصول بالمعاق إلى أفضل مستوى .

٣. اللائحة التنفيذية لعمليات الإخلاء والإيواء التي سوف تعد من قبل المجموعة .

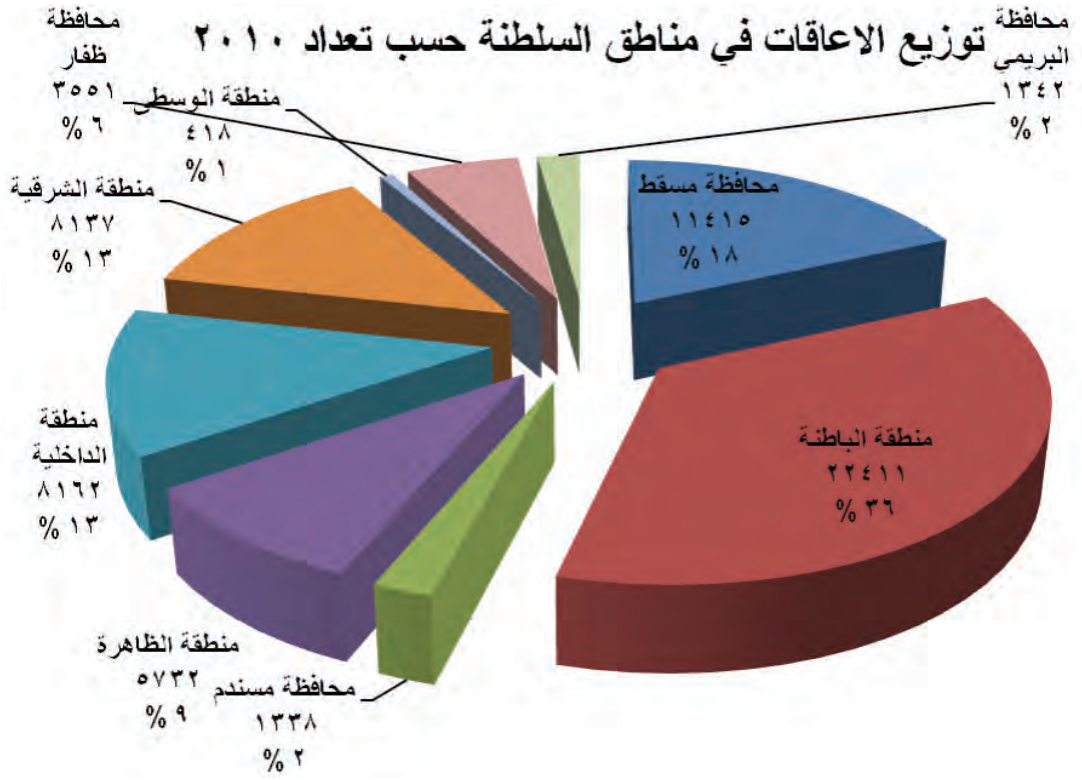
٤. الاتفاقية الدولية لحقوق الأشخاص ذوي الإعاقة المادة» ١١حالات الخطر والطوارئ الإنسانية ..تتعهد الدول الأطراف، وفقا لالتزاماتها بمقتضى القانون الدولي، بما فيها القانون الإنساني الدولي والقانون الدولي لحقوق الإنسان، باتخاذ كافة التدابير اللازمة لضمان حماية وسلامة الأشخاص ذوي الإعاقة الذين يوجدون في حالات تتسم بالخطورة، بما في ذلك حالات النزاع المسلح والطوارئ الإنسانية والكوارث الطبيعية، حيث تُلزم الاتفاقية باتخاذ تدابير لحماية الأشخاص ذوي الإعاقة في حالات تتسم بالخطورة وحالات الطوارئ، وتقر بأهمية التعاون الدولي في التصدي لقدرات بعض الدول المحدودة على مواجهة حالات الخطر والأزمات الإنسانية (المادتان ١١ و ٣٢).

٥. الخطة القطاعية لإدارة عمليات الإغاثة .

واقع حجم الإعاقة في السلطنة
حسب نتائج البيانات الخاصة بالمعاقين وفقا للتعداد السكاني
لعام ٢٠١٠م

الإعاقات بمختلف أنواعها :

وصل مجموع عدد المعوقين في السلطنة وفقاً لأخر تعداد أجرى للسكان عام ٢٠١٠ (٦٢٥٠٦)معاق منهم عدد (٣٣٧٨٧) من الذكور (٥٤٪) وعدد (٢٨٧١٩) من الاناث (٤٦٪)في مجموعهم يمثل ما نسبته (٣,٢٪) من إجمالي السكان العمانيين البالغ عددهم (١٩٥٧٣٣٦) والشكل التالي يبين توزيع الإعاقات ونسبها على محافظات السلطنة .



الشكل (١) يوضح توزيع الجغرافي للإعاقات ونسبتهم.

ونلاحظ من الجدول ومن الشكل البياني أن أعلى عدد المعاقين في محافظة الباطنة وقد يرجع ذلك إلى الكثافة السكانية حيث يبلغ عدد سكانها (٦٢٠،٩٥٠) .وقد يرجع إلى مستويات المعيشة وغيرها. أو احتمال تفاوت مستويات الدقة في

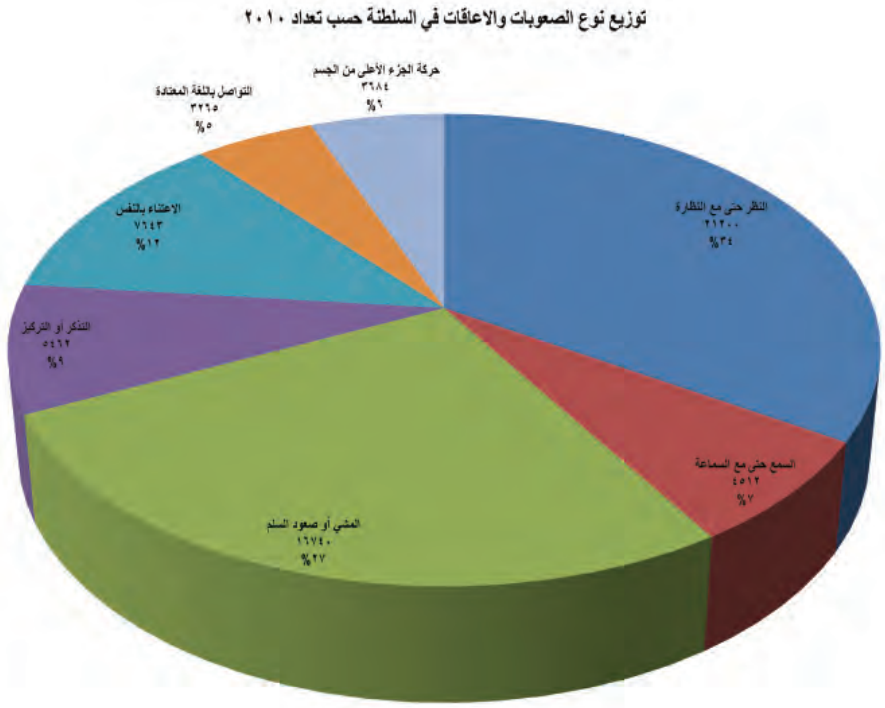
البيانات التي تم جمعها من منطقة إلى أخري .أما أدنى نسبة للمعاقين فهي في المنطقة الوسطى .

توزيع المعاقين وفقاً للنوع :

يشير توزيع المعاقين وفق النوع إلى ان الإعاقة تنتشر بين الذكور بنسبة أكبر قليلا عن الإناث حيث يشكل الذكور المعاقين البالغ عددهم ٣٣٧٨٧ حوالي ٥٤٪ من إجمالي المعاقين وحوالي ٣،٤١٪ من إجمالي الذكور العمانيين ، في حين بلغ عدد الاناث من ذوي الإعاقات ٢٨٧١٩ بنسبة ٤٦٪ من اجمالي المعاقين وحوالي ٣٪ من إجمالي الإناث العمانيات ، وتتفاوت نسبة الإعاقة بين الذكور والإناث من محافظة لأخرى . والشكل البياني يوضح لنا ذلك .

توزيع المعاقين حسب نوع الاعاقة ونسبتها :

تعد الصعوبة في مجال الإبصار الاكثر انتشارا بين المعاقين حيث بلغت نسبة ما يعانون منها ٣٤٪ تقريباً من إجمالي المعاقين ، حيث بلغت نسبة الإصابة حوالى ١،٨٣٪ من إجمالي السكان العمانيين ، وقد بلغت درجة انتشارها بين المعاقين كإعاقة أولى وهي اكثر انتشارا بين الذكور والإناث(شكل ٤) اما أقل الصعوبات انتشارا هي التواصل باللغة المعتادة بنسبة ٥٪ يليها حركة الجسم بنسبة ٦٪.



الاسباب الرئيسية لإصابة العمانيين بالإعاقات :

تعود ثلث الإعاقات في السلطنة إلى أسباب خلقية حيث بلغ عدد المعاقين بأسباب خلقية ١٩٦٢٢معاقاً أي بنسبة ٣١٪) ،ثم كبر السن حيث بلغ نسبتهم ٣٠٪ ، ثم أسباب مرضية حوالي ٢٨٪ . الجدول التالي يوضح ذلك.

جدول (٥) توزيع الاعاقات حسب السبب

سبب الإعاقة	المجموع
خلقي	١٩٦٢٢
مرض	١٧٤٩٣
حادث سير	٣٠٠٩
إصابة عمل	١٠٨٢
كبر السن	١٨٧٦٥
أخرى	٢٥٣٥
المجموع	٦٢٥٠٦

على العموم وبقدر تعلق الامر بموضوع الورقة تظهر الإعاقة في أشكال ودرجات مختلفة فمنها على شكل صعوبة بسيطة أو شديدة في الحركة والتنقل وقد تكون الإعاقة أو الصعوبة في مجال القدرات الحسية مثل القدرات السمعية أو البصرية أو في ضعف شديد للقدرات العقلية وبالتالي ضعف القدرة على التصرف بشكل صحيح في الحالات الطارئة أو التواصل وبالتالي صعوبة في فهم التعليمات أو إتباع الإرشادات في الحالات الطارئة ، لذلك ووفق حالات كل إعاقة ربما يتطلب وجود خطط فردية لكل شخص معاق على حده فيما يتعلق بالحالات الطارئة والقدرة على الإخلاء والإيواء ، ولكن.. وكما هو معروف من الصعب إعداد خطة لكل حالة طارئة أو التخطيط لكل نوع من أنواع الحالات الطارئة عند الكوارث وحسب أنواعها فكل حالة بالتأكيد تحتاج إلى إجراءات تختلف عن الحالات الطارئة الأخرى .. إلا انه المهم الاستعداد لحالات الكوارث قدر الإمكان .. وإحدى الطرق لذلك هي توفير المعلومات الوافية حول الشخص المعاق وقدراته ومعلومات حول المكان أو المبنى الذي يقيم فيه أو يتواجد فيه ومصادر هذه المعلومات هم الأشخاص ذوي الإعاقة أنفسهم وأولياء أمورهم والمحيطين بهم وزملائهم .. وهم الأفراد الذين لديهم معرفة ودراية بطبيعة الصعوبات التي يوجهها الأشخاص ذوي الإعاقة في نشاطات الحياة اليومية والصعوبات التي من المحتمل ان يواجهونها في مثل هذه الحالات أي عند الكوارث .

ذوي الإعاقة الجسمية .

ذوي الإعاقة الذهنية .

ذوي الإعاقة البصرية .

ذوي الإعاقة السمعية .

ذوي الإعاقات المتعددة .

المصابون باضطرابات التواصل

فئات أخرى من الأشخاص ذوي الإعاقة .

الجهات المشاركة في خطة الاغاثه :

(وزارة التنمية الاجتماعية ، قوات السلطان المسلحة ، وزارة التجارة والصناعة ،وزارة التربية والتعليم ، وزارة الداخلية ، وزارة الشؤون الرياضية ، وزارة التعليم العالي ، وزارة القوى العاملة ، محافظة مسقط ، جامعة السلطان قابوس ، الهيئة العمانية للأعمال الخيرية ، شرطة عُمان السلطانية ، ، الهيئة العامة للمخازن والاحتياط الغذائي) .

إعداد خطة الإخلاء والايواء عند الكوارث للأشخاص ذوي الإعاقة :

تتبنى الوزارة تقسيم إدارة حالة الكوارث بما يخص الأشخاص ذوي الإعاقة الى مرحلتين تشمل المرحلةالاولى التأهب للحالة قبل حصولها والتي تشمل التخطيط للاحتمالات واخذ الخطوات اللازمة لضمان توفير الموارد والقدرات ، والتدريب، والإنذار المبكر ، ووضع الخطة والآليات ، والتخزين للإمدادات ، فيما تتضمن المرحلة الثانية التصدي لحالة الكارثة بأنواعها إثناء حصولها وتشمل اتخاذ الإجراءات الفورية وتحديد أوضاع المعاقين المهددين وتقدير حجم ونوع الموارد المطلوبة وتنفيذ خطة عمليات التنسيق بين الجهات العاملة. وضمان نجاح هذه الخطط هو القيام بالتدريبات وإجراء التمارين اللازمة، وتتميز خطة الوزارة بالاستجابة السريعة والفعالة عند حدوث الكارثة بما تتصف بقابليتها على التطوير والتطويع والتعديل وإعادة التخطيط والتخطيط البديل وفق متطلبات الظروف وهي التي تعدّ أصلا جزءا من الخطة العامة لمجابهة الكوارث وتتضمن العناصر الأساسية في خطة إخلاء الأشخاص ذوي الإعاقة:

هناك أربعة عناصر أساسية من المهم توفرها في خطة ألإخلاء للأشخاص المعاقين في الحالات الطارئة ، وهذه العناصر هي :

- تحديد طريقة الإعلام أو الإبلاغ الكارثة وأنواعها تستدعي إخلاءهم من مساكنهم او المكان الذين هم فيه ويتضمن

ذلك النقاط التالية :

- تحديد وسيلة إعلام الشخص المعاق بوجود حالة طارئة تستدعي إخلاء مساكنهم او دور الرعاية أو أينما يكونوا ضمن تأثيرات الكارثة .
- تحديد الأدوات والأجهزة الخاصة بالأعلام المناسبة لفئات الإعاقة المختلفة .

- تحديد كيفية إيجاد الطريق إلى خارج المبنى عند الكوارث ويتضمن ذلك النقاط التالية :

- تحديد المسلك الآمن الذي يؤدي إلى خارج المبنى أو إلى مكان نقلهم من اجل الإخلاء لدور الإيواء الآمنة .

- طريقة استخدام الطريق أو المعبر المؤدي الى المخرج .. ويشمل ذلك تحديد الخيارات التالية (كلما كان ممكنا):

- الاعتماد على النفس
- الحاجة الى مساعدة شخص أو أشخاص آخرين .
- الاعتماد على النفس مع استخدام الأجهزة أو الأدوات المساعدة على الحركة .
- الحاجة إلى مساعدة أشخاص آخرين مع استخدام الأجهزة أو الأدوات المساعدة على الحركة

- تحديد نوع ومقدار المساعدة التي يحتاجها الشخص المعاق .. ويشمل ذلك تحديد العناصر التالية :

- الشخص الذي يقدم المساعدة
- نوع أو ماهية المساعدة
- مكان تقديم المساعدة
- وقت تقديم المساعدة

أعدت وزارة التنمية الاجتماعية الحاجات الخاصة لكل نوع إعاقة في حالات الكوارث وذلك للتعامل معها وتقرير خططها حسب ذلك وهي :

م	الإعاقة	الحاجات الخاصة في الحالات الطارئة
١	الإعاقة الحركية	- صعوبة الحركة والتنقل . - صعوبة صعود ونزول الدرج - الحاجة إلى مساعدة أشخاص آخرين - صعوبة فتح الأبواب المغلقة - صعوبة في الخروج من مخرج الطوارئ - صعوبة في المرور عبر الأماكن والمعابر الضيقة - فقدان التوازن
٢	الإعاقة البصرية	- صعوبة التعرف على موقع مخرج الطوارئ - صعوبة استخدام أدوات او أجهزة الكوارث - صعوبة التوجه في المكان في الحالات الطارئة ..التوجه الى المخرج أو المعبر المناسب . - صعوبة تخطي العقبات أو المعيقات الجديدة في الطريق (التي لم يعتاد عليها) - صعوبة قراءة التعليمات والإرشادات في الحالات الطارئة
٣	الإعاقة السمعية	- صعوبة سماع أجهزة التنبيه في الحالات الطارئة - صعوبة إتباع التعليمات الشفهية التي تبث في الحالات الطارئة - بعض المصابين لديهم صعوبة في التوازن نتيجة إصابة الإذن الداخلية .
٤	الإعاقة الذهنية	- صعوبة إدراك وجود حالة طارئة أو إدراك وجود أخطار محيطة به - صعوبة التصرف المناسب في حالات الكوارث. - الإصابة بحالة ذعر أو خرف شديد في حالات الكوارث - صعوبة طلب مساعدة عند الكوارث
٥	الإعاقات الأخرى	- صعوبة طلب مساعدة في الحالات الطارئة - صعوبة استخدام الأدوات أو الأجهزة التي تتطلب التواصل معهم حسب نوع الإعاقة أو ذوي الإعاقات المزدوجة .

وفق هذه الحالات تم تهيئة متطلباتها المتنوعة من أجهزة وأدوات تساعدهم على الحركة والتنقل داخل دار الإيواء او في دورهم او في الخارج عند تعذر إخلائهم والتي هي أنواع مختلفة تستخدم تبعا لطبيعة الإعاقة مثل الكراسي المتحركة اليدوية والكهربائية وأدوات تساعد على الحركة ولوحات تكتب بحروف برايل الخاصة بالمكفوفين وأجهزة تنبيه خاصة بالمعاقين سمعيا ... الخ

تقييم الحالة الطارئة / الكارثة

يبدأ تقييم الكارثة من أ ول دقيقة تبدأ فيها حالات الطوارئ / الكارثة في الظهور بأشكالها المتنوعة (وذلك اعتمادا الاوامر الصادرة من الجهات العليا المسؤولة).

- **التقييم الأولي**: وله علاقة بسلامة الأرواح .
- **تقييم الموارد والإمدادات .**
- **التقييم المستمر استنادا على :**
  - التقارير الواردة من المكلفين بالفرق المسؤولة .
  - التقارير الواردة من الفريق الطبي.
  - التقارير الواردة من عمليات إدارة الاخلاء او الايواء .
  - التقارير الواردة من شهود العيان.

تقييم مدى وفرة أفراد الكوادر المكلفة والمتطوعين .

يجب أن يكون التقييم بشكل مستمر بحيث تضاف إليه المعلومات الجديدة بمجرد أن تصبح متاحة وتعطي حصيلة ذلك نظرة شاملة ومستوفاة عن الوضع .

انتهاء الكارثة :

استئناف العمليات العادية : عند الإعلان عن انتهاء حالة الكارثة من قبل مركز العمليات المسؤول

التوصيات :

- تبادل الخبرات في مجال مواجهة الأزمات والكوارث بين الدول والمنظمات المعنية وخاصة تلك التي تتعلق بالأشخاص ذوي الاعاقة من حيث إدارة الطوارئ والأزمات والكوارث، ووضع استراتيجيات وخطط ، وأساليب تدريب ، وتنظيم تمارين ، واستخدام معدات ، لمواجهة أية أزمات أو كوارث قد تحدث.
- تنظيم برامج تعليمية وتدريبية مستمرة للكوادر المعنية حول إدارة الطوارئ والأزمات والكوارث (العاملة مع الأشخاص ذوي الإعاقة) والتعامل معهم وقت الكوارث بما يعزز من قدراتهم، وتمكنهم من تشكيل رؤية واضحة، ووضع أدلة استرشاديه لمواجهة الحالات الطارئة الخاصة بالأشخاص ذوي الاعاقة مراعاة حالاتهم، وتأمين أمنهم وسلامتهم، وآليات التنفيذ ، وتحديد للاختصاصات في أثناء الطوارئ والأزمات والكوارث. . والاستجابة الطارئة لها ومعالجتها مما يتطلب الإعداد للتدريب والتأهيل من قبل المنظمات الدولية المعنية ومنها اليونسكو بمجالات دورات تخصصية :

  - دورة في مفهوم الحماية المدنية
  - دورة في استقطاب وتدريب المتطوعين
  - إدارة الكوارث
  - دورة في التوعية والتدريب في مجال السلوك البشري: إعداد الكوادر العاملة بهذا القطاع في مجال السلوك الإنساني التعاملي
  - دورة لمسئولي مراكز الإيواء.
  - تنفيذ خطط الجاهزية

مشاركة مؤسسات المجتمع المدني والجمعيات الأهلية، والمؤسسات التعليمية في جميع الاستراتيجيات والخطط الخاصة بالطوارئ والأزمات والكوارث، التي تعني بالأشخاص ذوي الاعاقة وتعزيز دور المجتمع بمجال التطوع لمواجهة الحالات الطارئة، وإطلاق برامج توعوية وتثقيفية لأفراد المجتمع وتهيئتهم باستمرار، وتشجيع ثقافة العمل التطوعي، ما يسهل مهمة القائمين على إدارة الأزمات والطوارئ عند وقوع أي حالات طارئة.

الدعم اللازم من خلال المنظمات الدولية المعنية بمجال وسائل التكنولوجيا والتقنيات الحديثة في جميع مراحل الاستعداد لمواجهة الكوارث ، والتأكد من أن خطط التكنولوجيا الميسرة لهذه الفئات دور فيها اضافة الى استخدام كل الإمكانيات المتاحة للتعامل مع المخاطر، ومن ضمنها نظم المعلومات الجغرافية.

عقد مؤتمرات / ندوات مماثلة سنوية تخصصية تحاكي محاور واهتمامات قضايا الاشخاص ذوي الإعاقة وقت الكوارث بأنواعها ، بحيث يتم إعطاء كل موضوع حقه من البحث والمناقشة.

المصادر :

١. النظام الأساسي للدولة الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (١٠١ / ٩٦).

٢. قانون رعاية وتأهيل المعاقين الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (٢٠٠٨/٦٣).

٣. الاتفاقية الدولية لحقوق الأشخاص ذوي الإعاقة والتي تمت المصادقة عليه بالمرسوم السلطاني رقم (٢٠٠٨/١٢١).

٤. خطة عمليات الطوارئ /الإغاثة والإخلاء والإيواء الوطنية .

٥. دليل الدفاع المدني / إعداد خطة الإخلاء في الحالات الطارئة للأشخاص ذوي الإعاقة / وزارة الشؤون الاجتماعية /دولة الإمارات العربية المتحدة ٢٠٠٨م.

٦. أطفال الخليج ذوي الاحتياجات الخاصة / موقع www.onde.org.mg

٧. لائحة شروط السلامة وسبل الحماية الواجب توفرها لمراكز المعاقين / المملكة العربية السعودية .

٨. برنامج السلامة الالكتروني :http:kuappso2.kfu.edu safety

البيان الختامي

الندوة الدولية للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية
٢٨-٢٩ أكتوبر ٢٠١٣، جامعة السلطان قابوس

تتعرض الأرض لكثير من الظواهر الطبيعية التي تسبب كوارثا و أخطارا، بعضها محسوس ومدمر و البعض الآخر لا يمكن مشاهدته بالعين المجردة و لكنه مؤثر على المدى البعيد. وتتطلب الكوارث الطبيعية جهودا متداخلة وفعالة للتقليل من آثارها على المستوى المحلي والاقليمي والعالمي. ومن هنا تنبع اهمية الندوة الدولية للحد من أخطار الكوارث الطبيعية التي تنظمها وزارة التربية والتعليم ممثلة باللجنة الوطنية العمانية للتربية والثقافة والعلوم وبالتعاون مع جامعة السلطان قابوس ممثلة بقسم الجغرافيا بكلية الآداب والعلوم الاجتماعية والهيئة العامة للطيران المدني مع مشاركة لبعض المؤسسات المحلية والمنظمات الدولية.

لقد كان الهدف الرئيس للندوة رفع توعية المجتمع بأخطار الكوارث الطبيعية والتعرف على أهم الدراسات والنظم الحديثة المستخدمة للحد من آثارها، إضافة الى تحديد نوعية الكوارث الطبيعية التي تتعرض لها سلطنة عمان. وقد أوضحت بعض أوراق الندوة أن سلطنة عمان بسبب موقعها الجغرافي فهي عرضة للجفاف والتصحر كما يضفي الموقع الجغرافي والإطلالة المباشرة على بحر العرب سمة أخرى وهي مجاورة أحدى مناطق نشوء الأعاصير المدارية التي تتكون في بحر العرب وفي مسارات نمطية يمكن التنبؤ بها. وقد يصاحب هذه الأعاصير سقوط أمطار غزيرة ورياح شديدة. من ناحية أخرى فان وقوع السلطنة على حافة شبه الجزيرة العربية على أحد الألواح التكتونية يجعلها معرضة والمناطق المجاورة لحدوث موجات زلزالية وما يصاحبها من هزات أرضية وأمواج تسونامي.

لقد استقطبت الندوة خلال فترة انعقادها مجموعة من الخبراء ذوي العلاقة المباشرة بموضوعها اللذين ما من شك استعرضوا أهم خبراتهم وتجاربهم وأهم رؤاهم للتقليل من مخاطر الكوارث الطبيعية، وبناء عليه فقد خرجت الندوة بمجموعة من التوصيات لرفعها الى متخذي القرار في سلطنة عمان لتطبيقها كل في مجال اختصاصه.

١. دراسة إنشاء مركز وطني لإدارة الأزمات والكوارث تكون مهمته وضع استراتيجية واضحة للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية مع الاخذ بالاعتبار التخطيط والتطوير والتنمية المستدامة وتكامل وتوحيد الجهود المتعلقة بإدارة الكوارث ومراجعة الخطط المتعلقة بإدارتها ومتابعة جميع الدراسات والبحوث وعقد المؤتمرات والندوات.

٢. إيماناً من المشاركين في الندوة الدولية حول الحد من الكوارث بأهمية العلم والمعرفة فانهم يوصون بالآتي:

- دراسة إنشاء كرسي بحثي في جامعة السلطان قابوس لعلم إدارة الأزمات والكوارث، وانشاء تخصص مواز له، و

برنامج للدراسات العليا.

- تحديث وإدخال وحدات متخصصة حول الكوارث وطرق التعامل معها ضمن المناهج والأنشطة التربوية لمختلف الحلقات، مع ربط ذلك بالتدريب والتأهيل للهيئات التربوية
- العمل على التطوير المستمر لبرامج العمل التطوعي في التعليم العام والتعليم العالي على وجه التحديد.
- استحداث برامج إعلامية وتدريبية تساعد على رفع مستوى الوعي، والإسهام الفعال لمختلف فئات المجتمع (بما فيهم المعاقين مع مراعاة خصوصيتهم) باستخدام جميع وسائل التواصل والتقنية الحديثة بكيفية التعامل الأمثل قبل وأثناء وبعد حدوث الكوارث.

٣. الاستفادة من الخبرات الدولية وتشجيع نقل المعارف والتكنولوجيات وأفضل الممارسات لمواجهة الكوارث في جميع مراحلها من خلال الشراكة والتواصل بين البلدان والمنظمات الدولية. والتفعيل العملي للاتفاقيات والبروتوكولات ذات العلاقة.

٤. الاستمرار في تقييم البنية الأساسية وتطويرها لضمان الأداء الفعال في مواجهة الأزمات والكوارث.

٥. دراسة إمكانية إنشاء أماكن إيواء مؤهلة لاستقبال السكان المتأثرين جراء الكوارث.

٦. زيادة الإمكانات البشرية والآلية ورفع مستوى تدريب وتأهيل الكوادر وبناء القدرات المحلية المدربة والمتخصصة في جميع فروع المعرفة والعمل، والحرص على إلحاق هذه الكوادر بالندوات والمؤتمرات المحلية والدولية لاكتساب الخبرات والتجارب في هذا المجال.

٧. يؤكد المشاركون أهمية نظم الإنذار المبكر بالمخاطر المتعددة كأداة فاعلة لإنقاذ الأرواح والممتلكات في حالات الكوارث والطوارئ واعتباره عنصراً أساسياً في الحد من مخاطر الكوارث والاهتمام برفع قدرات نظم الإنذار المبكر والأخذ بكل ما هو نموذجي ومتجدد في هذا المجال.

٨. التنسيق الفاعل لمواكبة المستجدات ورفع مستوى مراكز العمليات وتبادل المعلومات بين دول الاقليم في سُبل مواجهة الكوارث، وبما يكفل تضافر الجهود والتكامل بين كافة الدول لمواجهتها.

ملحق صور الندوة

صور الندوة

صور الندوة

Under the auspices of
Ahmed bin Mohammed Al Futaisi distinguished
Minister of Transport and Communications
National Seminar
Natural Disaster
Risk Reduction

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

International Seminar on Natural Disaster Risk Reduction

28 - 29 octobar 2013

الهيئة العامة للطيران المدني
UNESCO
وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه
مجلس البحث العلمي

His Majesty Sultan Qaboos bin Said

Index

Introduction 7

The Oman National commission for Education, Culture and Science speech 9

Building School Capacity in Disaster Risk Reduction 12

Earthquake and Tsunami Dissemination System for Public and National Institution in Indonesia 15

An Overview on Flood Studies in Oman 25

Tsunami Risk Assessment and Management- Case Studies from Sri Lanka 36

Improvements of JMA›s Tsunami Warning 46

Projection of Future Changes in rainfall and temperature patterns in Oman 59

Education and Public Awareness in the context of Disaster Risk Reduction 69

A Seismotectonic Approach to Tsunami Hazard Study in the Oman Sea Region 72

Final Statement 78

Seminar photes 80

Introduction

Human and economic losses caused by natural disasters are on the rise and continue to pose a major obstacle to sustainable development and the achievement of the Millennium Development Goals. Add to that, pledges to mitigate the risk of natural disasters are also on the rise though actual implementation is still slow.

Coinciding with the celebrations of the World Day for Natural Disaster Risk Reduction, the Oman National Commission for Education, Culture and Science organized, in collaboration with Sultan Qaboos University, a Seminar on "Natural Disaster Risk Reduction" under the auspices of His Excellency Dr. Ahmed Mohammed Salem Al-Futaisi, Minister of Transport and Communications, during the period from 28 to 29 October 2013 in an effort to consolidate more awareness about the importance of natural disaster risk reduction and encourage those in charge to develop plans and policies to give more attention to such vital issues.

Objectives

- Promote awareness about and realization of the prospects of natural disaster risks and ways to mobilize national and international resources.
- Identify trends and priorities in the work at the international, regional and national level to ensure the implementation of the International natural disaster risk reduction Strategy.
- Exchange experiences and learn from good practices related to natural disaster risk reduction world initiatives.

Themes

- Natural disasters (preparedness, response and management).
- Climate changes and their relations to natural disasters.
- Protection of cultural heritage from the effects of natural disasters.
- The role of education and awareness in mitigating the risk of natural disasters.
- Multi-warning systems and natural disaster management in the Sultanate of Oman.

Expert speakers

A group of experts from the Sultanate of Oman, some Asian countries bordering the Indian and the Pacific Oceans, and UNESCO (Paris, Jakarta, Australia) Participated in the seminar

Participants

Specialists from the government, private sector, civil society, teachers and university students from the Sultanate of Oman Participated in the seminar.

Organizers

The Oman National Commission for Education, Culture and Science (Ministry of Education) and Sultan Qaboos University

Collaborators

The National Commission for the International Hydrological Program (Ministry of Regional Municipalities and Water Resources), Ministry of Environment and Climate Affairs, the General Authority for Civil Aviation and the Research Council.

mohamed . s. Alyaqoobi

Secretary. General

The Oman National commission for Education, Culture and Science

We are all aware of the risks earth is exposed to by a variety of natural phenomena, and the impacts these phenomena leave in the form of disasters and hazards. Some of these phenomena are sudden like earthquakes, some are predictable like hurricanes and adverse weather conditions, and some are constantly evolving and last for long periods of time like drought and desertification. Despite the fact that these disasters vary in terms of forms and causes, they have the same results: destruction, devastation, and loss of lives and construction. They require joint and effective efforts to reduce impacts on the local, regional and global levels. As there is a consensus on the forms of disasters, their causes and consequences, there is also a consensus on the possibility of avoiding some of them, mitigate their impacts or controlling them and minimizing losses. Most natural disasters are related to environmental degradations such as drought, desertification and fires whether they are natural or not, since they originate from environmentally unfriendly human activities, as well as other predictable disasters such as floods, earthquakes and hurricanes. We can control the impacts of these disasters by preparing early, and taking actions and measures that would reduce both the human and material losses. Perhaps early warning systems, and accompanying awareness and the media are the only safety valve to reduce the risk of these disasters to the minimum.

During the period from 2002 to 2011, 4130 catastrophic events were recorded around the world due to natural hazards. International reports indicate that more than 226 million people are affected by disasters every year, and over the last forty years more than 3,300,000 people died, over 680,000 by earthquakes only during the period from 2000 to 2010, as a result of these disasters. According to UNESCO sources, it is possible to significantly reduce these losses. In East Asia and the Pacific, for instance, deaths caused by floods and hurricanes were reduced by more than two-thirds since 1980. In this context, UNESCO indicates that every dollar spent to avoid disasters and their impacts before they occur, seven dollars are saved of the cost of responding to the effects of these disasters after they occur.

In 1989, the UN General Assembly endorsed the second Wednesday of October to be the International Day for Natural Disaster Reduction. UNESCO has consistently encouraged Member States to celebrate the

event each year in order to promote a culture of disaster risk reduction, preparedness and mitigation of disaster impacts. The organization is used to launch a slogan every year to attract attention to its content and raise people's interest in it. This year, the focus has been on coping with disability and disasters to draw attention to the disabled and take their particularity into account during disasters, even before they occur in terms of providing the necessary facilities for them, and the appropriate awareness according to their condition and needs.

In the context of reducing the risk of natural disasters, the Arab Organization for Education, Science and Culture adopted an Arab strategy to mitigate losses caused by natural disasters. It has also adopted a goal, within its plan for the years (2011-2016), that confirms the support to the Arab efforts to mitigate losses caused by natural disasters and encourages scientific research related to causes of natural disasters to best prepare for them and mitigate their impacts.

The Islamic Organization for Education, Science and Culture has shown prominent interest in its scientific programs. The organization has organized a number of regional workshops on media and its role in times of disaster,and the protection of coastal areas.

Here we meet today in the same room where the National Seminar on "how to deal with different situations caused by natural disasters" was launched in 2008. The seminar was held in response to the recommendations of the regional workshop on "monitoring the environmental situation and confronting natural disasters" which was organized in Muscat in 2007 in collaboration with the Islamic Organization for Education, Science and Culture.

Believing in the universal message of the World Day for Natural Disaster Reduction, various events were successively carried out by the Oman Commission for Education, Culture and Science in cooperation with all parties. The events included interactive meetings, and regional and national workshops that focused on activating the educational and media aspects to give more attention to this issue, taking into account spreading awareness of the causes of natural disasters and the mechanisms of risk reduction to reach the minimum in terms of potential losses. In conclusion, we hope that this seminar will be a brick added to the efforts of local institutions concerned with responding to natural disasters, in order to raise awareness on the right and appropriate response to each event away from hype or complacency.

I also extend my deep appreciation to the distinguished experts who provided the working papers and to the participant authorities led by Sultan Qaboos University, Ministry of Environment and Climate Affairs, Ministry of Regional Municipalities and Water Resources, the General Authority for Civil Aviation and the

Research Council.

Our thanks go to all institutions and government agencies both from the civil and military sectors, and to all private institutions that participating.

We wish the participants in the seminar all success, and that this seminar yields further cooperation between concerned institutions to reach better preparedness and full awareness that lead to the optimal response during disasters and crises asking God, who is over all things, to spare us all harm.

Thank you all

Building School Capacity in Disaster Risk Reduction

Ardito M. Kodijat

National Programme Officer

Disaster Risk Reduction and Tsunami Information Unit

UNESCO Office Jakarta

Presented at:

International Seminar on Natural Disaster Risk Reduction Muscat,

28-29 October 2013

Asia is extremely prone to disasters, and it experiences a range of natural disasters from earthquakes, floods, storms and landslides compared to other regions in the world, further magnified by climate change. In 2008, 98.85 percent of people killed by natural disasters were from Asia, with women and children being the most vulnerable1. The toll taken on the lives of children, the school infrastructure, and the educational opportunities lost with the increasing frequency of natural disaster events are worrying. There are increasingly consideration on mainstreaming disaster risk reduction measures into education sector in recently years through integration of disaster risk reduction into school curriculum, building capacity of school teachers and education officers on disaster risk reduction and organization of public awareness activities on disaster risk reduction to school children and institutionalization of school disaster safety programmes

Even there much effort to initiate on mainstreaming disaster risk reduction into education sector in different countries, it has not overcome the substantial and comprehensive achievements yet, due to:

- Lack of standard curriculum on disaster risk reduction to be suitable to different grades. Many activities of DRR education is not formally integrated within any school curricula. To introduce DRR into schools and educate students on preparedness and response skills, the realization of this plan will take longer time. In addition, the education sector is also lacking of guidelines, tools, how to integrate CC and DRR into syllabus/curriculum.
- Lack of capacities of human resources in education sector that has been exposed to DRR
- Disaster risk reduction concept in education is relatively still new.

The concept of Building School Capacity in Disaster Risk Reduction is built based on UNESCO framework

1- IFRC World Disasters Report stated that it is expected that up to 175 million children every year will be affected by disasters brought about by climate change

on Disaster Risk Reduction Education (DRRE) work as well as on UNESCO Office Jakarta's extensive experience in appropriate and sustainable school-based disaster preparedness and promotion of safe schools.

UNESCO together with all key partners supporting Priority 3 of the HFA, promote a comprehensive framework to DRR education based on the following three core pillars: 1) Safe Educational Facilities : including site selection, safe access (functionality), safe construction and retrofit (global structural and local structural), and non-structural safety; 2) School Disaster Management: including standard operating procedures, ongoing school-based planning for risk reduction and educational continuity, drills education sector planning taking into account DRR; 3) Disaster Prevention and Risk Reduction Education: the integration of DRR into teaching and learning, including DRR in formal school curricula and non-formal education within the framework of Education for Sustainable Development and child friendly schools.

In Indonesia, UNESCO office Jakarta has worked with local communities and institutions as partners in implementing the School Disaster Preparedness Model (SDPM). This innovative model, jointly developed by UNESCO Office Jakarta and the Indonesian Institute of Sciences (LIPI) with the support of the United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), aims to assist schools in reinforcing and building their capacity in knowledge and attitude, school policy, emergency planning, school early warning systems, and school's resource mobilization capability, emphasising existing mechanisms. This model has been successfully piloted in over 50 sites most exposed to frequent natural hazards in Indonesia. The model is now positioned for national institutionalization and standardization.

The SDPM is based on the premise that prepared schools and its communities will know how to prepare to, respond to, and recover from disaster by having DRR programmes and activities before disaster, plans ready for emergency response and evacuation during disaster; and school recovery plans after disaster. Therefore, the model focuses on two main components:

School capacity to prepare to, response to and recover from disaster

School site, building structure, infrastructure and facility to cope with disaster when it strikes

In building the capacity of the school, this model focuses on developing: a) School Standard Operating Procedures; b) School action plan and policies; c) School DRR programme and activities; and d) School disaster management team. The SDPM took these as parameters to be achieved to measure the level of disaster preparedness of the schools. The model also integrates local culture, knowledge, and wisdom as part of the intervention to make sure that the outcome will not only benefit the schools but also contribute to the community-based disaster risk reduction (CBDRR) efforts.

The model has the advantage of targeting the most vulnerable local communities with limited resources to manage disasters as it was developed with direct input from members of threatened small and medium cities (towns or villages). The programme strengths are:

- It is a capacity building and technical assistant programme; the programme provides not only training and simulation but also focuses on the building: a) School Standard Operating Procedures; b) School Action Plan and Policies; c) School Programme and Activities; and d) School Disaster Management Team.
- The programme will be based on existing resources and plans for progress.
- The school-based disaster preparedness will sustain through embedding the activities into school programme.
- The activities will be based on local context / situation (culture, school capacity, school condition, location, etc.)
- The programme will create networking (among schools and with other organizations)
- Strong involvement of Local Education offices and Local Disaster Management Office
- A monitoring and evaluation programme will be also included to provide continuous support and advocacy (formal and informal)

Earthquake and Tsunami Dissemination System for Public and National Institution in Indonesia

By Karyono, BMKG Indonesia (2013)

Abstracts

Indonesia is prone to local tsunamis due to the fact that its coastline is generally very close to tsunami sources. Local tsunamis can reach the shore in less than 30 minutes after an earthquake occurs. As the tsunami hazard preparedness efforts, the government of Indonesia in cooperation with various parties established the Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS). In term of InaTEWS, there are three kinds of observation instruments, seismograph for earthquake observation, GPS for earth plate deformation observation, and tide gauges, buoy, CCTV and tsunami radar for tsunami observation. Through communication networks, data from these instruments are sent to the BMKG to be processed and used as the basis for developing tsunami threat scenarios. The BMKG publishes earthquake information or tsunami warnings within five minutes after an earthquake, which are followed by several updates and/or an all-clear message. The warning messages contain the tsunami threat level by district: 'Major Warning' (Awas), 'Warning' (Siaga) and 'Advisory' (Waspada).'. The BMKG sends earthquake information and tsunami warnings to the public via local governments, interface institutions, and the media, using various communication channels.

1. Background

"Indonesia is prone to local tsunamis due to the fact that its coastline is generally very close to tsunami sources. Local tsunamis can reach the shore in less than 30 minutes after an earthquake occurs."

InaTEWS formally launched at November, 11th 2008. InaTEWS produces Earthquake Information and Tsunami Warnings. InaTEWS should disseminate Tsunami Warning within 5 minutes after earthquake.

Figure 1. InaTEWS Operational Center (indoor)

2. Instruments for Earthquake and Tsunami Observation

"There are three kinds of observation instruments, seismograph for earthquake observation, GPS for earth plate deformation observation, and tide gauges, buoy, CCTV and tsunami radar for tsunami observation. Through communication networks, data from these instruments are sent

to the BMKG to be processed and used as the basis for developing tsunami threat scenarios.

i. InaTEWS Design

The InaTEWS is the only official tsunami early warning system in Indonesia and, as such, all regions are required to adapt to this system. Pursuant to Law 31/2009, only the BMKG has the authority to issue tsunami early warnings. InaTEWS has two monitoring systems, namely:

1. Land monitoring system comprising the broadband seismometer network and GPS

2. Sea monitoring system consisting of tide gauges, buoys, CCTV, tsunami radar and under-the-sea cable. The observation results are sent to BMKG mainly using satellite-based communication system.

Principle 4s

ii. Instruments for earthquake observation

The main instruments of InaTEWS to observe earthquake are the seismometer network and SeisComP3 software. Both these two instruments are used to gather and process initial data of earthquake parameter which serve as the main data to generate tsunami warnings.

iii. Instruments for tsunami observation

- *Buoy Network*
- *Tide Gauge Network*
- *CCTV Network*
- *Radar Tsunami*
- *GPS Network*

iv. Processing and analysis - Decision Support System (DSS)

3. Sequence and Contents of Tsunami Warnings

Sequence and Contents of Tsunami Warnings

"The BMKG publishes earthquake information or tsunami warnings within five minutes after an earthquake, which are followed by several updates and/or an all-clear message. The warning messages contain the tsunami threat level by district: 'Major Warning' (Awas), 'Warning' (Siaga) and 'Advisory' (Waspada).'."

i. InaTEWS warning sequence

From the time an earthquake happens until the tsunami threat ends, the BMKG will issue four types of warnings:

1. Warning 1: Disseminated based on earthquake parameters and the estimated impact of the tsunami reflected by warning level (Major Warning - Awas, Warning - Siaga or Advisory - Waspada) for every affected district.
2. Warning 2: Contains updated earthquake parameters and, in addition to the warning levels in Warning 1, also the tsunami wave's estimated time of arrival (ETA) on shore.
3. Warning 3: Contains tsunami observation information, updated warning levels and tsunami arrival times, which may be disseminated several times depending on the tsunami observations at the tide gauge stations, the buoys, the CCTVs, and the tsunami radars.
4. Warning 4: Announces that tsunami early warning has ended (end of threat).

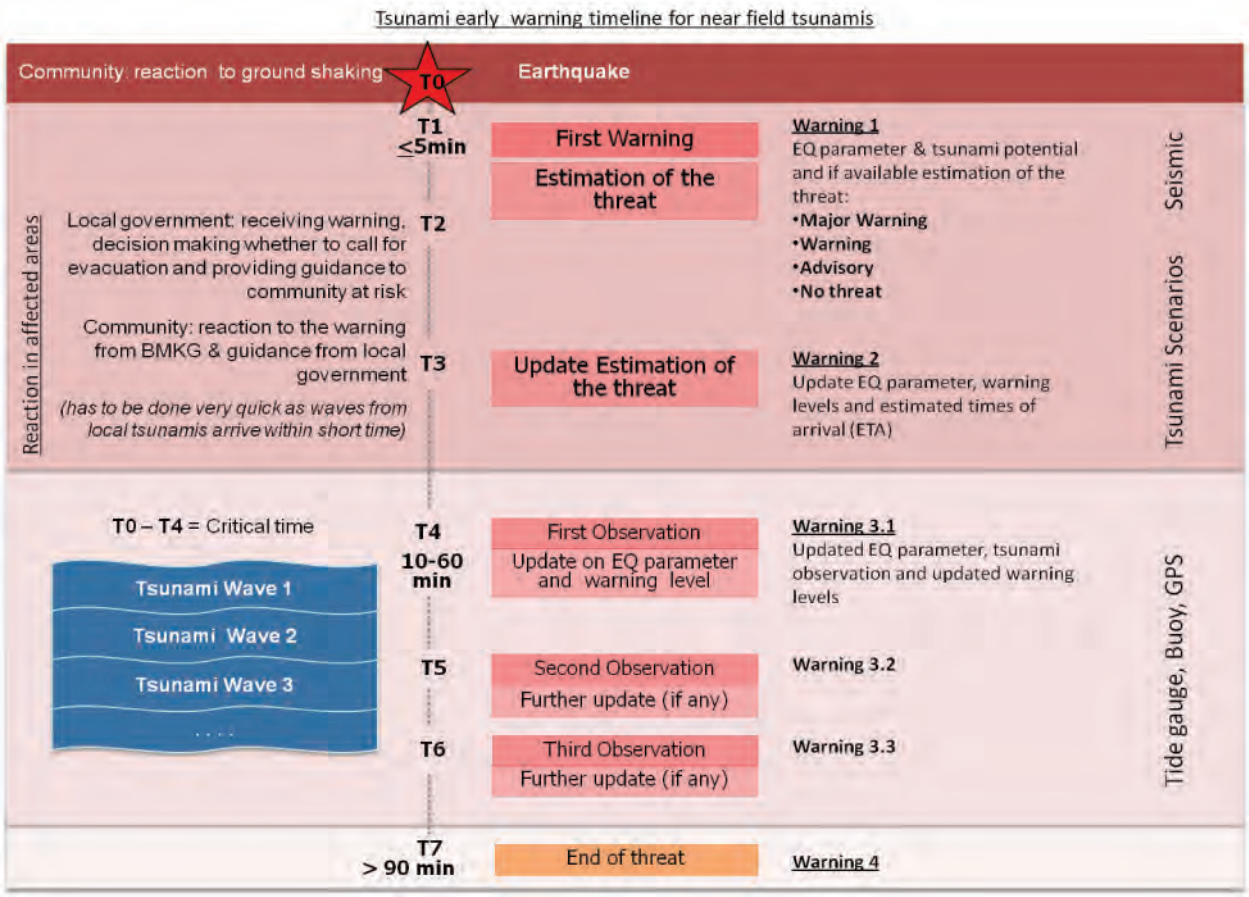


Figure 2: Tsunami early warning timeline for near field tsunamis

ii. Warning levels and advice for local governments

The impact of a tsunami can be estimated by using tsunami scenarios. The BMKG hosts databases containing several thousands of pre-calculated tsunami scenarios. The DSS uses the simulation system to rapidly select appropriate tsunami scenarios in order to estimate the impact of a threatening tsunami. The estimated time of arrival of the tsunami wave and the height of the tsunami wave at the shore are provided by the scenarios as well. This prediction is updated each time earthquake and sensor data is updates. The estimated height of the tsunami wave is then classified into three tsunami warning levels:

- Wave height of ≥ 3 metres, warning level is Major Warning (Awas)
- Wave height of ≥ 0.5 and < 3 metres, warning level is Warning (Siaga)
- Wave height of < 0.5 metres, warning level is Advisory (Waspada)

No. Warning Level Advice to Local Government by BMKG

iii. Format of InaTEWS tsunami early warning messages

There are three formats of tsunami warning messages: short-text format (text message/SMS), long-text format (fax, e-mail and GTS) and media format (website and WRS). These three kind formats are extracted from xml and or Common Alerting Protocol (CAP) file.

1. Short-text format

Used to disseminate warnings via text message (SMS). The number of characters is limited to 160.

2. Long-text format

Contains more complete information and is disseminated via e-mail, fax and GTS. The outline of the long-text format includes:

a. Header, indicating the source of the information, i.e., the BMKG as the official provider of warning messages under InaTEWS.

b. Information content, which consists of three components:

i. First, the earthquake parameters

ii. Second, tsunami observation data, if already available

iii. Third, the warning level, estimated tsunami arrival time, and affected locations

c. Advice, containing recommendations to local governments regarding the appropriate response

3. Media/Graphical format for website and WRS at interface institutions and TV media

Contains information regarding EQ parameters, tsunami threat, affected areas, warning levels and estimated time of arrival. It also includes a map indicating the EQ location and shakemap. The format is designed to be displayed on monitor screens and has a graphic user interface. Additionally, a special graphic is provided to TV media.

4. Dissemination of Earthquake Information and Tsunami Early Warnings by the BMKG to the Public and National Institution

The BMKG sends earthquake information and tsunami warnings to the public via local governments, interface institutions, and the media, using various communication channels.

i. The tsunami-warning communication chain

The BMKG operates the Indonesian National Tsunami Warning Centre, and is the only designated government institution responsible for issuing tsunami early warnings, which have two objectives: to trigger evacuation if there is a tsunami threat and mobilize emergency assistance, if needed.

The BMKG issues tsunami warnings to interface institutions (media, local governments, the BNPB, police, military, SAR and other institutions at national and local levels) through a 6-in-1 communication system. These tsunami warning messages can also be accessed by the public through the mass media, the BMKG website and social networks, such as Face book and Twitter.

All information about earthquakes and tsunami warnings is distributed by the BMKG through six separate channels in parallel and is sent only when an earthquake of a magnitude greater than 5 on the Richter scale occurs. Information about earthquakes of lesser magnitudes is posted on the BMKG website (www.bmkg.go.id and http://inatews.bmkg.go.id).

In principle, the dissemination of warnings to the public is the responsibility of the institutions concerned with disaster management. The BMKG is responsible only for preparing and issuing warnings to be disseminated to the public via interface institutions. According to an instruction by the President of the Republic of Indonesia, which was announced at a press conference at the Anyer Marbela Hotel, Banten, on July 20, 2006, it is the responsibility of the BMKG to prepare and issue a tsunami warning within the first five minutes following an earthquake. After that, it is the responsibility of the various interface institutions to disseminate the warning to people living in the area at risk.

ii. The BMKG's warning dissemination system

How the BMKG distributes warnings

The following overview of the warning dissemination process used by the BMKG's National Tsunami Early Warning Centre offers a picture of the key issues. The BMKG currently uses six communication channels (SMS, e-mail, internet, fax, WRS and GTS) to distribute tsunami warnings (Figure 28).

Principle 6

Dissemination of Earthquake Information and Tsunami Early Warnings the BMKG

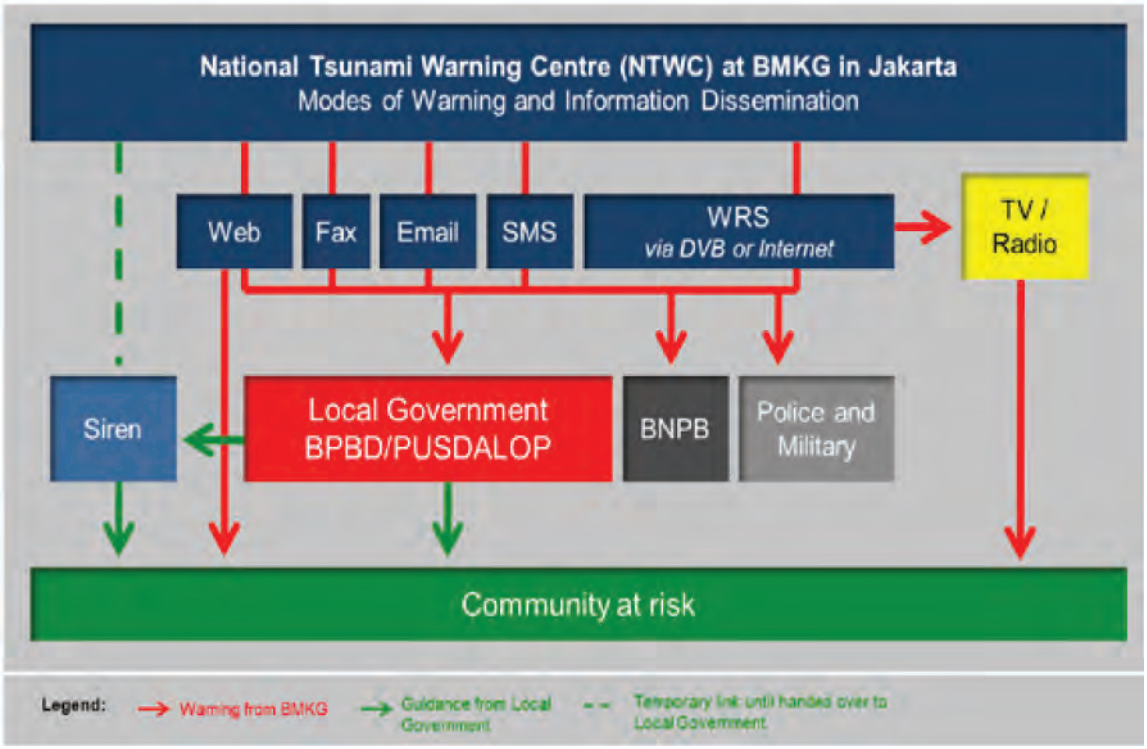


Figure 3: Warning distribution system

SMS

SMS Tsunami Warnings and Earthquake Information are provided as a special service to inform people who are involved in disaster management and decision-making at national and local levels (governors, district heads, mayors, police, army, operation control centres, experts, and others) regarding all occurring earthquakes of M > 5 RS and tsunami threats. Earthquake information and tsunami warnings are sent to users who have registered their mobile numbers in the BMKG database. There are about 7000 registered users until September 2013 .

E-mail

The e-mail service works in the same way as the SMS service, but using a different medium. In the event of strong earthquakes (M > 5 SR) and tsunami threats, the BMKG's warning dissemination system produces a warning message using a long-text format and sends it to registered e-mail addresses. Target groups are people involved in disaster management and decision-makers at national and local levels (governors, district heads, mayors, police, army, operation control centres, experts, and others); however, anyone can subscribe to the BMKG e-mail service. Currently about 500 email users is registered to receive information from InaTEWS.

Fax

Long-text format messages for earthquakes and tsunami threats are also distributed via facsimile. The target group is much smaller than those receiving SMS and e-mails, comprising only those people involved in disaster management and decision-making at national and local levels.

Internet

The BMKG provides a website where the public can access information on earthquakes and tsunami threats: www.bmkg.go.id and http://inatews.bmkg.go.id. Besides that, people can also access additional information and disaster warnings, such as weather forecasting, information about waves and floods, etc. BMKG provides also information on earthquakes and tsunami into public via Social Networks such as Face book, http://www.facebook.com/infoBMKG (300.000 face booker) and Twitter http://www.twitter.com\/infoBMKG (750.000 follower).

Warning Receiver System – WRS

A WRS service is used to distribute earthquake information and warning messages to registered WRS clients (the media, local government, the BNPB, police, army, emergency operation centres, other national institutions, private companies, etc.). All local PUSDALOPS are expected to have a WRS installed in their warning centres. The WRS is software specially designed by the BMKG for tsunami early warnings. A client must have a personal computer with a continuous Internet link or a satellite connection system (DVB) to the BMKG WRS server. Additionally, the WRS client can be used as a local dissemination server to send warnings and advice to local stakeholders in a direct and systematic way. There are 245 WRS clients until September 2013.

Global Telecommunications System – GTS

This is not a public server. The main function of a GTS server is to send information to, and communicate with, other members of the World Meteorological Organization (WMO). The BMKG is a member of the WMO. Figure 36 describes the warning dissemination chain from the BMKG to the community through an interface institution. It is expected that interface institutions will continue the dissemination through other institutions linked to them or directly to the public.

TV / Radio

Radio and television are the most common mass media channels used for the distribution of general information to a wide area. In Indonesia, the government obliges all television and radio stations to broadcast tsunami or other hazard-related early warnings, pursuant to the Decree by the Minister of Communications and Information 20/P/M.Kominfo/8/2006. Upon reception of the broadcasting request, the respective media stations will activate a high tone alarm (1kHz) combined with a text message on TV or an announcement, if transmitted by radio. Messages will be disseminated via TV and radio as long as necessary,

until the 'End of threat' message is given. Presently, the main national television stations are directly connected to the BMKG Warning Centre and they broadcast earthquake information as running text and "Stop Press". Local radio stations are a good option for the dissemination of more detailed and location specific messages. Local calls for evacuation could be broadcasted via local radio.

Almost every household and every car possesses a radio. Battery-powered receivers are cheap and widely used. Local radio stations need to be notified through the official local warning centre. For communication between the radio stations and local officials, separate means of communication that are safeguarded against breakdowns and power failures, such as satellite phones or VHF radio, must be utilised.

Tsunami sirens operated by the BMKG

Sirens are among the most popular and widely used outdoor alerting devices. In Indonesia, based on a joint protocol on sirens, sirens are considered as devices to deliver the call for immediate evacuation. As of 2010, the BMKG had installed sirens in Aceh, West Sumatra, Bali, Bengkulu, Gorontalo, Manado, East Nusa Tenggara, Maluku, Manokwari and Jayapura. Local governments are expected to continue with the development of these sirens and to take responsibility for their control and maintenance, to ensure that the sirens function properly in compliance with siren protocol. Control of the sirens in all these locations was initially in the hands of the BMKG. However, according to Law 24/2007, specifically Article 12, the BNPB is directly responsible to the public and is in charge of providing the public with information. In addition, pursuant to Government Regulation 21/2008, the BNPB and the BPBD are jointly tasked with coordinating activities to save lives, making use of the information provided by the BMKG. This task division between national and provincial levels is resulting in the control of sirens being gradually handed over to local governments.

In 2010, the provincial governments of Aceh, West Sumatra and Bali assumed full control of their locally based sirens, while those in the other locations are still operated by the BMKG. Siren control will remain in the hands of the BMKG until such time that the BPBDs at a provincial level are ready to take over their operation.

Sirens Disadvantages of Sirens

Reference :

- Tsunami Early Warning Service Guidebook for InaTEWS – Second Edition, August 2012
- National Meteorological, Climatologic and Geophysical Agency (BMKG): InaTEWS, Indonesia Tsunami Early Warning System, Konsep dan Implementasi, March 2010.
- Meteorological, Climatological and Geophysical Agency (BMKG): Katalog Tsunami, 2010.
- National Agency for Disaster Management (BNPB): Perencanaan Kontinjensi Menghadapi Bencana, July 2008.
- Bernard E.N.: The U.S. National Tsunami Hazard Mitigation Program: A successful State-Federal partnership. Natural Hazards, 35, 5-24, 2005.
- Eko Yulianto, Fauzi Kusmayanto, Nandang Supriyatna, Dirhamsyah: Selamat Dari Bencana Tsunami, Pembelajaran dari Tsunami Aceh dan Pangandaran, UNESCOJTIC, 2010.
- Jankaew A., Atwater B.F., Sawai Y., Choowong M., Charoentirat T., Martin M.E., Prendergast A.: Medieval forewarning of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand. Nature International Weekly Journal of Science, October 2008.
- Subandono Diposaptono, Budiman. Hidup Akrab Dengan Gempa dan Tsunami, printed by Buku Ilmiah Populer, January 2008.
- The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies: World Disaster Report 2009 - Focus on Early Warning, 2009.
- UNISDR: EWC III Third International Conference on Early Warning, From Concept to Action. Developing Early Warning Systems: A Checklist, March 2006.
- United Nations: Global Survey of Early Warning Systems - An Assessment of Capacities, Gaps and Opportunities towards Building a Comprehensive Global Early Warning System for All Natural Hazards. A Report Prepared at The Request of The Secretary-General of The United Nations, September 2006.
- Online
    - Website BMKG: www.bmkg.go.id, inatews.bmkg.go.id
    - Website BNPB: www.bnpb.go.id
    - Website BAPPENAS, Kerentanan: http://kawasan.bappenas.go.id
    - Website GTZ-IS GITEWS, TsunamiKit: www.gitews.org/tsunami-kit
    - Website ITIC, Tsunami Glossary: www.drgeorgepc.com/TsunamiGlossary.pdf
    - Website JTIC-UNESCO: www.jtic.org

An Overview on Flood Studies in Oman

Dr. Aisha Mufti Al-Qurashi

Ministry of Regional Municipalities and Water Resources

Sultanate of Oman

Abstracts

Oman is classified among arid and semi-arid areas. The arid areas are known for their distinctive hydrological features compared to those of humid areas. The high temporal and spatial variability of the rainfall, flash floods, absence of base flow, sparsity of plant cover, high transmission losses, high amounts of evaporation and evapotranspiration and the general climatology, are examples of such differences in hydrological features between arid and humid areas. All these distinctive features have great effects on the rainfall and flood characteristics.

The floods tend to be very flashy and can cause considerable damage to both lives and properties flood studies have recently become one of the important fields. The rapid urban development in the Sultanate of Oman and the climate change are expected to have great effects on the magnitudes and frequent of floods, and hence, these have brought about the need for floodplain development planning and management.

The paper overview the flood characteristics and highlights the flood studies and management in Oman and the efforts made to guide project design and city planning.

Key words: arid areas hydrology, Oman hydrology, flood studies.

1. Introduction

Oman is located in the South East of the Arabian Peninsula. Hence, Oman is classifies among arid areas which have many distinctive hydrological characteristics.

The hydrological characteristics in arid areas are different from that of humid areas. The high temporal and

spatial variability of the rainfall, flash floods, absence of base flow, sparsity of plant cover, high transmission losses, high amounts of evaporation and evapotranspiration and the general climatology, are examples of such differences in hydrological features between arid and humid areas. Hence, these differences lead to different flood characteristics.

Generally, there are no continues floods in Oman but when it occurs it can be very high The floods in arid areas are very rare but when it occurs they are very flashy and can cause severe damages. The flood peaks can be very high as the records in different parts of arid areas shows. The recorded flood peaks in Oman were greater than 10% of the wards maximum which means they should not be ignored in any study. Hence, flood studies and controls became very important in all the areas that subjected to flood risk.

Oman is subjected to many different floods events that are differ based on intensity and type of storm causing it, due to its location. Oman was hit by many severe floods during the history which caused severe damages to properties and lives. The available information shows that Oman was hit by a sever cyclone in the year 1890 which affected Muscat and the Batinah coast causing sever damages to properties and lives, flowed up by many other severe floods and cyclones. The most severe cyclones that hit Oman were Guno and Phet. Gonu Cyclone in 2007 which hit Muscat and Al-Sharqiyah causing the most ever damages to Muscat properties and infrastructure (upto 714 mm of rainfall in 24 hours and more than 900 mm in 36 hours, and about 8160 m3/s flood peak), followed by Phet in 2010, causing severe damages to Al-Sharqiyah.

The frequent flood and cyclone events and the rapid development in Oman made the flood studies very important and essential in flood management and town planning as they led to better understanding of rainfall and runoff characteristics and hence better flood management.

Flood risk control can be carried out by hydrological Analysis and flood management. Hydrological analysis includes analysis of flood and rainfall data to assess peaks, rainfall analysis, rainfall-runoff analysis, wadi flow analysis, and assessing different losses. Many studies were carried out to aid in selecting the design flood for different projects. As the rainfall characteristics in the arid areas and Oman are different from most other parts of the world, local data can provide better understanding of rainfall intensities and the probable frequency with which they occur.

The flood management can be achieved by better understanding of the flood characteristics and requires development of guide lines and standards that provides flood frequencies for wadi development locations, producing maps that shows flood risk zones, forms a hydrological basis for evaluating and controlling current and future development in flood risk zones and provides initial information for planning flood control.

The paper overview the flood studies in Oman, highlighting the flood control management.

2. Climate and hydrology

Sultanate of Oman is located at the southeast tip of the Arabian Peninsula lying on the Arabian Sea and the Sea of Oman. It is bordered by the United Arab Emirates, Saudi Arabia, and Yemen. Hence, it is classified

among the arid areas.

Oman is classified among arid areas in which the hydrological characteristics are different from that of humid areas. The high temporal and spatial variability of the rainfall, flash floods, absence of base flow, sparsity of plant cover, high transmission losses, high amounts of evaporation and evapotranspiration and the general climatology, are examples of such differences in hydrological features between arid and humid areas, which lead to different flood characteristics.

Figure (1): Geographical Location of the Sultanate

The Climate in the Sultanate of Oman varies from region to another and from one season to another but can be divided mainly into two seasons, namely:

Winter: which begins in November and last until April with mild temperature that rangs between (20 - 28 ^{0}C) in Muscat Governorate, (19 - 26 ^{0}C) in the interior region and (20 - 27 ^{0}C) in Dhofar Governorate, and may decline in upland areas as in Jabal Al Akhdar, where the temperature average ranges between (8 - 14 ^{0}C). In this season the country is affected by thermal cycles which cause rainfall in the eastern parts of the Sultanate.

Summer: which extends from May to October, and temperature average ranges between (27 - 37 ^{0}C) in Muscat Governorate, (23 - 24 ^{0}C) in Dhofar Governorate, and drop to (17 - 23 ^{0}C) in Jabal Al Akhadar. The highest temperatures are recorded in the interior, where readings of more than 53 °C in the shade are common. During this season, the tropical climate moves to the north towards the Arabian Peninsula, and the southwest monsoon affects the far south of the country and the south-east.

Rainfall in the Sultanate of Oman is highly variable, irregular and diversified. The total volume of rainfall is 15,841 Mm^3/year, (51 mm/year) as a weighted average based on the rainfall volumes calculated for each WAA. This figure is highly variable, ranging from 167 mm/year in Musandam WAA to 15 mm/year in Haymah with a bias towards the large areas in central Oman with little or no rainfall (e.g. Haymah and Najd). The largest volume of rainfall falls in the Andam-Halfayn WAA (Dakhliyah) with a total modelled

amount of 2,986 Mm^3/year (88 mm/year).

There are four major ecosystems causing rain in the Sultanate, which can be summarized as follows:

- ***High air pressure caused by cold boundaries:*** It is common during winter and early spring, where it leads to rain fairly constant in the northern parts of the country, and scattered showers of rain in the central and south of the country.

- ***Tropical cyclones from the Arabian Sea:*** The thick cyclones originate over the Arabian Sea and reach the Sultanate in an average of five years in Dhofar and ten years in Muscat, and lead to heavy rains on the southern and eastern shores of the Sultanate during the months of May and December.

- ***Seasonal coastal currents:*** These currents are common during the period from June to September, associated with surface currents over the Arabian Sea, where these currents are dominated by the south-west current, and may be mixed partly with air current coming from the Gulf of Aden. Usually a very narrow strip of coast between Aden and the island of Masirah is affected by this coastal current and may penetrate the inland. As a result, the summer in the Governorate of Dhofar is characterized by high humidity, a decrease in the level of evaporation and fog during the months of June and July.

- ***Convectional Rainfall:*** This kind of rain is the result of the presence of local convectional storms, which can occur at any time during the year.

The average annual hours of sunshine is about 10 hours, except in the mountainous areas and areas affected by the autumn season, where the number of sunshine hours declines. Wind average does not change much in the Sultanate except during hurricanes events. In normal circumstances, the wind speed is moderate, typically between 2 and 3 m/s in low areas in Al Batinah, Muscat and Salalah, while it is between 4 and 5.5 m/s in other areas.

Evapotranspiration: The high summer temperatures and low humidity in the interior region allow high evaporation conditions. The calculated annual potential evaporation for open water on average is 2,520 mm/year, the reference crop potential evapotranspiration is slightly less at 2,322 mm/year.
The total loss of water from all catchments in Oman is 12,553 Mm^3/year which gives an average of 41 mm/year.

3. Floods in Oman

Due to Omans location in the southeast of the Arabian Peninsula bordering the seas and oceans on one hand and the Empty Quarter desert on the other hand, Oman is exposed to a large number of floods that are different depending on the rainfall intensity and duration, and the cause. It is classified among the countries located in the belt arid areas zone where streams valleys often dry most of the year but severe floods can occur as a result of heavy intense rain in short period of time resulting in flash flood with very high velocity.

Of the most important causes of floods in Oman is the intensity of rainfall, which is affected by several factors as the rainfall duration and intensity, the nature of the basin topography, such as high mountains with steep slopes and narrow canyons, and soil characteristics in terms of how porosity and soil moisture, and the density of vegetation.

Oman bordered to the east the Gulf of Oman and the Arabian Sea and the Indian Ocean and any earthquakes in them could affect the coastal areas, although there is no confirmed information for now that such tremors have caused any tsunami in previous decades due to the lack of sufficient data. However, it is not unlikely as the Makran crack which is the deepest in the Gulf of Oman and located in the most active seismic area that found in the north and north- east of Oman, and represent the collision between the Arabian Plate rocks with a plate of Iran.

It is also worth mentioning that some human activities can be considered as one of the reasons for increasing flooding and heat waves in the whole world. These activities have led and will lead to more floods, droughts and rising water levels in the seas and oceans, by increasing the emission of more greenhouse gases and thus increase global warming which leads to high rates of temperature flattened, thereby melting ice caps, which causes rising sea levels and increasing the amount of water evaporation and thus increase the amount and intensity of rainfall.

The floods in Oman can be very high, exceeding 10,000 m3 / s, as records show, and can reach the highest values recorded at the level of the world maximum flood peaks as the Figure below shows.

Oman is subjected to many different floods events that are differ based on intensity and type of storm causing it, due to its location. Oman was hit by many severe floods during the history which caused severe damages to properties and lives.

The greatest storm and flood known to Muscat occurred in June1890, just over 100 years ago(286 mm of rainfall was recorded). It was a full-blown cyclone, which dumped huge rainfall totals and greatly raised sea levels all the way from Muscat to Sohar 200 km up the coast. The resulting land and sea floods had a devastating effect on lives and properties over a wide area, and almost wiped out Muscat. Many other severe floods and cyclones hit Oman such as 1927 cyclone, which hit many areas in Oman and upto 9500 m3/s flood peak was estimated using indirect flood measurement; 1948 cyclone which hit Dhofar governorate and remained for about a week; 1951 cyclone where Al-Dakhiliyah Governorate was hit and upto 4130 m3/s flood peak was estimated; 1959 cyclone which hit Dhofar for 3 nights causing severe damages; 1977 cyclone which hit Masira Island (upto 431 mm of rainfall was recorded) and parts of Dofar, Dakhiyah and Sharqiyah (upto 10,600 m3/sin Wadi Ghudon and 8,250 m3/s in wadi Andur were estimated); 1982 floods that hit Al-Batinah coasts, Quriyat and Al-Sharqiyah, where upto 5190 m3/s was estimated; 1983 that hit Salalah and upto 10,400 m3/s was estimated; 1997 floods which hit different parts of Oman and upto 2760 m3/s was estimated; 2002 cyclone that hot Dhofar where upto 434 mm of rainfall was recorded in Aidam, and 694 m3/s was recorded in Razzat. In the most recent yearsNorth Oman was hit by two severe cyclones; Gonu (2007) and Phet (2010). Gonu Cyclone in 2007 which hit Muscat and

Al-Sharqiyah caused the most ever damages to Muscat properties and infrastructure (upto 714 mm of rainfall in 24 hours and more than 900 mm in 36 hours, and about 8160 m3/s flood peak) whereas, Phet in 2010, has hit Al-Sharqiyah and Muscat causing severe damages to Al-Sharqiyah but less effects to Muscat.

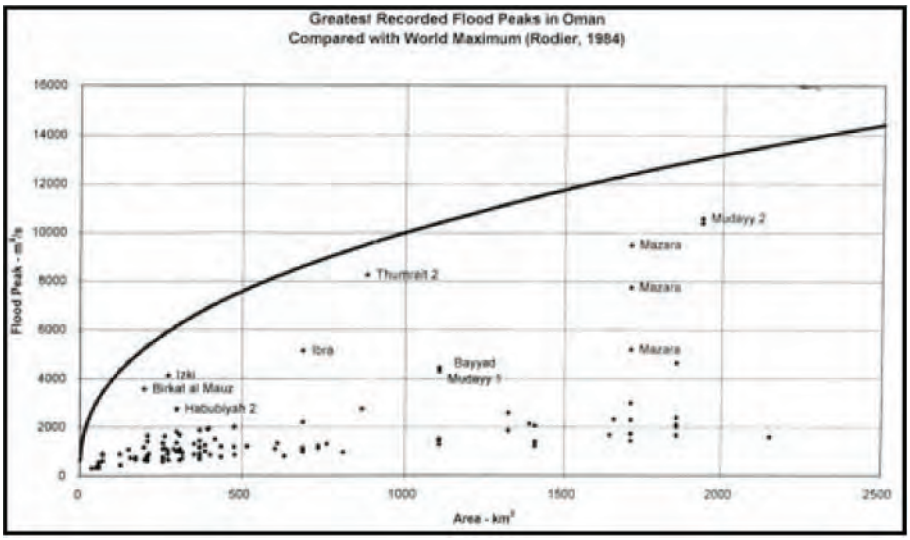


Figure 2: Greatest Recorded Flood Peaks in Oman compared with World Maximum (Rodier, 1984)

4. Flood Risk Control

Flood risk control management requires a good understanding of the hydrology and the flood characteristics of the area which can be achieved through local hydrological data analysis.

Development of guide lines and standards, providing flood frequencies for wadi development locations, producing maps showing flood risk zones, forming a hydrologic basis for evaluating and controlling current and future development in flood risk zones, providing initial information for planning flood control, all are important for better flood risk control and management.

Details on the hydrological data analysis and flood management control methods that are considered for best flood risk control practice in Oman are explained below:

4.1 Hydrological Analysis

Hydrological analysis of rainfall and runoff are very important for understanding the hydrological characteristics of the study area. Hence, many studies has been carried out to improve this understanding and to assess the water resources in the study areas. However, the short period of records, the quality, and the special hydrological characteristics of the arid areas, which are not fully understood yet, made it a difficult task some time. An overview on the different studies that has been carried out by the hydrologists in the Ministry of Regional Municipalities and Water Resources (MRMWR) is shown below.

4.1.1 Rainfall analysis

There are many studies have been carried out in rainfall analysis. These include the rainfall intensity analyses as they are very important input for the design computations for hydraulic structures, in particular for urban drainage, bridges, culverts, and dam spillways. As the rainfall characteristics could be different from one part to another, using local data is essential to get the proper results and to provide the appropriate understanding of rainfall intensities and the probable frequency with which they occur.

The greatest 1-day rainfall ever recorded in Muscat, at the time, 286 mm, occurred during 1890 event. In the recent years, the highest was experienced during the Guno storm, Jun 2007, where upto 714 mm was recorded in 1-day in Wadi Dayqah and 438 mm at Wadi Aday. A more recent flood occurred in 2010, Phet cyclone, with maximum 1-day rainfall of 585 mm.

The approach adopted in the rainfall frequency analysis has been log-normal frequency analysis of partial series of data, using a lumped station-year approach.

It was noted from the analysis that there an apparent rainfall intensity differences in characteristics relating to terrain. Hence, to account for these differences, the stations with enough data for analysis have been divided into the three categories: plains (those within relatively flat areas with no significant nearby hills likely to induce orographic rainfall effects), and mountains (those at elevations above 800 m amsl), and the remainder have been categorised as representing hill areas.

Table 1 shows the frequency of rainfall intensities for plains, hills, and mountains.

Plains Areas (287 Station-Years, 21 Stations)							
Duration	Rainfall (mm) for the Following Return Periods:						
hours	Av	5-yr	10-yr	20-yr	50-yr	100-yr	200-yr
0.25	13	16	20	23	27	31	34
0.5	17	21	26	30	36	41	45
1	20	25	31	36	44	50	55
2	22	28	35	41	49	56	62
3	24	31	38	45	54	62	69
6	28	35	43	51	61	69	77
12	31	39	48	57	69	78	87
24	35	44	56	68	83	94	106
Hill Areas (504 Station-Years, 41 Stations)							
Duration	Rainfall (mm) for the Following Return Periods:						
hours	Av	5-yr	10-yr	20-yr	50-yr	100-yr	200-yr
0.25	15	18	21	24	28	31	35
0.5	21	26	31	36	43	48	53
1	25	32	38	45	54	61	67
2	28	36	43	50	60	67	74
3	31	39	47	55	65	73	81
6	35	44	53	63	76	86	96
12	39	50	62	75	91	104	116
24	44	57	71	86	105	120	135
Mountain Areas (221 Station-Years, 22 Stations)							
Duration	Rainfall (mm) for the Following Return Periods:						
hours	Av	5-yr	10-yr	20-yr	50-yr	100-yr	200-yr
0.25	18	21	24	27	31	34	37
0.5	24	29	34	39	45	50	55
1	31	38	44	51	59	66	72
2	35	43	50	58	67	75	82
3	37	45	53	61	71	78	86
6	42	51	59	68	79	88	97
12	48	59	70	80	94	104	114
24	56	70	83	96	113	125	138

Table 1: Frequency of Rainfall Intensities for Plains, Hills, and Mountains

4.1.2 Runoff Analysis

Estimation of runoff is an essential component in the management of water resources.

MRMWR has been collecting flood peak data in its wadi gauging station network, and also general flood information.

Because of its aridity, Oman has many years when wadi flow is zero or very small. Consequently annual series (AS) trends may be dominated by zero or low flows which do not in any way reflect flood peak characteristics. The peak-over-threshold (POT) series was found to be reflecting the real flood characteristics better, but even this series tends to consist of low or zero flows in its lower half. Therefore, standard flood frequency methods which rely in fitting a distribution to all points are not appropriate. Hence, a comparison of methodology using various standard methods (HDA, 1996) resulted in the adoption of semi-log analysis of the POT series (Pilgrim, 1987), but with best-fit trend lines for the range 50% upwards only. The 50% upwards fitting avoided the non-floods or zeros which taper off at the bottom of the range, and seems still to be generally satisfactory.

Figure 2 shows the first Flood Frequency Curves for Oman (MWR, 1991) which was constructed based on the slope area measurements using the historical events. These curves related flood peaks to catchment area only, and they were used to develop flood risk maps for a number of major towns and key flood risk areas.

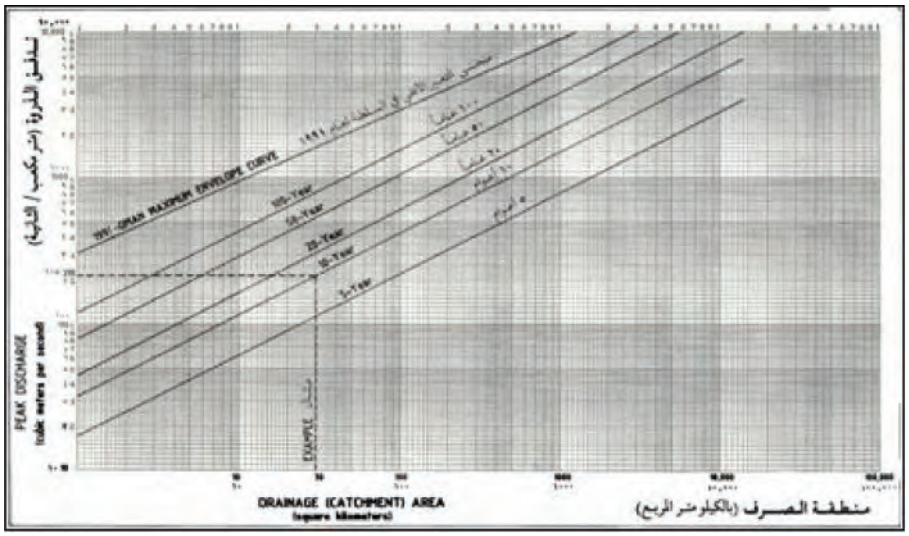


Figure 2: Flood Frequency Curve of 1991, (MWR, 1991)

Table 2 shows the results of frequency analysis including and duscluding Guno and Phet cyclones and the effect on the obtained results to show the sensitivity of the frequency analysis to the severe events, and hence the need for frequent update, especially for areas with short period of records.

Table 1: Flood Peak Frequency for all Wadi Gauges (Muscat Governorate)

No.	Station	Wadi	Station ID	Period of Record	Area km²	Mean (MAF) m³/s	Return Period - yrs: Flood Peak Frequencies - m³/s 5	10	20	50	100	200	Max World m³/s
1	Al Khawd	Al Khawd	FB104840AD	1972-2006	1657	218	534	870	1207	1652	1988	2325	12239
				1972-2007*		249	580	938	1296	1769	2127	2485	
				1972-2010**		249	587	934	1282	1741	2088	2435	
2	Muaskar	Aiden	FB208640AD	79-99	3	11	24	43	62	87	106	125	1017
3	Hammam	Lansab	FA395799AD	1980-2006	50	46	95	160	224	309	373	438	3017
				1980-2007*		63	128	228	329	461	561	661	
				1980-2010*		67	135	232	328	455	551	647	
4	Bajariyah	Aday	FB505467AD	1980-2006	308	204	432	685	939	1274	1527	1781	6243
				1980-2007*		276	561	991	1422	1991	2421	2851	
				1980-2010**		283	575	980	1386	1922	2328	2733	
5	Hajir 1	Jannah	FA580672AD	1982-2007*	130	49	99	221	342	503	624	746	4422
6	Hajir 2	Haym	FA583530AD	1982-2007*	72	35	72	114	156	212	254	296	3491
7	Hajir 3	Manzariyah	FA585595AD	1982-2006	210	52	114	164	214	281	331	382	5357
				1982-2007*		109	218	474	729	1067	1323	1579	
				1982-2010*		109	224	465	707	1026	1267	1508	

* The analysis includes Gonu data only

** The analysis include Gonu & Phet datas

4.1.3 Flood guideline Manual

Floods in Oman are notoriously dangerous despite being rare. A proper understanding of flood characteristics is essential for the development of Oman, so that houses and highways, factories and offices will not be subjected to flood risk.

The main analysis was required to achieve such guideline manual can be briefed in the following points:

- Flood Frequency Analysis using the appropriate method that considers the special hydrological characteristics of Oman
- Growth Factors, which is used for the purposes of enabling flood frequencies to be predicted for ungauged wadis (factors by which to multiply estimates of the mean annual flood (MAF) to derive flood peaks for any return period).
- Correlation of MAF to catchment parameter, which is an essential step in deriving the methodology for enabling flood frequencies to be estimated for any ungauged wadi such as, the area (A), wadi length (L), wadi slope (S), and percentage of the catchment which is non-mountain/hill or alluvial plain (NM) which were found to be the most important and affecting parameters, and hence were used in this method.
- Design Flood Approach which included flood peak frequencies, flood volume analysis, and flood hydrograph analysis**.** Design flood requirements may relate to flood peaks or flood volumes or both, in which case full design flood hydrographs (or probably a range of them) are needed.

In most of the studies, the requirement is for wadi flood peak frequencies for town developments, highway bridges and culverts, and the flood volumes are not normally required. However, in the case of dam spillway design when flood storage is a key issue, flood volumes and full hydrographs are needed.

4.2 Flood Management

The Nationwide Flood Study Programme of flood- prone urbanized areas of Oman was carries for the main towns to provides data and information required for development planning in flood-prone areas. Such information are essential for progression to the next step, floodplain management, which involves the determination and implementation of flood control to help protect, existing and future developments.

Flood control measures are introduced in existing areas of development which are subject to flooding in order to minimize the effects of flooding and minimize restrictions on redevelopment. The properties which are situated in floodways where flooding occurs at high frequency, at high risk, are advised of the danger of flooding so measures can be taken to be protected, whereas, in areas to be developed, the effects of flooding will be minimized by use of the standards. Social, economic and ecological considerations are all should be taken into account in the planning and development controls to minimize the effect of flooding and the future development should be forbidden in areas subject to flooding.

5. Conclusions

Flood studies and advice are important to provide the data and information required for development planning in flood-prone areas, providing information for progression to the flood plain management, determination and implementation of flood control and mitigative measures in flood prone areas, and helping to protect existing and future development. Hence, Oman Government is making great efforts for carrying out flood studies and hydrologic analysis which includes: flood frequency analysis and updating, delineation of flooding areas, high, medium or low risk zones, setting special flood standers to be followed in town planning and developments, analysis of rainfall and wadi flow intensities, providing flood studies and advices for different Ministries and organizations when required. It is very important for all planning bodies to consider these studies and advices for save current and future development.

6. References

- Al Qurashi, Aisha; Kaul, Frederick; Calma, Theodore, 1997, 'Constraints in traditional hydrological frequency analysis methods when applied to Oman', 3rd Gulf Water Conference, March1997, Sultanate of Oman
- Al-Qurashi, Aisha M. (1995),'Rainfall-runoff relationships in arid areas', MSc thesis, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK.
- Al-Qurashi, A. M, and Wheater, H.S. (2005),'Rainfall-runoff in arid areas', WSTA Seventh Gulf Water Conference, Vol 1, 509-526, November.
- Al-Qurashi, Aisha M. (2008), ' Rainfall-Runoff Modelling in Arid Areas', A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the University of London, Imperial College London
- Al-Qurashi, Aisha, 2010, "Flood Studies in Oman and the Difficulties in using Rainfall-runoff Models, Charabi and Hatrushi (2010), Indian Ocean Tropical Cyclones and Climate Change", publisher - Springer
- Ministry of Water Resources, (1995), 'Water Resources of the Sultanate of Oman; An introduction guide', Sultanate of Oman.
- Ministry of Regional Municipalities, Environment and Water Resources (MRMEWR), (2001), 'Design flood estimation guide for Oman', Sultanate of Oman, Unpublished study, Sultanate of Oman
- Ministry of Water Resources (MWR), (1998), 'Rainfall intensities in Oman, Greatest recorded events and frequencies'. Unpublished report, Sultanate of Oman.
- Ministry of Water Resources (MWR), (2000), 'National Water Resources Master Plan', Sultanate of Oman
- Ministry of Regional Municipalities, Environment and Water Resources, 2005,' Water Resources in Oman' , Sultanate of Oman
- Ministry of Regional Municipalities and Water Resources, 2013, 'Water Balance Computation for the Sultanate of Oman', Final Report - Executive Summary, Mott MacDonald, Sultanate of Oman

Tsunami Risk Assessment and Management- Case Studies from Sri Lanka

SSL HETTIARACHCHI (*), SP SAMARAWICKRAMA N. WIJERATNE (1)

(1) Department of Civil Engineering, University of Moratuwa, Sri Lanka
(*) sampens1955@hotmail.com

SUMMARY

The paper describes the investigative studies conducted for the assessment of tsunami risk and the development of mitigation measures for the port city of Galle in Sri Lanka. The said studies include field investigations on the impact of inundation, mathematical modeling of scenarios, assessment of vulnerability and preparedness and the development of mitigation measures.

Keywords: Tsunami Risk Assessment, Scenario Modelling, Mitigation Measures

1. INTRODUCTION

The coastal zone comprising coastal communities, the built environment and eco-systems is exposed to a wide range of hazards arising from natural phenomena and human induced activities. Cities within this zone are centers of economic development with a heavy population density and are subjected to immense development pressure. On most occasions this has resulted in unplanned accelerated development leading to high vulnerability. Therefore, it is not surprising that coastal communities are increasingly at risk from coastal hazards. This was evident from the experience of disasters arising from tsunamis, extreme wind conditions and storm surges. Commencing from the Indian Ocean Tsunami of 2004, several events have exposed a lack of knowledge of hazards, vulnerability and deficiencies in preparedness and response. Since then there have been global initiatives to gain an improved understanding of coastal hazards, vulnerability, risk assessment and management. In this respect the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) has made a notable contribution in promoting investigations and producing guidelines relating to risk and risk management of tsunami and other coastal hazards.

2. RISK - COMPONENTS OF RISK AND ASSESSMENT

The Indian Ocean Tsunami focused attention globally on the severe impacts of tsunamis. It was also recognized that coastal communities are increasingly at risk from a number of hazards which can be broadly classified as Episodic and Chronic hazards. These hazards which may arise from natural phenomena or human induced events have severe impacts on coastal communities and eco-systems.

Risk is usually expressed by the notation

Risk = Hazard x Vulnerability

Risk represents the probability of harmful consequences or expected losses (in terms of deaths, injuries, property, livelihoods, economic activity disrupted or environment affected) arising from interactions between natural or human hazards and vulnerable conditions. Vulnerability can be broadly classified into several components including, physical, human, socio- economic, functional and environmental vulnerability.

Another way of expressing risk is to separate Preparedness from Vulnerability. In this respect risk is expressed incorporating preparedness which seems more appropriate.

Risk = Hazard x Vulnerability x Deficiencies in Preparedness

The additional term represents certain measures and tasks, the absence of which could reduce the loss of human lives and property in the specific interval of time during which the event is taking place. The assessment of risk is an important element of coastal community resilience. Communities must be made aware of the hazards, their exposure, vulnerability and be encouraged to address issues on awareness, early warning, emergency planning, response and recovery and hazard mitigation. Enhanced coastal community resilience enables populations at risk to 'live with risk' with a greater degree of confidence.

3. INCREASED EXPOSURE OF THE CITY OF GALLE

On 26th December 2004, Galle received the severe impact of Tsunami waves, their magnitude having increased due to near-shore transformations. The tsunami waves, which reached the offshore waters of Galle were primarily diffracted waves, diffraction taking place around the southern coast of Sri Lanka. In the context of tsunamis the location of Galle is extremely vulnerable. It lies besides a wide bay and a natural headland on which is located the historic Galle Fort with very reflective vertical non-porous walls on all sides. Furthermore, there exists the Dutch canal to the west of the headland, conveying water through the city centre. The waves in the vicinity of Galle, which were increasing in height due to reduced water depths were further subjected to a series of near-shore processes which increased their heights even further. The wide bay in Galle further contributed to the increase in wave height by modifying the shoaling process via reduced wave crest width to accommodate the bay shape. The combined effect of the bay and the headland led to a high concentration of wave energy leading to large tsunami wave heghts.

In order to safeguard lives and protect infrastructure a Risk Assessment Case Study was undertaken for the City of Galle. One of the main objectives was to develop a Tsunami Hazard Map and an Evacuation Plan for the City of Galle.

4. FIELD INVESTIGATIONS FOR RISK ASSESSMENT CASE STUDY

Soon after the Indian Ocean Tsunami extensive field surveys were carried out to collect data on the following parameters:

- Inundation depth
- Direction of first wave of tsunami
- Possible evacuation paths and locations

Area under the study was divided into 250m x 250m grids and people living within the respective areas of all the grids were interviewed for all grids **(Figure 1)**. The collected data were used to identify the

- Inundated area
- Inundation contours with wave direction and
- Risk level of the area

Results of the study were also useful in identifying the

- Safe areas and safe buildings
- Evacuation routes and refuge areas
- Possible locations for fixing sign boards on evacuation routes

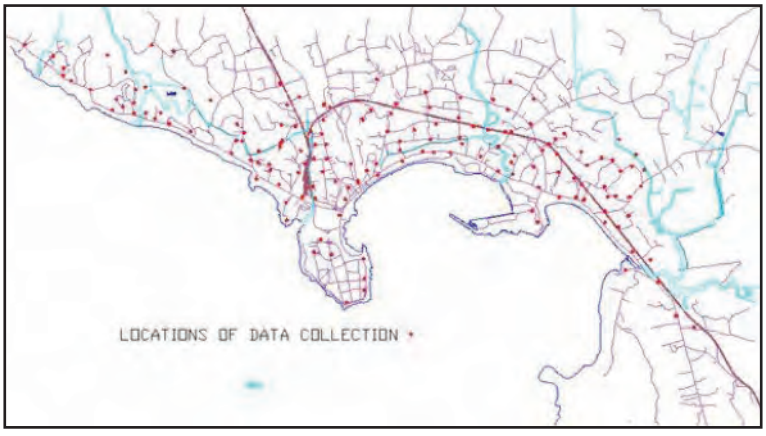


Figure 1: Data collection locations

5. TSUNAMI HAZARD ANALYSIS

Tsunami hazard analysis focuses on the tsunami hazard sources, exposure and the potential impact on land. Tools and methods available to study the hazard include, field investigations, image analysis and mathematical modelling. The latter includes both deterministic and probabilistic hazard modelling.

With respect to tsunami hazard sources attention is focused on previous events (their location, magnitude and sequence), seismic gaps and the identification of 'credible scenarios'.

Probabilistic tsunami hazard modelling seeks to assess the probabilities of certain wave heights being exceeded due to the arrival of a tsunami at locations under investigations. These probabilities are expressed in terms of expected return periods. Burbidge et al (2009) developed a probabilistic tsunami hazard assessment of Indian Ocean nations and these studies led to the development of a range of maps, which provided useful information. These included, Hazard Curves, Maximum Amplitude Maps, Probability of Exceedence Maps, De-aggregated Hazard Maps and National Weighted De-aggregated Hazard Maps.

The important observation from Probabilistic Tsunami Hazard Modelling is that for Sri Lanka the low hazard and high hazard maps are very similar in character with maximum hazard along the east coast and the high hazard case is greater than the low hazard case by about 30%. Since both high and low hazard cases for Sri Lanka are dominated by the events in North Sumatra and Nicobar Islands, it seems that the Indian Ocean Tsunami was the worst case scenario.

Deterministic tsunami hazard modelling comprising, deep water, near-shore and inundation modelling is implemented with three objectives

- Study overall exposure of a region to a given hazard source
- Simulate tsunamis which have previously occurred and compare with field measurements of height, inundation length and run up
- Simulate potential tsunamis based on credible scenarios from geologic and seismic studies

Results from modelling of 'different credible scenarios', provide a data base of the key parameters relating to inundation and the flow regime. Inundation height, length and its distribution, run up and velocity are some of those parameters. These parameters can then be used for the development of critical hazard scenario by relating to threshold values for security of people and infrastructure.

Deterministic Numerical modelling of tsunami phenomena was carried out to obtain information on the coastal region of Sri Lanka that could be affected by potential tsunamis. General coarse grid modeling was carried out for the coastal region in the southern parts of the island and detailed fine grid modelling,

including tsunami run-up and inundation was carried out for the City of Galle. The results of the modelling were used for the preparation of Hazard Map for Vulnerability for the City of Galle.

Generation and deepwater propagation of the tsunami waves were modelled using the AVI-NAMI model. The ANUGA fluid dynamics model based on a finite-volume method for solving Shallow Water Wave Equations was used for the inundation modelling. In the ANUGA model the study area is represented by a mesh of triangular cells having the flexibility to change the resolution of the mesh according to the area of importance. A main capability of the model is that it can simulate the process of wetting and drying as water enters and leaves an area and therefore suitable for simulating water flow onto a beach or dry land and around structures such as buildings **(Figure 2)**. High resolution nearshore bathymetric data obtained for new Galle Port Development in 2007 and high resolution Topographic Data (LIDA Surveys) obtained after the 2004 Tsunami were used for the study.

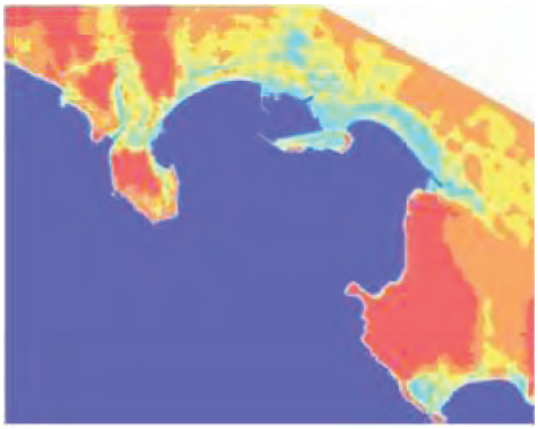


Figure 2: Inundation Modelling for Galle

Tsunami hazard analysis for risk assessment could be achieved either via a multiple scenario based or an event based approach.

For a multiple scenario based approach, the superimposition of the impacts of scenarios will clearly indicate areas which have a greatly likelihood of being affected. The probability of inundation and its magnitude can be assessed by several methods which will consider the probability of occurrence of each event. Strunz et al. (2011) has adopted this approach for Tsunami Risk Assessment in Indonesia.

In the event based approach attention is focused on individual events, say for example worst case scenario or scenarios with specific frequencies of occurrences and impacts. For countries such as Sri Lanka, located at a considerable distance from the fault lines and therefore usually impacted by mega events, it is customary to focus attention on the impacts of such events for strategic planning, say for example location of hospitals, critical facilities such as power stations, water treatment plants. Even if planning is based on observations arising from a single extreme event it is important to analyse impacts of credible scenarios and operate within a framework of scenario based approach. This provides a justification for the use of an event based approach from a data base of scenarios. A similar event based approach based on the Indian Ocean Tsunami was adopted for risk assessment for the City of Galle, Sri Lanka.

6. ASSESSMENT OF VULNERABILITY

Vulnerability represents characteristics and circumstances of a community, a system or an asset that make it susceptible to the damaging effects of a hazard such as tsunami, an earthquake, a flood, etc. It arises as a consequence of conditions determined by physical, social, economic, political, institutional and environmental factors that characterize the framework of development employed in every society. The basic components of vulnerability can be broadly classified as human, physical, socio-economic, environmental, functional and administrative (Villagran, 2006) and is therefore dependent on several factors related to the said components. These include, among others, population characteristics and density, degree of poverty, livelihoods, building types, and a variety of other factors.

Detailed assessment of vulnerability remains a complex area in view of the widely varying parameters which have to be analysed and in view of the difficulties in defining and quantifying certain parameters. Assessment of vulnerability can therefore be implemented at different levels commencing from very basic data bases to highly sophisticated data bases both referral and relational. Several models on vulnerability are available (UNESCO, 2009a)

For vulnerability assessment a simplified approach was adopted, focusing on critical parameters of interest which were identified in consultation with all stakeholders. Typically they cover

- population and its distribution,
- buildings, infrastructure and its status,
- exposure to the hazard,
- distance from the sea,
- elevation,
- capacity to evacuate (within the broader framework of awareness, preparedness, early warning, response and safe evacuation)
- impact on livelihoods

In addition attention is focused on profile of the occupants, sources of income and household economic level, conditions of buildings and infrastructure and community knowledge.

A detailed sector approach for vulnerability was also applied in a benchmark project for the City of Galle, Sri Lanka by Villagran (2008) and its advantages have been clearly identified. In particular it is easy to understand the factors which maintain existing levels, reduce and increase vulnerability. The application of this method requires vast amount of data and consumes time. However, one of the important strengths of the study was that it provided guidance in identifying the critical parameters which could be adopted for a simplified approach on vulnerability. Simplified approaches based on relevant critical parameters provide effective vulnerability analysis on which risk assessment can be undertaken with confidence.

7. RISK ASSESSMENT

Risk Assessment is an essential task that is conducted initially to determine the degree of risk that coastal communities face, and subsequently to identify the measures that are needed to reduce such risks through a variety of structural and non structural measures aiming at reduced exposure to such hazards, reduce vulnerability, increased preparedness and increased coping capacities.

For detailed quantitative assessment of risk it is necessary to quantify the main components of risk which is a challenging task. As mentioned before when risk is expressed in the form,

Risk = Hazard x Vulnerability

it is possible to quantify risk in terms of loss because hazard is associated with the probability of occurrence of catastrophic events and vulnerability as proneness of society and its full structure to be affected by potential damage and losses. However with the introduction of capacity or preparedness it is difficult to adopt direct quantification methods. Deficiencies in preparedness represent the lack of measures and tasks which could reduce the loss of human lives and property during disaster.

A number of methods have been developed by researchers including quantitative and qualitative methods. However, there is no standard technique for such assessment of risk . Quantification based on both qualitative description (ranking methods) and quantification based on detailed analysis of respective parameters has been successfully adopted. Although studies relating to risk will be able to capture the significance of its components there are limitations in the assessment process. For this study four levels of hazards and vulnerability, namely high, medium, low and very low were developed based on a mixed approach of quantification based on detailed analysis and qualitative description (ranking methods). They were based on the investigations conducted in Sections 4,5 and 6 and Public Consultations via meetings with affected people and questionnaire surveys. The resulting hazard and vulnerability were superimposed to generate risk maps also comprising four levels.

It is emphasised that Hazard, Vulnerability and Risk Maps play a vital role in Risk Management. In fact it is important to upgrade these maps regularly taking on board the beneficial aspects of risk management measures adopted. These maps lead to the production of Disaster Preparedness/Management Maps following further discussions with all stakeholders (eg. Safe places and Evacuation routes). These maps will be refined with further field investigations and modelling work.

8. MANAGING RISKS- CLASSIFICATION AND PLANNING RISK MANGEMENT MEASURES

8.1 Classification of Risk Management Measures

There are many measures that could be adopted to manage risk in coastal zone management when

planning for a tsunami and other coastal hazards that accompany high waves and heavy inundation and extreme impacts. These measures can be broadly classified into three categories, namely, those which mitigate the impact of the hazard, those which mitigate exposure and vulnerability to the hazard and those aiming to improve preparedness and response. Some of these measures are listed below under the three categories. Together they reduce disaster risk reduction and develop hazard resilient communities.

8.1.1 Measures that mitigate the impact of hazard

1. The implementation of artificial measures for protection including offshore breakwaters, dikes and revetments

2. The effective use of natural coastal ecosystems including Coral Reefs, Sand Dunes and Coastal Vegetation

8.1.2 Measures that mitigate the exposure and vulnerability to the hazard

1. Land Use Planning

2. Regulatory interventions such as set back of defense line, in particular for critical infrastructure and those infrastructure to be used by highly vulnerable groups

3. Adaptation of building codes to incorporate guidelines related to coastal hazards for a variety of infrastructure and enforcement regarding the adoption of such building codes leading to hazard resilient buildings and infrastructure.

4. Other regulatory interventions to reduce the level of vulnerability to acceptable levels.

8.1.3 Measures that improve preparedness and response

1. Early Warning Systems (Local and Regional)

2. Public Warning Systems

3. Evacuation Routes and Structures

4. Community education, using a variety of aids including maps

5. Risk transfer mechanisms (insurance, catastrophe bonds or funds)

8.2 Planning Risk Management Measures

In many countries, current policies target disaster response efforts to a larger degree than risk management

efforts. Hence a first priority is to incorporate or strengthen policies targeting risk management and to incorporate accountability regarding risk management activities as a way to complement the accountability that already exists in the case of disaster response.

Subsequently, it is important that risk and disaster management should be undertaken within a framework of multiple hazards. It is recognized that Risk Management for a city/region which should be an important part of an Integrated Coastal Area Management Plan, has to be based on options relating to policy and management. These options reflect the strategic approach for achieving long term stability in particular for sustaining multiple uses of the coastal zone giving due consideration to the threats and risks of hazards. They must be formulated on a sound scientific basis preferably to function within the prevailing legal and institutional frameworks. However, if the need arises institutional improvements should be effected and new laws should be imposed. In this process high priority should be given to stakeholder participation.

9. INTEGRATING MITIGATION WITH DEVELOPMENT OF PORT OF GALLE

There are many countermeasures that could be adopted in coastal zone management when planning for tsunamis and other coastal hazards that accompany high waves and high inundation. These maesures can be be broadly classified into two categories, namely, those which promote successful evacuation from tsunamis and those which mitigate the impact of tsunami. Both types of countermeasures were examined for the City of Galle

In 2000, Japanese Port Consultants (JPC) developed a Master Plan for the development of the Port of Galle. In view of environmental concerns it was recognized that the development should be restricted to a two berth medium size harbour. In order to maintain healthy exchange of tidal flow for the well being of the coral reef system, JPC in consultation with the environmental specialists incorporated an offshore detached breakwater, which coincidentally has all the characteristics of an effective Tsunami Breakwater (Figure 3). It is admitted that tsunamis were not envisaged as part of the engineering and environmental designs at that stage.

Figure 3: Master Plan for the development of the Port of Galle

Detailed design of the port of Galle was carried out by PCI, Japan. Tsunami modelling conducted indicates a reduction in both Tsunami wave height and the speed due to the proposed offshore breakwater. A hybrid approach using both artificial and natural methods seems very appropriate for this situation.

REFERENCES

1. Burbidge, D.R. Cummins, P.R. Latief, H. Mleczko, R. Mokhtari, M. Natawidjaja, D. Rajendran, C.P. & Thomas, C. A Probabilistic Tsunami Hazard Assessment of the Indian Ocean Nations. Geoscience Australia (2009). Professional Opinion No. 2009/11, September 2009.

2. Strunz, G. Post, J. Zosseder, K. Wegscheider, S. Muck, M. Riedlinger, T. Mehl, H. Dech, S. Birkmann, J. Gebert, N. Harjono, H. , Anwar, H.Z., Sumaryono, Khomarudin, R.M. and Muhari, A. (2011). Tsunami Risk Assessment in Indonesia. Natural Hazard and Earth System Sciences. 11, 67-82.

3. Hettiarachchi, S.S.L. Samarawickrama, S.P. and Wijeratne, N. (2011). Risk Assessment and Management for Tsunami Hazard-Case Study of the Port of Galle, Sri Lanka. UNDP-APRC Bangkok.

4. UNESCO (2009 a). Hazard awareness and risk mitigation in ICAM. IOC Manuals and Guides No.50, ICAM Dossier No.5 Paris UNESCO 2009.

5. UNESCO (2009 b). Tsunami risk assessment and mitigation in the Indian Ocean; Knowing your tsunami risk-and what do about it. IOC Manual and Guides No 52, Paris: UNESCO 2009

6. U.S. IOTWS Programme (2007). How resilient is your coastal community- A guide for evaluating coastal community resilience to tsunamis and other hazards. U.S. IOTWS Document No.27-IOTWS-07

7. Villagran de Leon, J.C. (2006). Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review No.4, SOURCE Publication Series of UNU-EHS, Bonn. 64 pages.

8. Villagran de Leon, J.C. (2008). Rapid assessment of potential impacts of a tsunami: Lessons learnt from the port of Galle in Sri Lanka. No.9, SOURCE Publication Series of UNU-EHS, Bonn. 96 pages.

Improvements of JMA›s Tsunami Warning

based on the lessons learnt from the Great East Japan Earthquake in 2011

Japan Meteorological Agency

presented by

Takeshi KOIZUMI

Earthquake and Tsunami Observations Division, Seismological and Volcanological Department

Japan Meteorological Agency (JMA)

This paper is a full quotation from a brochure entitled "Lessons learned from the tsunami disaster caused by the 2011 Great East Japan Earthquake and improvements in JMA's tsunami warning system", which can be found at:

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/eng/tsunami/LessonsLearned_Improvements_brochure.pdf

Abstract

A huge tsunami generated by the 2011 Great East Japan Earthquake (also known as the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake) that struck at 14:46 JST (UTC+9) on March 11, 2011, hit a huge stretch of the Pacific coast of Japan and caused severe damage over an area extending from the Tohoku district to the Kanto district. In the aftermath of the disaster, the Japan Meteorological Agency (JMA) investigated the content and expressions of the tsunami warning bulletins released as well as the timing of their issuance in relation to this occurrence at that time. The results were used to support consideration of how tsunami warnings could be improved in their role as a type of disaster preparedness information to protect life. The investigation revealed several problems, including the underestimation of earthquake magnitude promptly determined after the quake which in turn caused the underestimation of forecast tsunami heights. Another issue was the inappropriate announcement of tsunami observations; all the observed tsunami heights were announced even while waves were still small, which caused some people to believe evacuation was unnecessary for what they thought was a minor tsunami.

JMA's tsunami warnings must be timely, easy to understand and useful for organizations related to disaster prevention. To overcome the problems found in the investigation and to better meet these

requirements, JMA improved the approach used in its tsunami warning system and enhanced the content and expressions of bulletins so that warnings urge people to evacuate as appropriate. As part of such improvements, JMA also remains active in its awareness-raising efforts as a key area in the appropriate usage of warnings and successful evacuation.

Based on these activities, JMA introduced a new tsunami warning system on March 7, 2013.

1. Preface

The 2011 Great East Japan Earthquake (also known as the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake) had a magnitude of 9.0 – the largest recorded in Japan since instrumental seismic observation began. The massive tsunami it generated hit Japanese coastal areas and caused severe damage, with the number of deaths and missing people reaching around 20,000. (The disaster is referred to here as the Great East Japan Earthquake and Tsunami.)

JMA issued an initial tsunami warning around three minutes after the quake. However, the magnitude of the quake and the estimated tsunami heights in the initial warning were significantly underestimated due to the characteristics of the promptly estimated magnitude. Around 28 minutes after the earthquake, JMA updated the tsunami warning based on data from a GPS buoy located about 10 km off the coast, but the standard operating procedure involving the use of data from observations made farther offshore for more timely warning updates had not yet been established. To address the evident problems experienced in this regard, JMA set up an investigative commission consisting of experts, representatives from related disaster prevention organizations and the press. As part of the commission's activities, the Agency invited suggestions from municipalities and the public to support investigation of the content and expressions of tsunami warning bulletins as well as the timing of their issuance in this case with the ultimate aim of improving the tsunami warning system. JMA then incorporated approved suggestions into its improvements in February 2012 and introduced the new tsunami warning system on March 7, 2013.

This leaflet outlines work conducted by JMA in relation to the Great East Japan Earthquake and Tsunami, highlights the lessons learned from the disaster, and describes how the tsunami warning system was improved as a result.

Damaged areas in the aftermath of the Great East Japan Earthquake and Tsunami

2. JMA Tsunami Warnings/Advisories and tsunami monitoring

Even before the Great East Japan Earthquake and Tsunami, JMA operated a seismic network with around 280 seismometers collecting observation data in real time and monitoring the information gathered around the clock. When an earthquake occurs, JMA determines its location and magnitude using these data and issues Tsunami Warnings/Advisories immediately if a tsunami strike is expected.

To enable immediate issuance of initial tsunami warnings, JMA has conducted computer simulation of tsunamis with earthquake scenarios involving various locations and magnitudes, and the results related to tsunami arrival times and heights are stored in a database. When a large earthquake occurs, the operation system quickly calculates its hypocenter and magnitude, searches the tsunami database with reference to these calculations and selects the most closely matching results. JMA then issues Tsunami Warnings/Advisories using estimated tsunami heights for each coastal region expected to be affected (66 individual regions are defined to cover all coastal areas of the country and support smoother disaster response) (see Figs. 1 and 2).

JMA also monitors sea level data at around 220 stations including some operated by other related organizations (see Fig. 3). When tsunamis are detected, JMA uses these data to update tsunami warnings and issue tsunami observation information on the arrival times and scale of the highest waves observed as of the time of issuance.

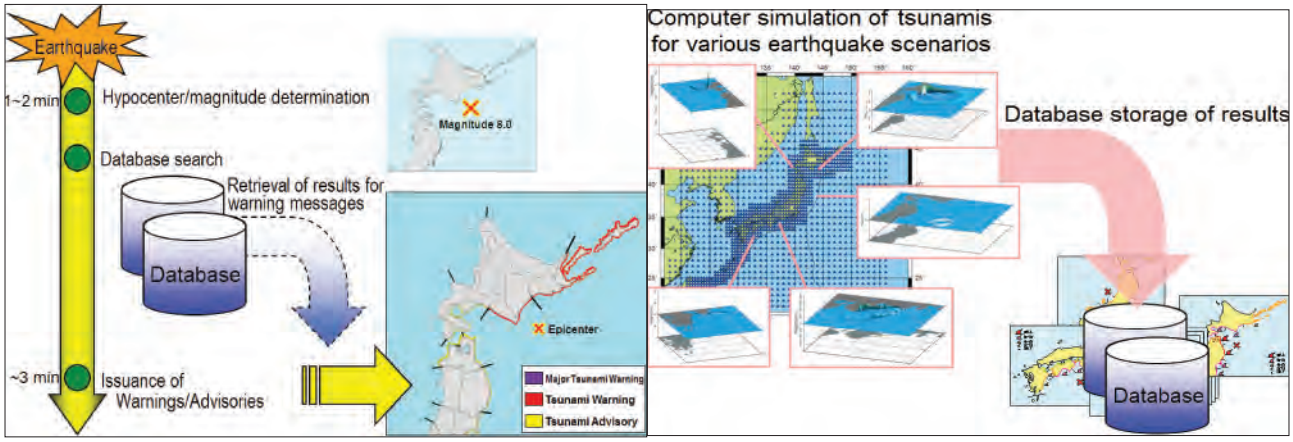


Fig. 1 Tsunami forecast method

Fig. 2 Tsunami forecast regions

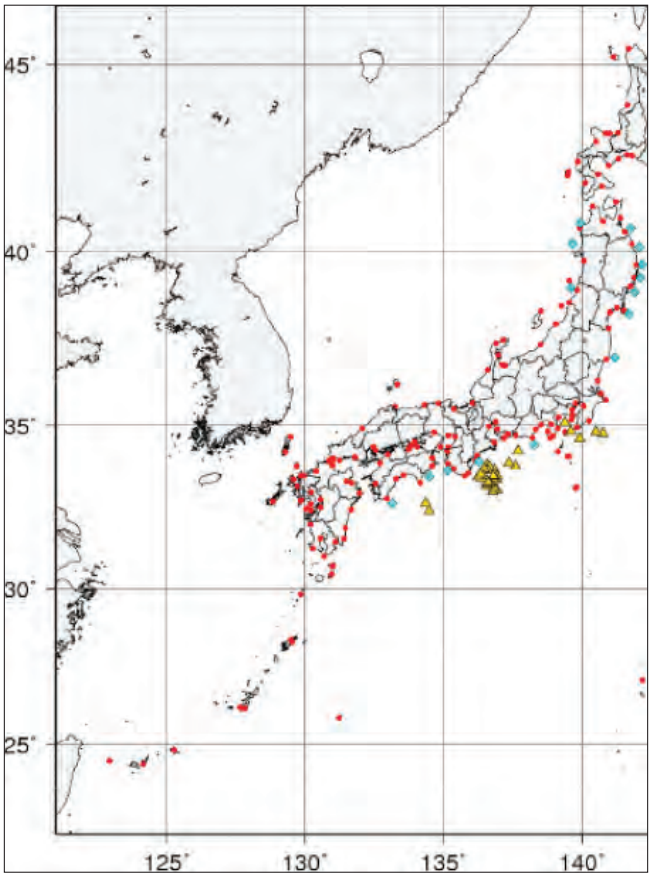


Fig. 3 Tsunami observation point distribution (as of August 2013)

3. Timeline of Tsunami Warning issuance for the Great East Japan Earthquake and Tsunami

In relation to the Great East Japan Earthquake and Tsunami, JMA determined the earthquake source parameters (i.e., the location and magnitude) using seismic observation data in line with the prescribed operating procedure for tsunami warnings. The JMA magnitude (Mj)[1*1] calculated at the time was 7.9, and an earthquake with a magnitude of 7 to 8 was expected in the region according to the results of research. As the magnitude and location were both almost as expected for the anticipated quake, JMA considered the source parameters to be appropriate. It estimated tsunami heights and arrival times based on this information and issued an initial tsunami warning at 14:49 around three minutes after the quake. The estimated tsunami heights at this point were six meters in Miyagi Prefecture and three meters in the prefectures of Iwate and Fukushima. Each of these prefectures is one of the 66 forecast regions.

Earthquakes often occur near coastal areas of Japan, and resulting tsunamis can strike land within a few minutes. For this reason, Tsunami Warnings/Advisories must be issued immediately. Based on its standard operating procedure, JMA issues initial tsunami warnings around three minutes after an earthquake, then examines the source parameters in detail, monitors sea level changes and updates tsunami warnings to reflect these observations. When source parameters are updated, JMA re-estimates tsunami heights and arrival times for each region accordingly. If tsunami waves are actually detected, the Agency also re-estimates heights and arrival times based on tsunami observations before updating Tsunami Warnings/Advisories.

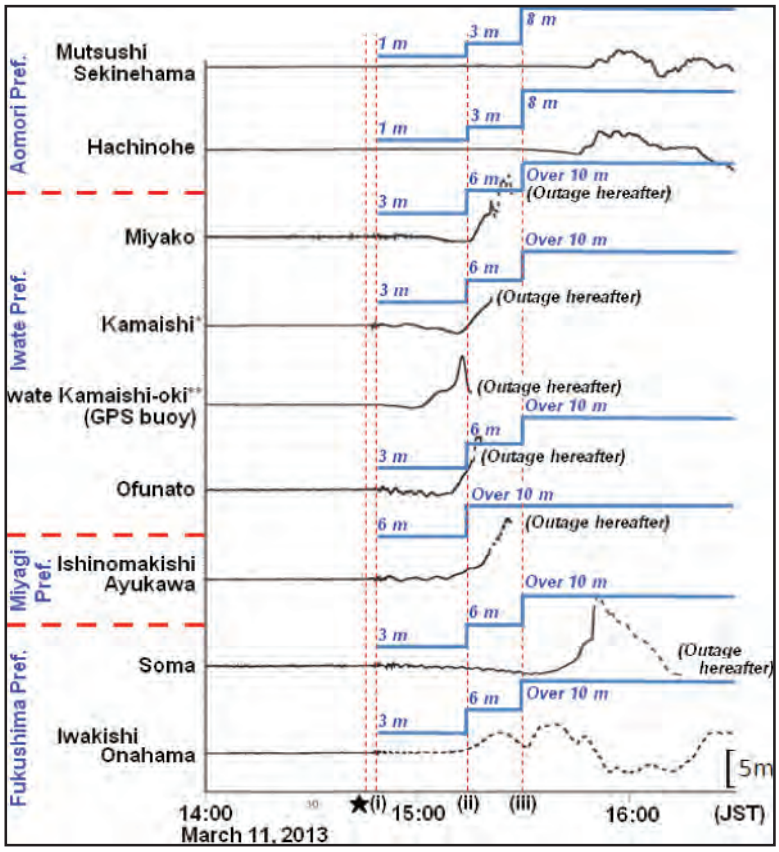
In relation to the Great East Japan Earthquake and Tsunami, JMA tried to calculate a moment magnitude (Mw)[2*2] based on waveforms from broad-band seismometers around 15 minutes after the tremor. However, as the waveforms were saturated at most of the broad-band seismometers deployed in Japan due to the strong shaking, JMA was unable to calculate the Mw within 15 minutes and thus could not update Tsunami Warnings/Advisories based on this value.

However, a GPS buoy deployed by the Ports and Harbours Bureau (PHB) of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) around 10 km off Kamaishi City in Iwate Prefecture recorded a rapid increase in sea level at around 15:10. This enabled JMA to issue a second tsunami warning and upgrade the estimated tsunami heights to over 10 meters for Miyagi Prefecture and to 6 meters for the prefectures of Iwate and Fukushima. JMA continued to upgrade these heights and expand the area where tsunami warnings were in effect based on observation data from GPS buoys and tide gauges in coastal areas (see Fig. 4).

---

1 [*1] The two magnitude scales used by JMA to express the size of earthquakes are JMA magnitude (Mj) and moment magnitude (Mw). Mj is calculated from the maximum amplitude of seismic waves as observed by strong-motion seismometers recording strong motion with a period of up to around five seconds. As Mj information can be provided within around three minutes of an earthquake, it is suitable for the prompt issuance of warnings.

2 [*2] Moment magnitude (Mw) precisely expresses the scale of seismic faulting. It is calculated from seismic waves (including those with very long periods exceeding several tens of seconds) recorded by broad-band seismometers, and represents the exact scale of huge earthquakes. The source mechanism of earthquakes (e.g., reverse fault, strike slip) can also be analyzed at the same time with these data. However, it takes around 15 minutes to calculate Mw values because seismic data covering periods of 10 minutes are used.

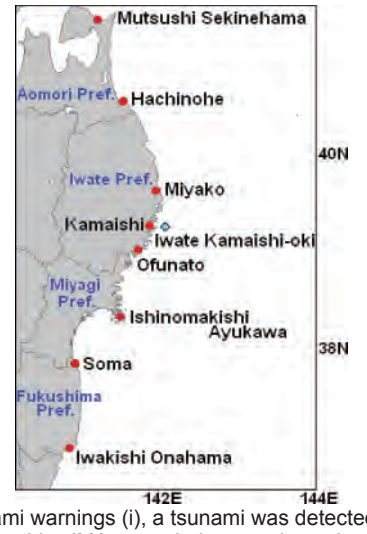


14:46 Earthquake

(i) 14:49 Initial Tsunami Warning
14:50 Estimated Tsunami Heights:
Miyagi: 6 m; Iwate: 3 m; Fukushima: 3 m;
Pacific Coast of Aomori Pref.: 1 m

(ii)15:14 Tsunami Warning Upgrade
Estimated Tsunami Heights:
Miyagi: over 10 m; Iwate: 6 m;
Fukushima: 6 m;
Pacific coast of Aomori Pref.: 3 m

(iii) 15:30Tsunami Warning Upgrade
15:31Estimated Tsunami Heights:
Iwate - Kujukuri and Sotobo area: over 10 m;
Pacific Coast of Aomori Pref.: 8 m



* Station belonging to the Japan Coast Guard
** Station belonging to PHB

After the issuance of initial tsunami warnings (i), a tsunami was detected by a GPS buoy and other gauges. Based on this, JMA upgraded tsunami warnings (ii), (iii). A value of Mw 8.8 was determined at around 15:40.

Fig. 4 Timeline of Tsunami Warning issuance for the Great East Japan Earthquake and Tsunami

The maximum tsunami heights observed were nearly 10 meters along the Pacific coast of the Tohoku district. Specifically, the values were 8.5 meters or higher for Miyako (Iwate Prefecture), 8.0 meters or higher for Ofunato (Iwate Prefecture), 8.6 meters or higher for Ishinomakishi Ayukawa (Miyagi Prefecture) and 9.3 meters or higher for Soma (Fukushima Prefecture) (see Fig. 5). The expression “or higher” means that higher tsunamis were expected to hit these areas but observation facilities were washed away or damaged and the flow of data was interrupted. According to field surveys later conducted by JMA around observation facilities, wave heights based on tsunami track data reached up to 16 meters in Ofunato (Iwate Prefecture), and much higher run-up heights were concluded by other research survey teams for some locations.

JMA determined a magnitude of Mw 8.8 around 50 minutes after the earthquake by analyzing global seismic data. However, because tsunami warnings had already been updated with much larger estimated heights at 15:30 based on tsunami observations, JMA did not use this Mw value for the warning update. As Tsunami Warning/Advisory updating was the first priority, the issuance of earthquake information with the Mw 8.8 value and other source parameters was postponed until 17:48. (The Mw value was later finalized as 9.0 based on more precise analysis.)

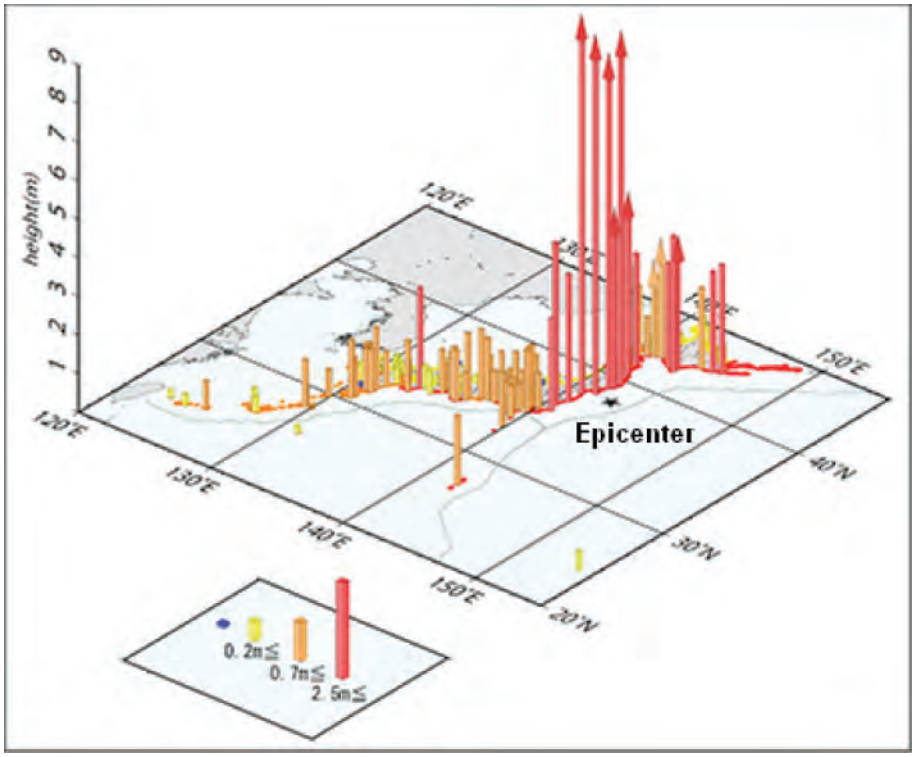


Fig. 5 Tsunami heights recorded at observation facilities

The columnar arrows indicate tsunami heights recorded at observation facilities that were damaged and from which data were missing for a certain period. Accordingly, the actual heights may have been greater.

4. Problems to be addressed and solutions concluded for tsunami warning operation

The problems detailed in the previous chapter can be summarized as follows:

(1) Problems in tsunami warning operation

#1: The magnitude of Mj 7.9 that was promptly estimated and used in the initial tsunami warning was an underestimation.[3*3]

#2: Forecast tsunami heights were also underestimated due to the magnitude underestimation. This may have caused some people to think that the tsunami waves would not top seawalls and possibly contributed to delays in evacuation.

3 [*3] Longer-period seismic waves are larger when a huge earthquake with a magnitude of 8 or more occurs, but seismic waves with a short period of up to around five seconds are almost the same as those for smaller earthquakes. The Mj value is therefore underestimated for huge earthquakes, whose scale can thus not be estimated accurately.

#3: The Mw value was not calculated for around 15 minutes due to broad-band seismic data saturation. The operating procedure for tsunami warning updates based on data from ocean-bottom tsunami-meters (water pressure gauges) deployed farther offshore than GPS buoys had also not been established at the time.

#4: Minimal tsunami heights announced in Tsunami Observation Information (such as *Initial Tsunami Observation: 0.2 meters*) may have misled people into thinking that the tsunami would not be large and caused delays or interruptions in evacuation.

(2) Solutions to improve tsunami warning operation

(i) Basic policy

(a) JMA in principle issues initial tsunami warnings within around three minutes after an earthquake to maximize the time available for evacuation.

(b) The Agency now issues initial tsunami warnings based on the predefined maximum magnitude when initial estimation for the scale of the tsunami source (i.e., crustal movement on the sea floor) is uncertain, as seen with earthquakes measuring around 8 or more in magnitude[*3]. After obtaining reliable results from earthquake and/or tsunami analysis, JMA will update tsunami warnings based on more precise information. The maximum magnitude is used in such cases because second warnings may not reach people in some situations (e.g., electricity failure); accordingly, it is important not to include underestimations in initial warnings.

(ii) Technical improvements (response to problems #1 and #3)

(a) Measures for detecting magnitude underestimation

For huge earthquakes with a magnitude of 8 or more and for those generating much larger tsunamis than their magnitude would suggest (known as tsunami earthquakes), it is difficult to determine a precise magnitude value within around three minutes. Accordingly, JMA has introduced methods to quickly highlight the possibility of underestimation in calculated magnitudes. When such a possibility is recognized, the Agency issues an initial tsunami warning based on the largest seismic fault expected in the area of the earthquake or on the predefined maximum magnitude to avoid underestimation (see Section (iii) (a) for information on bulletin content and expressions).

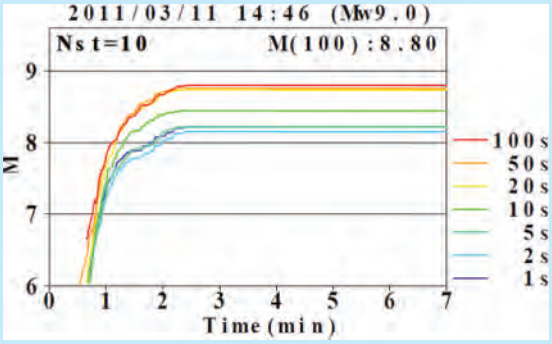
Examples of methods for checking the possibility of underestimation are shown in Figure 6. JMA continues to introduce various methods other than those shown here, as well as investigating/improving them and developing useful new techniques.

(b) Prompt updating of tsunami warnings

JMA updates initial tsunami warnings based on more precise information from the latest earthquake and tsunami observation data. In order to obtain the Mw values necessary for timely and stable updating within around 15 minutes, the Agency installed 80 broad-band strong-motion seismometers in Japan to measure broad-band seismic waveforms without saturation even in the event of a huge tremor. The Agency also installed 3 DART buoys (water-pressure gauges) off the Pacific coast of the

1. Mw estimation from seismic waveform data on various period components

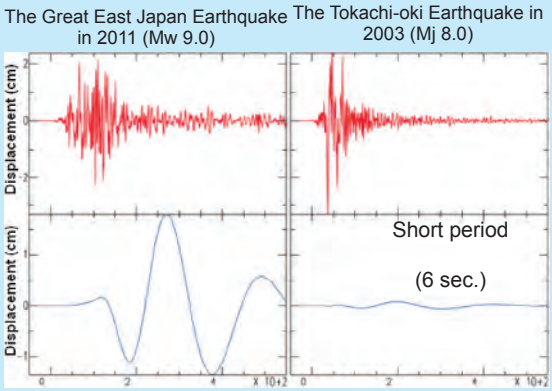
Mw is estimated directly from displacement waveforms calculated using accelerometer data (the value for the Great East Japan Earthquake reached 8.8 within 140 seconds).



Nst: number of stations

2. Mw estimation from seismic waveform data on long-period components

Mw is roughly estimated in relation to the amplitude of long-period waveforms recorded by broad-band strong-motion seismometers.



Long period

(200 – 1,000 sec.)

3. Mw estimation from the size of the strong-motion area

Mw is estimated from the size of the strong-motion area as determined from the observed seismic intensity distribution.

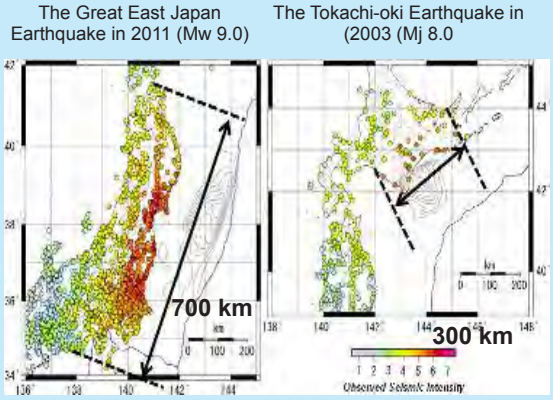


Fig. 6 Methods for checking the possibility of magnitude underestimation

Tohoku district, and uses data from these units along with information from ocean-bottom tsunami meters deployed offshore by other related organizations for earlier detection of tsunamis, estimation of tsunami heights in coastal areas and issuance of warning updates as needed.

(c) Enhancement of observation facilities

In the case of the Great East Japan Earthquake and Tsunami, observed data became unavailable because seismic and tsunami observation facilities were damaged, terrestrial data networks were interrupted and power was lost for extended periods. To avoid any repetition of such data unavailability, JMA enhanced its observation facilities by installing satellite-link telecommunication equipment as a backup in case of landline network interruption. The work involved setting up an emergency power supply to cover a period of up to 72 hours in the event of a long-term blackout, strengthening cases in which observation instruments are stored, and implementing other measures. The Agency also set up mobile tsunami observation facilities with photovoltaic panels and a satellite cell-phone network to enable timely resumption of tsunami observations and minimize periods of data loss even if observation facilities are damaged.

(iii) Improvement of bulletin content and expressions (response to problems #2 and #4)

(a) Criteria for tsunami warning issuance and classes of estimated maximum tsunami heights

JMA now issues estimated tsunami heights in five classes (reduced from the previous eight) in consideration of estimation error and the stages of possible disaster prevention countermeasures. Tsunami height estimations are simply issued as the upper-limit value for each class to create a sense of urgency (see Table 1).

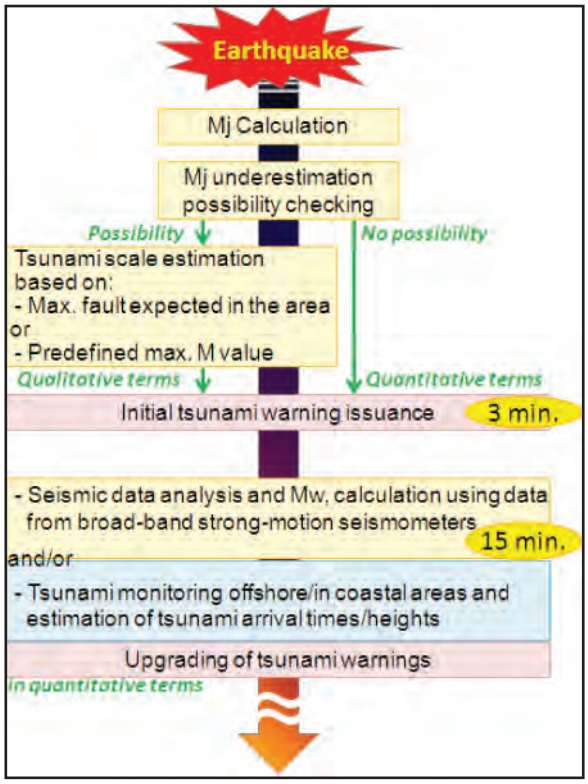
Table 1 Tsunami Warning/Advisory categories

Category	Before review	Current (since March 7, 2013)		
	Estimated max. tsunami height	Criteria for Warning/ Advisory issuance (h: estimated height)	Estimated max. tsunami heights	
			Quantitative	Qualitative
Major Tsunami Warning	10 m or more			
	8 m	10 m < h	Over 10 m	
	6 m	5 m < h ≤ 10 m	10 m	Huge
	4 m	3 m < h ≤ 5 m	5 m	
	3 m			
Tsunami Warning	2 m	1 m < h ≤ 3 m	3 m	High
	1 m			
Tsunami Advisory	0.5 m	0.2 m ≤ h ≤ 1 m	1 m	(N/A)

When JMA recognizes the possibility of underestimation in a calculated magnitude and issues an initial tsunami warning based on the largest seismic fault expected in

the area or on the predefined maximum magnitude, qualitative terms such as Huge and High are used rather than quantitative expressions because the uncertainty of the magnitude is considered to be large. A comment in the headline of warning bulletins such as “A tsunami as large as the one seen in the Great East Japan Disaster of 2011 is expected to strike!” is added to alert people to the state of emergency.

Around 15 minutes after an earthquake, JMA updates tsunami warnings based on more precise analysis with a Mw value and tsunami observations, and issues information on estimated maximum tsunami heights in quantitative terms such as 5 m. The flow of issuance of current Tsunami Warnings and Information is shown in Figure 7.



Mj: JMA magnitude
Mw: moment magnitude

Fig. 7 Flow of issuance for current Tsunami Warnings and Information

(b) Estimated tsunami arrival times

JMA information on estimated tsunami arrival times for each tsunami forecast region includes the times at which tsunami waves are expected to hit first in any part of that area and estimated arrival times for certain tsunami observation points. Within this framework, tsunamis may hit some areas an hour or more after the estimated times even in the same forecast region. JMA now notes this in its bulletins.

(c) Tsunami observed in coastal areas

In regard to observed tsunami heights in coastal areas, JMA announces only arrival times and initial movements (rise/fall) for the first waves to avoid creating a misunderstanding that waves will be small. Information on arrival times and the scale of the highest waves observed as of the time of issuance is also provided to alert people that higher waves continue to approach. While a Major Tsunami Warning and/or Tsunami Warning is in effect but tsunami waves appear much smaller than estimated, JMA issues Currently Observing announcements rather than exact values (see Table 2).

Tsunami waves often hit repeatedly, and those arriving later may be higher. As the biggest waves may hit several hours after initial strikes in coastal areas, JMA warns people to stay in safe places until Tsunami Warnings are cleared.

Table 2 Expressions used for observed maximum heights in coastal areas (current)

Warnings/Advisories in effect	Observed height	Information bulletin expression
Major Tsunami Warning	> 1 m	Actual values
	≤ 1 m	*Currently Observing* announcements
Tsunami Warning	≥ 0.2 m	Actual values
	< 0.2 m	*Currently Observing* announcements
Tsunami Advisory	(All cases)	Actual values (*Slight* for very small waves)

(d) Tsunami observed via offshore gauges

The Great East Japan Earthquake and Tsunami proved that offshore observation such as that conducted via GPS buoys is highly useful in updating tsunami warnings. As a result, JMA now promptly issues a new bulletin called Tsunami Information (Tsunami Observations at Offshore Gauges) based on detected generation of tsunami waves offshore to alert people that coastal areas may be stricken shortly.

The Agency also issues this information along with data on estimated tsunami heights for coastal areas as calculated from offshore measurements. While a Major Tsunami Warning and/or a Tsunami Warning is in effect and estimated tsunami heights for coastal areas are small, JMA does not provide actual values for observed tsunami heights offshore or estimated maximum tsunami heights for coastal areas until the thresholds for issuance are reached. Instead, the phrase Currently Observing is used for observed heights offshore and Currently Investigating is used for estimated heights in coastal areas in the same way as for observations in coastal areas (see Table 3).

Table 3 Expressions used for maximum heights observed via offshore gauges and estimated maximum heights in coastal areas (current)

Warnings/Advisories in effect	Estimated tsunami heights for coastal areas	Information bulletin expressions	
		Observed heights at offshore gauges	Estimated heights in coastal areas
Major Tsunami Warning	> 3 m	Actual values	Actual values
	≤ 3 m	*Currently Observing*	*Currently Investigating*
Tsunami Warning	> 1 m	Actual values	Actual values
	≤ 1 m	*Currently Observing*	*Currently Investigating*
Tsunami Advisory	(All cases)	Actual values (*Slight* for very small waves)	Actual values

5. Education and awareness-raising efforts regarding tsunami disaster prevention

Evacuating to higher ground and/or to places far from the coast before a tsunami hits is the only way to ensure survival from such waves.

To ensure appropriate evacuation, it is necessary to understand the timing, circumstances and information of JMA tsunami warnings.

JMA considers it important for people to properly understand the risks of tsunami waves and evacuate as necessary. In particular, such understanding includes awareness of changes made to the tsunami warning system since the Great East Japan Earthquake and Tsunami, such as the use of the qualitative expressions Huge and High based on predefined maximum tsunami heights as well as prompt updates to warnings and issuance of tsunami observation information from offshore gauges. Against such a background, JMA places high priority on education and awareness-raising efforts as reflected by its production and distribution of related leaflets and posters as well as its work in conducting visiting lectures and symposiums.

Fig. 8: *Start of New Tsunami Warning System Operation* leaflet

JMA created two videos called Escape the Tsunami! and Preparing for Tsunamis to emphasize the necessity of education on mitigating the effects of disasters and deciding to evacuate independently without waiting for tsunami warnings – two considerations whose importance was clarified by the Great East Japan Earthquake and Tsunami. JMA has distributed these videos to schools throughout Japan to support community efforts for disaster mitigation. The resources are also available on the JMA website (http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/eng/ tsunami/tsunami_warning.html).

6. Closing notes

Although methods involving the use of earthquake source parameters are effective for the prompt issuance of tsunami warnings in the case of ordinary earthquakes, it is difficult to estimate the actual scale of tsunami waves from the magnitude for tsunami earthquakes and seabed landslides. In consideration of such cases, JMA is developing methods to support the prompt estimation of tsunami heights for coastal areas based on data observed by offshore gauges. In addition to this method, it is also necessary to develop various ways to quickly determine the scale of tsunamis in coastal areas.

JMA remains committed to its efforts to improve tsunami warning operations and enhance awareness regarding the importance of evacuation in the event of a tsunami.

References

• Japan Meteorological Agency, 2013: “Improvements in JMA’s Tsunami Warning/Advisory Operation System,” http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tsunami_keihou_kaizen/index.html (in Japanese)

• Japan Meteorological Agency, 2012: “Report on the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Volumes I and II,” Technical Report of the Japan Meteorological Agency, Vol. 133,

http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/gizyutu/133/gizyutu_133.html (in Japanese)

Projection of Future Changes in rainfall and temperature patterns in Oman

Yassine Charabi 1 and Sultan Al-Yahyai 2

Abstract

Oman is one of most water-stressed countries in the world. Therefore, keeping water and energy supply and demand in equilibrium in a pressing development is a challenge facing Oman in the years ahead. The threat from the potential impacts of climate change has growing with the recent tropical cyclones that had affected the country and caused loss of life and substantial damage throughout the coastal areas of Oman. The design of an effective climate change strategy requires a deep knowledge about the past, the present climate and also requires an accurate estimation of the plausible change in future climate. This paper present a rather complete picture about the, current (1961-1990) and future (2010-2069) projection of the pattern of rainfall and temperature. For the assessment of the future climate projection over Oman, the 21st century the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report (AR4) A1B, forcing scenario is used with the climate model of the National Center for Atmospheric Research (NCAR) and the Community Climate System Model (CCSM-3). The A1B scenario clearly shows future minimum temperature increases that are in line with the results shown that minimum temperatures will experience the greatest impact from climate change. The simulation shows that the northern of Oman is expected to face decreasing rainfall in the coming decades. In a region where historic average annual rainfall levels are between 50 and 100 mm for the northern coast area, climate change is expected to lead to between 20 and 40 mm less rainfall by 2040. This is equivalent to a reduction in average annual rainfall of about 40%. With less future rainfall in northern areas, groundwater recharge, surface water flow and water quality are expected to also decrease.

Keywords: A1B scenario, Climate Change, Oman, Rainfall, Temperature

1. Introduction

The Sultanate of Oman occupies the southeastern corner of the Arabian Peninsula (Figure 1). The country encompasses an area of about 309,500 km2, and is characterized by a diverse range of topography including mountain ranges, arid deserts and fertile plains (Figure 2). Even though Oman is an arid region, due to its complex topography, the country has a number of local climates ranging from hyper-arid conditions in the Empty Quarter and along coasts and plains, to arid conditions in foothills and highlands, to semi-arid conditions along the slopes and summits of the Hajar Mountains in the north (Nasrallah H. A and Balling R.C. 1996; Ghaznafar and Fisher, 1998; Almazroui et al. 2012).

With regards to the water sector, Oman is one of most water-stressed countries in the world. Keeping water supply and demand in equilibrium in a pressing development challenge facing Oman in the years ahead. Agricultural production is wholly dependent on irrigation. Hence, water rather than the availability of arable land and/or suitable soils are the critical constraints. The threat from the potential impacts of

climate change has growing with the recent tropical cyclones that had affected the country and caused loss of life and substantial damage throughout the coastal areas of Oman. Most recently, in June 2007, the super cyclone Gonu tracked into the Sea of Oman. This cyclone is the strongest on record in the Arabian Sea, with 900 mm of rain falling on a single day (5 June 2007) and average wind speeds reaching about 130 km/h (Al-Maskari, 2010). A total of 50 people were killed as a result of Gonu in Oman, with damages of about $4.2 billion. Three years later, on 4 June 2010, the cyclone Phet made landfall in Oman, dropping 450 mm over northeastern Oman. In Oman, 24 people died with damages of about $0.8 billion. Intensity of tropical cyclones and severity of their impact may increase in future warmer climate (Webster et al., 2005; Elsner et al., 2008; Knutson et al., 2010). According to the recent census, 56% of the population of Oman are amassed in the coastal area of Al-batina and Muscat, the concentration of the population will further contribute to the degradation of air quality and intensification of urban heat island (Charabi Y and Bakhit A. 2011). Under the context of climate warming, this will be translated into an increase in health hazards in urban population due to the long stay of air contaminants in the atmosphere and heat waves (Charabi et al. 2013). Another facet of this warming at regional scale is the increase in energy demand for air cooling.

Figure 1. Location of the Sultanate of Oman

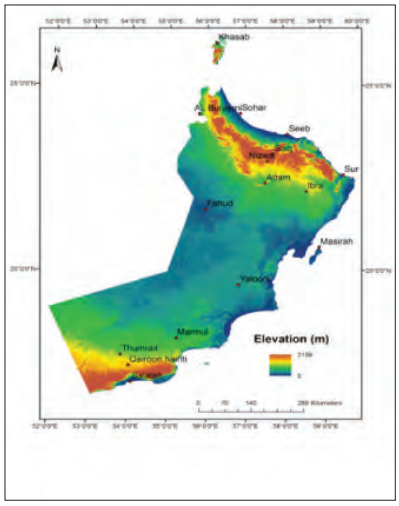


Figure 2. Topography of Oman

Those extremes events have drawn the attention of the decision makers in the country, that there is an urgent need to develop a national strategy for climate change adaptation and mitigation. The design of an effective climate change strategy requires a deep knowledge about the past, the present climate and an accurate estimating of the possible change in future climate. There have been relatively few and scattered studies published in the literature about the climate of Oman. Kwarteng et al. (2008) scrutinized the statistical variability of rainfall in Oman using selected dataset derived from the Ministry of Regional Municipalities and water resources network. Charabi (2009) analyzed the rainfall variability that affected the southern part of Oman during the summer season and its global teleconnection to El Nino Southern Oscillation (ENSO), and the Indian Ocean Dipole (IOD). Charabi and Al-Hatrushi (2010), examined the atmospheric mechanism that govern the winter rainfall variability in the northern of Oman. The study focused on wet and dry spells that occurred during 1984–2007 based on composite analysis. Al-Sarmi and Washington (2011) conducted a study about recent observed climatic trends for the Arabian Peninsula. This study shows a clear worming trend in minimum and maximum temperature. Rainfall pattern trend in Oman indicate also a significant decrease.

The aim of this article is to present a rather complete picture about the current (1961-1990) and future (2010-2069) projection of the pattern of rainfall and temperature for the period. For the assessment of the future climate projection over Oman, the 21st century the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report (AR4) A1B (CO2 Concentration 720 ppm until 2100) forcing scenario is used with the climate model of the National Center for Atmospheric Research (NCAR) and the Community Climate System Model (CCSM-3). The obtained results were developed using dynamical downscaling approach to a model grid of 30 second. Baseline of 1961-1990 was used to calculate the anomalies for precipitation, maximum temperature and minimum temperature. The IPCC AR4 climate model datasets of the 20th century experiments, forced by the Special Report on Emissions Scenarios (SRES), as well as those for the climate baseline simulations, are available through the Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) website (www.ccafs-climate.org).

2. Data sets and Methodology

Datasets that describe the baseline climate and the plausible future climate conditions forced with the SRES of AR4 of the IPCC at a local or regional scale and obtained throughout a dynamical downscaling from General Circulation Models (GCM) are available on the CCAFS website. The datasets contains a large range of Regional Climate Models (RCM), developed by different countries and climate modeling communities with different spatial resolutions. The datasets are available in ARC GRID, and ARC ASCII format, in decimal degrees and datum WGS84. This data format facilitate their integration in GIS environment for processing.

The climate model downscaling data of the NCAR-CCSM-3 was selected for this investigation due to its fine space scale (30 second). The fine space resolution is a very important for this investigation due to the complex topography and land surface of Oman, which contribute to the emergence of varieties of local climate. The climatic baseline over 1961-1990 was used to compare and calculate projected changes (anomalies) for the average annual maximum temperature, average annual minimum temperature, and annual precipitation. The pattern of temperature and rainfall anomalies were calculated for each raster cell grid using Arc-Map software for short term (2010-2039) and medium term (2040-2069). Future climate simulation related to the IPCC's A1B Greenhouse Gas (GHG) emissions scenario was chosen, to assess future temperature and rainfall projections. This scenario provides an intermediate level of warming by the end of the century and predicts a future where technology is shared between developed and developing nations in order to reduce regional economic disparities.

3. Baseline Climate

By virtue of its position astride the Tropic of Cancer, and according to the Köppen and Geiger classification system (Köppen and Geiger, 1928), Oman is classified as an arid region. Nevertheless, due to its large latitudinal extent and complex topography,

Oman has a number of local climates across its territory. These local climates range from hyper-arid conditions (< 100 mm/year of rainfall) in the Empty Quarter (Rub Al Khali) and along coasts and plains, to arid conditions (100–250 mm/year of rainfall) in foothills and highlands, to semi-arid conditions (250 – 500 mm/year of rainfall) along the slopes and summits of the Hajar Mountains in northern Oman. Scarce and erratic rainfall and varying temperatures have combined to shape the distribution and abundance of vegetation (Ghaznafar and Fisher, 1998).

Temperature is affected by major air masses that occur in the Arabian Peninsula. Specifically, the Polar Continental air mass occurs in winter from December to February and brings cold temperatures and high pressure. The Tropical Continental air mass occurs in summer from June to September and brings hot and very dry air. Both systems are affected by minor incursions of Polar Maritime and Tropical Maritime (Charabi and Al-Hatrushi, 2010; Charabi and Al-Yahyai 2011). The historical temperature profile in Oman due to these air masses is described below based on the 1961-1990 period (Figure 3).

Average annual temperature: Overall, these temperatures fluctuate between 10°C to 30°C. The lowest average annual temperatures are found at peaks in the Hajar Mountains. The highest average annual temperatures are found in coastal areas along the Sea of Oman. Most of the rest of the country experiences average annual temperatures within a narrow range between 26°C and 28°C.

Average maximum temperature: The hottest month of the year in Oman is June. During this month, average maximum temperatures are between 23°C and 42°C. Coastal regions are hot and humid in summer with maximum temperatures around 40°C and humidity levels exceeding 90%. In the interior plains, high temperatures in summer can exceed 42°C.

Average minimum temperature: The coldest month of the year in Oman is January. During this month, average minimum temperatures are between -3°C and 20°C. Coldest temperatures are encountered in highland and mountain areas in the northern and southern part of the country.

c)Average minimum (January) a) Average annual b) Average maximum (June)

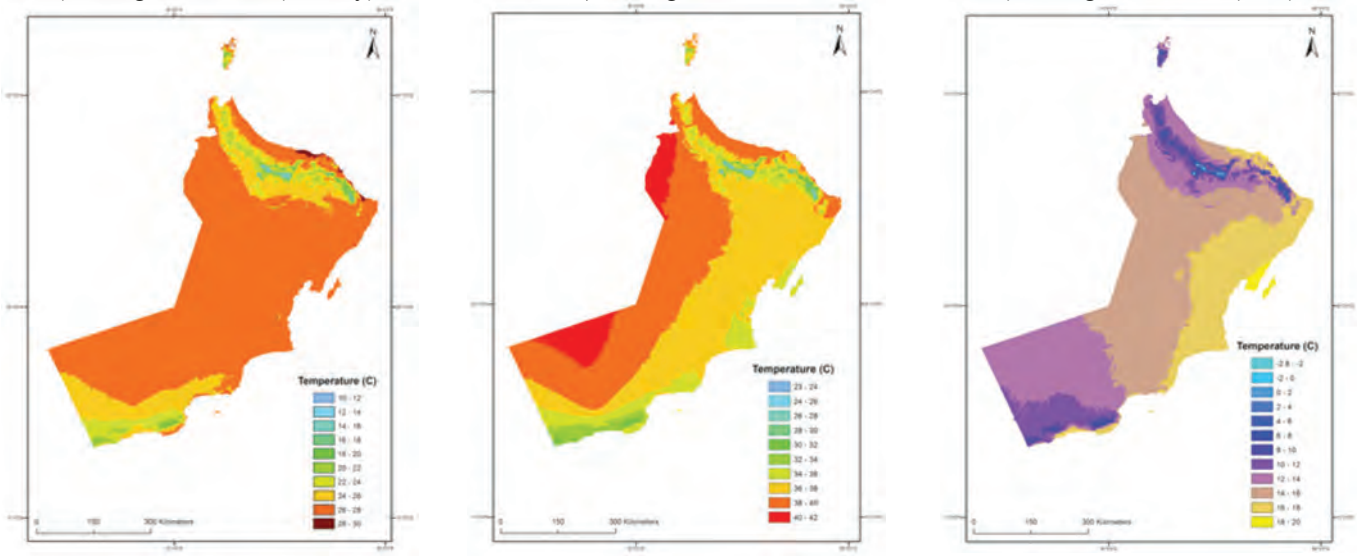


Figure 3. Temperature patterns of Oman, 1961-1990

Rainfall is caused by four principal mechanisms - convection, cold frontal troughs, monsoons, and tropical storms/cyclones - and their interactions with local topography and other meteorological conditions (Charabi, 2009; Kwarteng et al., 2008). Historical rainfall patterns in Oman are described below based on the 1960-1990 period (Figure 4).

Average annual rainfall: Overall, rainfall fluctuates between 27 and 400 mm/year.

The lowest average annual rainfall is found in the interior plains and coastal areas along the Arabia Sea. The highest average annual rainfall is found around peaks in the Hajar Mountains. Most of the highland areas of the country experience average annual rainfall within a narrow range between 50 and 100 mm/year.

Average summer rainfall: During the summer months of June through September, average rainfall is between zero and 20 mm for the overwhelming majority of the country. Indian summer monsoon brings the monsoon rains (locally known as khareef) along the Dhofar coast and bordering mountain areas. The average rainfall amount is between 20 and 60 mm during the summary months (between 100 and 400 mm per year). During the khareef season, parts of Dhofar region are transformed into lush landscapes of green field and verdant vegetation (Charabi, 2009).

Average winter rainfall: During the winter months of November through April, average rainfall is between 20 and 60 mm for northern parts of the country, and between zero and 20 mm for the rest. Cold frontal troughs originating in the North Atlantic or Mediterranean Sea are common during this period and are responsible for the rain in north of Oman. Physiographic conditions significantly affect average winter rainfall. For example, Muscat along the coast receives about 75 mm during winter. On the other hand, high elevation areas in the Hajar Mountains (400-3,000 MSL) receives between 80 and 120 mm in the winter months (between 250 and 400 mm per year) (Charabi and Al-Hatrushi, 2010) .

c)winter average b) summer average a) Annual average

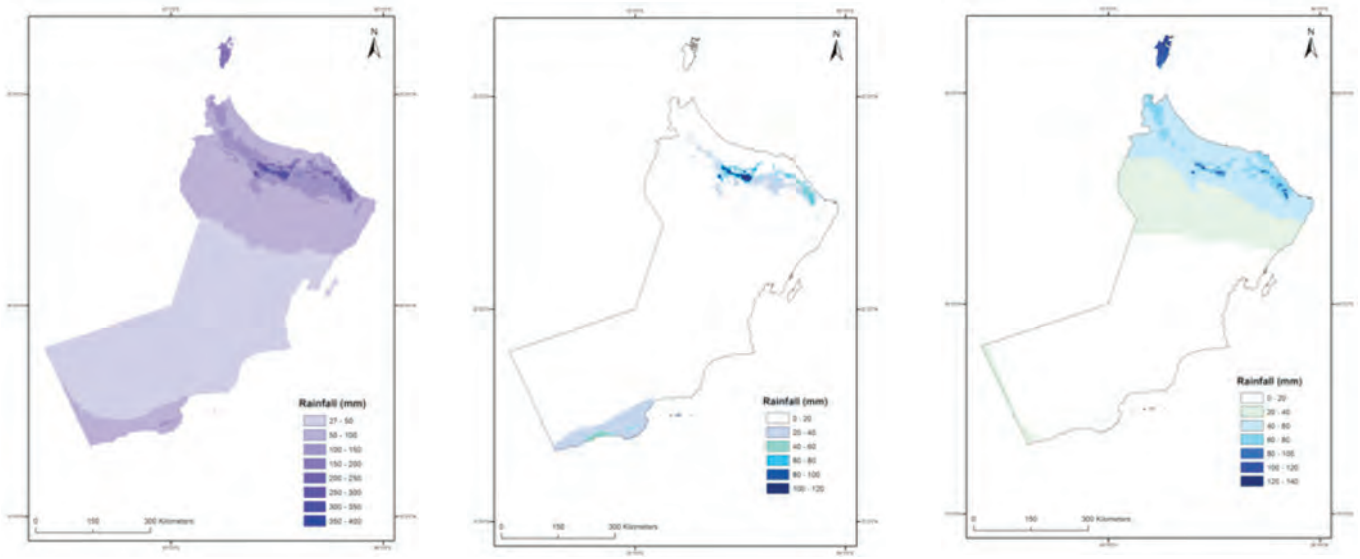


Figure 4. Rainfall patterns in Oman, 1961-1990

4. Future climate

Figure 5 shows the simulated average maximum temperature change during the periods 2010-2039 (Figure 5-a), and 2040-2069 (Figure 5-b). It can be seen from these figures, that A1B scenario clearly shows an increase in future maximum temperature in the range of 1°C to 2°C for the entire country through 2039, with the areas showing the highest change along stretches in the open desert just east of the UAE and along portions of the coast by the Arabian Sea. By 2069, average maximum temperatures are projected to increase in the range of 2°C to 3°C, with the geographic distribution of these changes following similar patterns as in the earlier period. Figure 6 shows the simulated mean minimum temperature changes during the periods 2010-2039 (Figure 6-a), and 2040-2069 (Figure 6-b). It can also be seen from these figures, that A1B scenario clearly shows future minimum temperature increases that are similar to the results shown for maximum temperature changes. For both time periods, there is a clear expansion compared to results for maximum temperature change, suggesting that minimum temperatures will experience the greatest impact from climate change. By 2069, most of the land area just south of the Hajar Mountains from the UAE border to the Arabian Sea are projected to experience an increase in average minimum temperatures by about 3°C.

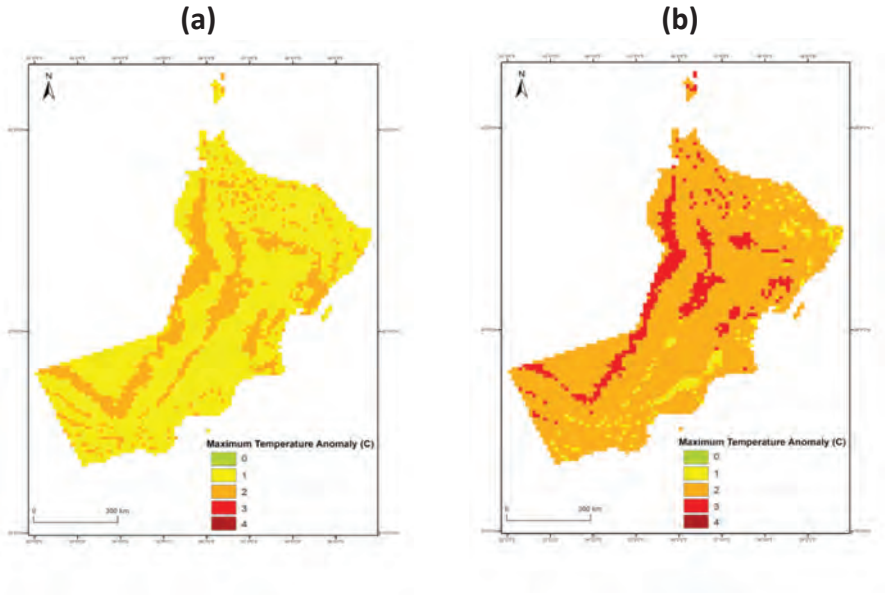


Figure 5. Projected changes in maximum temperatures across Oman for the period (a) 2010-2039 and (b) 2040-2069 with regard to the base period 1961-1990

Figure 7 shows the simulated average annual rainfall changes during the periods 2010-2039 (Figure 7-a), and 2040-2069 (Figure 7-b). It can be seen from these figures, that A1B scenario clearly shows that most of Oman will become drier, with large portions of the Hajar Mountains receiving up to 40 mm less in annual rainfall throughout the projection period. On the other hand, model results indicate that summer monsoons are likely to intensify, leading to increased rainfall in the southwestern parts of the country. By 2069, most of the Dhofar governorate and a large portion of the Al Wusta governorate are projected to receive up to 20 mm more in annual rainfall, with up to 60 mm more rainfall along coastal zones in the far southwestern parts of Oman.

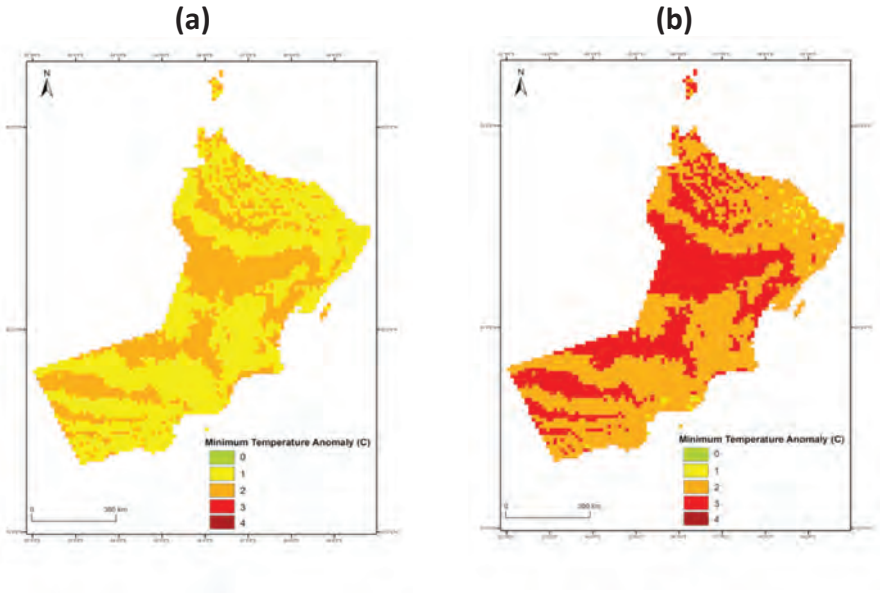


Figure 6. Projected changes in minimum temperatures across Oman for the period (a) 2010-2039 and (b) 2040-2069 with regard to the base period 1961-1990

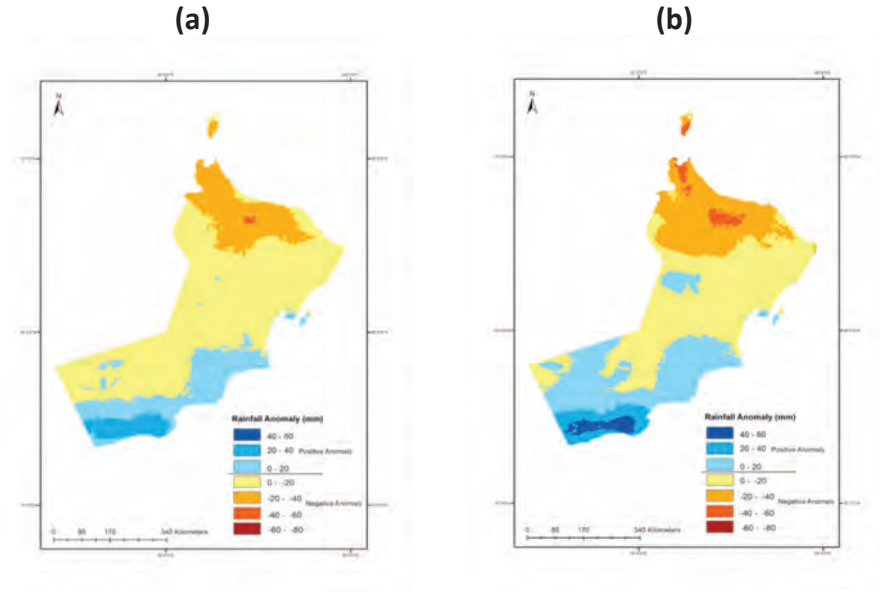


Figure 7. Projected changes in annual rainfall for the period (a) 2010-2039 and (b) 2040-2069 with regard to the base period 1961-1990

5. Conclusions

Oman's baseline climate was evaluated relative to temperature, rainfall patterns using proxydata. With climate change, these baseline conditions are expected to change. Projected changes in temperature and rainfall were assessed and the results of this assessment formed the basis by which the vulnerability of the country to climate change could be understood.

As discussed previously, northern Oman is expected to face decreasing rainfall in the coming decades. In a region where historic average annual rainfall levels are between 50 and 100 mm for the northern coast area, climate change is expected to lead to between 20 and 40 mm less rainfall by 2040. This is equivalent to a reduction in average annual rainfall of about 40%. With less future rainfall in northern areas, groundwater recharge and surface water flow are expected to also decrease. When combined with continued socioeconomic growth, current challenges in balancing water and energy supply and demand will grow more difficult, as will the capacity to maintain water quality standards.

Moreover, greater rainfall variability and longer drought episodes may adversely impact already fragile and vulnerable mountain ecosystems in the region. Even without climate change occurring, water availability and groundwater deterioration have been identified as major development constraints, with absolute water scarcity predicted as early as 2020 (Ministry of Regional Municipalities and Water Resources, Sultanate of Oman 2012).

During the last four decades, water tables in Oman, have dropped sharply as demand from rapidly urbanizing populations has outstripped supply from fossil water and local aquifers. The over exploitation of the coastal aquifers along Al-batina coast has resulted in an increase of salinity levels from saltwater intrusion. Currently, more than 16% of the water used originates from non-conventional water resources (desalination or wastewater treatment). However, in the mid-term perspective, the growing freshwater demand of the region cannot be sustained by the reliance on fossil water reserves, and the exclusive remedy will be for water desalination which will going to rise drastically. The desalination plants that are currently operating in Oman already have adverse environmental effects such as releasing gases, hot brine, treatment chemicals and other trace elements. Next to the production costs and carbon-emissions of this energy-intensive industry, their impact on marine life might become a liability.

In the light of the depletion of oil and natural gas and the Vision for Oman's Economy 2020, for take–off towards self-sustained growth in a private sector-led and an-oriented economy with diversified sources of national income, there is a quick need for Oman to build their national strategy for climate change adaptation and mitigation. Climate change impacts predicted for Oman will adversely affect the extent and the speed at which long-term, medium and even short-term national development goals will be achieved. It is clear that the cost of addressing impacts of climate change will far outweigh the cost of no action. Action on climate change is required across all sectors. A national strategy for climate change adaptation - is a necessary course of actions. This strategy should integrates and applies the best and most applicable approaches, tools and technologies. The involvement of policy-makers, researchers, the private sector and civil society in the elaboration of the strategy and actions plan is vital. Successful mitigation and adaptation will entail changes in individual behavior, technology, institutions, agricultural systems and socio-economic systems. These changes cannot be achieved without improving interactions among scientists and decision makers at all levels of society.

References

Al-Maskari, J (2010). How the National Forecasting Centre in Oman Dealt with Tropical Cyclone Gonu. Indian Ocean Tropical Cyclones and Climate Change, Yassine Charabi with Salim Al-Hatrushi(eds), Springer, (2010), 265-275.

Al-Sarmi S. and Washington R. (2011). Recent observed climate change over the Arabian Peninsula. J. Geophys. Res., 116 (2011). doi:10.1029/2010JD015459.

Almazroui M.,Nazrul Islam M., Jones P.D., Athar H.,Ashfaqur Rahman M. (2012). Recent climate change in the Arabian Peninsula: Seasonal rainfall and temperature climatology of Saudi Arabia for 1979–2009. Atmospheric Research. Volume 111, July 2012, Pages 29–45.

Charabi Y. (2009). Arabian summer monsoon variability: teleconnection to ENSO and IOD. Atmos. Res., 91 (2009), pp. 105–117.

Charabi Y. and Al-Hatrushi S. (2010). Synoptic aspects of winter rainfall variability in Oman. Atmospheric Research. Volume 95, Issue 4, March 2010, Pages 470–486.

Charabi Y and Bakhit A (2011). Assessment of the canopy urban heat island of a coastal arid tropical city: The case of Muscat, Oman. Atmospheric Research 101 (1), 215-227.

Charabi Y., Al-Bulooshi A., Al-Yahyai S. (2013) Assessment of the impact of the meteorological meso-scale circulation on air quality in arid subtropical region. Environmental monitoring and assessment 185 (3), 2329-2342.

Elsner J. B., Kossin J.P. Jagger T.H.(2008). The increasing intensity of the strongest tropical cyclones. Nature 455, 92-95. doi:10.1038/nature07234.

Ghaznafar S.A. and Fisher M. (1998). Vegetation of the Arabian Peninsula, Kluer Academin Publishers, Netherlands (1998), pp. 5–38.

Köppen W. and Geiger R. (1928). Klimakarte der Erde (1928) Gotha.

Kwarteng A.Y. Dorvlo A.S. Ganiga T. Kumar Vijaya (2008). Analysis of a 27-year rainfall data (1977–2003) in the Sultanate of Oman. Int. J. Climatol. (2008) http://dx.doi.org/10.1002/joc.1727.

Knutson, Thomas R. McBride, John L. Chan, Johnny. Emanuel, Kerry. Holland, Greg. Landsea, Chris. Held, Isaac. Kossin, James P. Srivastava, A. K. Sugi, Masato (2010). Tropical cyclones and climate change, Nature Geoscience 3, 157 - 163 (2010) doi:10.1038/ngeo779.

Ministry of Regional Municipalities and Water Resources, Sultanate of Oman (2012). (www.mrmwr.gov.om) (accessed 14/10/2012).

Nasrallah H. A., Balling Jr.R.C. (1996). Analysis of recent climatic changes in the Arabian Peninsula region. Theoretical and Applied Climatology, 1996, Volume 53, Issue 4, pp 245-252.

Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) website (www.ccafs-climate.org) (accessed 5/3/2012).

Webster P. J, Holland G.J. Curry J.A. Chang H.R.(2005). Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. Science, Vol. 309 no. 5742 pp. 1844-1846.DOI: 10.1126/science.1116448.

Education and Public Awareness in the context of Disaster Risk Reduction

Bernardo Aliaga

UNESCO's Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO/IOC)

Project manager National Multi-Hazard Early Warning System (NMHEWS) Oman

"We cannot stop natural calamities, but we can and must better equip individuals and communities to withstand them." UN Secretary-General Kofi Annan

Disaster Risk Reduction (DRR) and Education

Education in DRR is about building students' understanding of the causes, nature and effects of hazards while also fostering a range of competencies and skills to enable them to contribute proactively to the prevention and mitigation of disaster. (UNICEF&UNESCO, 2012)

A pedagogy that brings knowledge to life, practices skills, challenges attitudes and scrutinizes values is a pedagogy that is active, interactive, experiential and participatory. Knowledge can be learnt from books but if it is to be internalized it needs to be drawn upon and tested within real life arenas. Skills need to be practised if they are to be honed (one would not trust the driver who had learned to drive from a book).

Therefore, and if the message of disaster risk reduction in education is that students should be made ready to actively engage in pre-empting and facing potential disaster, then the medium through which they learn should be one of active engagement. In this case, the medium is also the message. A curriculum that calls students to action while they listen in a passive and sedentary manner will be received as incongruent.

In this talk we concentrate in only one of the several elements of Education and DRR, namely on the pedagogy of DRR. Other aspects of Education & DRR are the professional development of teachers, the evaluation of students, the expected learning outcomes and the curriculum for DRR and its integration into the general curriculum.

We will briefly address 6 pedagogical modalities for DRR in Education, which are described in the book Disaster Risk Reduction in School Curricula: Case Studies from Thirty Countries, UNICEF & UNESCO, 20121.

The first modality used in DRR pedagogy is interactive learning, by actively involving the students to the subject, either by discussing, going through interactive multimedia software or having experts visiting the classroom. It may include brainstorming, discussion in pairs, small or the whole group.

1 A PDF version of this book can be downloaded from http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002170/217036e.pdf

Two other modalities are affective learning and inquiry learning. Of these two modalities, affective learning (i.e., learning that addresses feelings and emotions) is the least disseminated. This is understandable given that the facilitation of emotional learning requires special skills. However given the increasing incidence and severity of disasters globally, the sad fact is that pre-disaster learning will increasingly occur within a post-disaster environment. This has been the case in countries like Indonesia after the 2004 Indian Ocean tsunami, but it has also been the case in Chile after the 2010 earthquake and tsunami. Inquiry learning is very common, consisting of team case studies, research and analysis. Affective learning instead proceeds by sharing feelings about threats and disasters or developing empathetic exercises with those that have suffered disasters.

A proxy of experiencing a disaster is to simulate, through film-making, drama including sketches or gaming, the real life experiencing of a disaster. This is a modality of pedagogy on DRR that is largely used in countries like Indonesia.

Much closer to action and development of actual skills to deal with situations of emergency is the field experiential learning modality. It could include visiting an area that has been affected by a disaster, like a flooded area, to see onsite the possible escaping routes, the blockage to some of the potential escaping ways, the force of nature. Interviewing local community members to share their experiences and developing hazard mapping for schools are other options available to teachers. Visiting a Warning Center and looking at the forecasting capacities and national hazard maps is another very effective manner in which students are put face to potential threats and dangers.

But the most definitely action-oriented and by this fact directly fostering a range of competencies and skills is the action learning modality. Through action learning students may contribute proactively to the prevention and mitigation of disaster within the context of the community. Examples of action learning are raising hazard awareness through door-to-door campaigns, or putting in place some structural or non structural mitigation measures, for example removing tree branches or litter out of a channel or raceway that is source of small flooding.

Public Awareness and Disaster Risk Reduction

Within the context of DRR Public Awareness concerns the extent of common knowledge about disaster risks, the factors that lead to disasters and the actions that can be taken individually and collectively to reduce exposure and vulnerability to hazards. (ISDR, 2009)

Public awareness is a key factor in effective disaster risk reduction. Its development is pursued, for example, through the development and dissemination of information through media and educational channels, the establishment of information centres, networks, and community or participation actions, and advocacy by senior public officials and community leaders.

To note in the above definition by ISDR that Public Awareness may be oriented to reduce exposure. Exposure refers to people, property, systems, or other elements present in hazard zones that are thereby subject to potential losses (ISDR, 2009). While in the short and midterm there may be little that can be done to reduce exposure of existing settlements or economic facilities (i.e. pipelines, coastal villas), there is a lot that can be done in term of structural and non structural mitigation measures, to save lives and increase resilience (recovery capacity after an event).

In fact, development contributes to expanding exposure. Recent observations and a growing body of analysis are now recognizing that when combined with the demographic characteristics of a region, the

main driver of risk is the growing socio-economic exposure to natural hazards. In the Asia Pacific region for example, the average number of people exposed to annual flooding has more than doubled from 29.5 in 1970 to 63.8 million in 2010; the number of people residing in cyclone-prone areas has grown from 71.8 million to 120.7 million in the same period of time.

There is therefore a trade off between development and exposure, which is arising more and more in countries that are achieving developmental targets.

Every country is unique with unique economic, political, cultural factors. Public Awareness is not prescriptive and requires each country to do its own due diligence and communications priority setting. There is no one-size-fits-all formula, nor is it likely that many countries would want this, particularly if their development is linked to it.

However, Public Awareness and Education activities should be guided by three important principles: sustainability; scalability; and consistency and standard messaging.

Public Awareness for repeated events like storm surges or flash flooding is probably easier to put in place, adapt, refine and sustain over extended period of time. More challenging is to sustain Public Awareness activities for disasters that are infrequent, like earthquakes or tsunamis.

This is particularly true nowadays, when the changing face of technology has increased the speed of communications, the quantity of information available and the mediums by which information is accessed. Multiple, often competing or false information sources obfuscate the message; while studies show that before they act, people seek consensus and want validation from many sources, such as friends, experts, public authorities, respected community leaders, radio, television and web sites. The proliferation of communication technologies also will make it challenging to maintain and/or build the credibility of the National Disaster Office to be seen as the single authoritative “voice” for all hazards.

Two suggestions to cope with this problem:

First, to develop clear, concise and precise messages for DRR that are based on a combination of preparedness actions layered on standardized behavioural responses that are applicable to multiple hazards.

Second: to use the best available science to create standardised messages that are scientifically sound but at the same time easily understandable and practical, calling scientist to produce the best knowledge available about hazards and vulnerability.

At this stage is good to recall that one of the most remarkable contributions of Science to increase awareness in a given field of knowledge has been produced within the framework of the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) that has enabled direct discussions at policy-maker level but has also engaged the wider public in a meaningful discussion about the future of humankind.

In a nutshell, Public Awareness and Education for Disaster Risk Reduction must be scientifically sound based, practical, and engaging each of us to action.

A Seismotectonic Approach to Tsunami Hazard Study in the Oman Sea Region

(EW system effectiveness in the region)

Mohammad Mokhtari,
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran
mokhtari@iiees.ac.ir

Abstract

Tsunami sources are important in tsunami warning and mitigation. Decisions on tsunami warning and mitigation commonly depend on data and understanding of where such submarine earthquakes can occur, how large they can get, what other features can enhance their effect, and how often they repeat. Within the seismotectonic framework for the Oman sea region we need to consider occurrences of both near and far field tsunami.

The Makran subduction zone, as near source; originated in the Cretaceous as part of closing of Tethyan seaways. It bent and broke oceanic sediments into an accretionary wedge that extends nearly 400 km northward from the present deformation front. Some scientists view the Makran Subduction Zone as currently being divided into two parts by the Sonne Fault zone. The historical records indicate one unambiguous Makran tsunami in the east. It was generated in 1945 in the eastern part of the subduction zone, in association with an earthquake of moment magnitude of 8.1. As for the tsunami, it reportedly reached heights of 12-15 m in Pasni, just north of the earthquake epicenter.

Using seismotectonic and tsunami wave travel time we will discuss the necessity of collective systems to predict and or warn the natural hazards. However, such predictions create no benefits unless there is an appropriate response, and the appropriate response is largely something that takes place at the local level.

Keywords: Makran, early warning system, Oman Sea, tsunami hazards, seafloor deformation

Introduction

Tsunamis can be generated in different ways, including earthquakes, marine volcanic eruptions, underwater explosions and underwater landslides. In this study, however the focus would be on tsunami caused by earthquakes and, more particularly; earthquakes occurring in subduction zones.

In every case, a large volume of water is displaced, leading to the generation of a series of long waves. These waves are typically of small amplitude (less than a meter) in deep water, but they travel fast, at speeds approximately proportional to the square root of the water depth. However, as a tsunami approaches a coastline, its speed decreases considerably, and its height increases very significantly, often reaching 15 m or more near the source zone.

An additional impact of earthquake can be observed, when tsunamis are generated by a local earthquake. Strong ground motion might occur prior to the arrival of the tsunami wave, with potential loss of life and typically with damage to buildings and infrastructure, possibly including bridges and other evacuation routes.

From Seismotectonic view point the Makran subduction zone is characterized by the subduction of the oceanic part of the Arabian plate beneath the Eurasian plate, and extends along the Gulf of Oman from the Zendan-Minab Fault system near the Strait of Hormuz in the west, to the Baluchistan volcanic arc in the east (Figure 1). It has one of the largest accretionary prisms in the world with a thick (7 km) unconsolidated sediments (Byrne, et al., 1992, Mokhtari et al. 2008), lying above a shallow dipping dcollement. The Makran subduction zone appears to be split into two segments (east and west) as indicated in Figure (1) separated by a sinistral fault known as the Sonne Fault.

Major historical earthquakes have been reported for the eastern segment (Ambraseys and Melville, 1982 and others), but the only event recent enough for a reliable magnitude occurred in 1945 near Pasni (Figure 2). According to a dislocation model that fits a single observation of co-seismic coastal uplift, rupture terminated about 30 km offshore, along the shelf edge (Byrne et al., 1992), suggesting a relatively narrow mega-thrust seismogenic zone. The 1945 Makran earthquake generated a tsunami that affected the coasts of Iran, Pakistan, Oman and India (Pendse, 1946; Ambraseys and Melville, 1982 and Byrne et al., 1992). The western segment of the Makran subduction zone may have witnessed the occurrence of a large offshore earthquake in 1483 (Ambraseys and Melville, 1982), although recent work suggests this may have been a moderate event that occurred in the vicinity of Qeshm Island near Strait of Hormuz, which may have been incorrectly associated with a separate event in the Zagros region (Musson, 2009). The lack of major earthquakes in the western segment either means the segment has been locked and accumulating strain energy for hundreds of years or it is creeping aseismically.

In this study after a brief review of seismicity in the region, the tsunami wave travel time simulation in the Oman Sea region will be illustrated and based on this result, the required early warning system will be discussed.

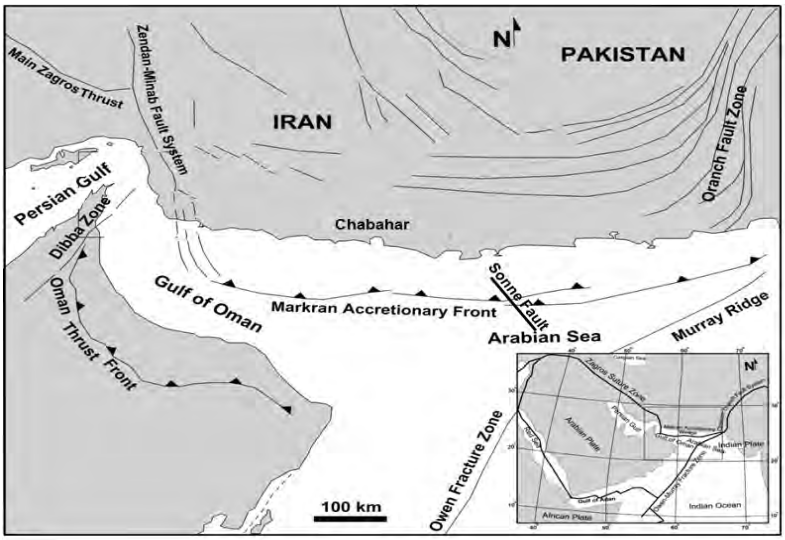


Figure 1: Plate tectonic setting of the Makran region and the main structural elements, the plate boundaries in the north of the Indian Ocean are also illustrated. (Modified after Mokhtari et al. 2008)

Seismicity

The dip angle of the slab in the western Makran where it subducts below the overriding lithosphere is not clear but it bends into the asthenosphere with a dip angle of about 300.

The free air gravity anomaly perpendicular to the eastern and the western Makran show that the gravity anomaly in the western Makran is more negative compared to the east. This means that the dip angle of the slab where it subducts beneath the overriding lithosphere is steeper in the west than in the east (Zarifi, 2006).

The present day seismicity in Makran is spars (Figure 2). Moderate to large magnitude earthquakes are either related to the down going slab at intermediate depths or shallow in the eastern Makran (e.g. 1765, 1851 and 1945 earthquakes), while western Makran is marked with almost no seismicity in the offshore area at present but might have experienced a strong earthquake in 1483 (Ambraseys & Melville, 1982; Byrne et al., 1992), however there is not enough evidence at the present to support this information. Page et al. (1979) have suggested that the presence of young marine terraces along parts of the western Makran, in Jask and Konarak (Figure 2), provides strong evidence for the occurrence of great thrust earthquakes in the western Makran. However, other researchers believe that the processes of formation of marine terraces are disputable and might not necessarily be related to the occurrence of thrust earthquakes (Fitch & Scholz, 1971; Byrne et al., 1992).

Observation in eastern Makran shows that the rate of seismicity in the westernmost of the 1945 earthquake ruptured zone has been increased (Quittmeyer & Jacob, 1979). This area almost corresponds to the easternmost of the rupture zone of the 1851 earthquake and there is speculation about recurrence of a future earthquake in this area (Byrne et al., 1992; Carayannis, 2006).

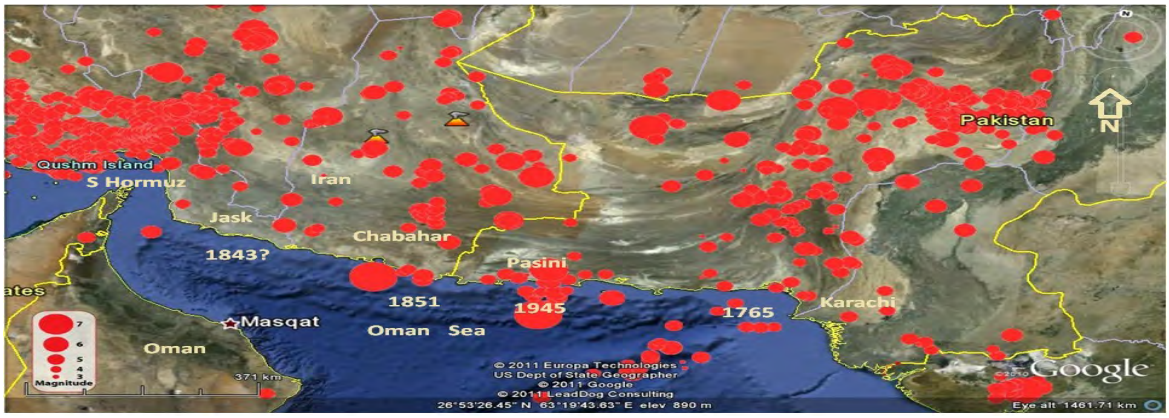


Figure 2: Historical (the numbers) and present (red filled circles) seismicity in the Makran Subduction Zone region and its vicinity.

Modeling and travel time computation

To be able to find out the effectiveness of an early warning system in the context of the tectonic setting of the Makran region a simulation of tsunami wave travel time computation is necessary. This will indicate a lead time (allowed time for risk reduction) for different locations along the potential effected coast lines. As tsunami hazard assessments rely more on numerical computation techniques, more accurate and detailed initial conditions are expected. Besides the hazard assessment purposes, future tsunami probability estimates can also help selecting sites for scientific instrumentation such as ocean bottom tsunami meters, which is an instrument for avoiding the false alarm issuance.

As it is well understood, the amount of vertical sea floor deformation is the main factor, which determines the initial size of a tsunami. This is controlled by the earthquake's magnitude, depth, fault characteristics and coincident slumping of sediments or secondary faulting (for example the splay faults, Mokhtari, 2014). Other features which influence the size of a tsunami along the coast are the shoreline and bathymetric configuration, the velocity of the sea floor deformation, the water depth near the earthquake source, and the efficiency which energy is transferred from the earth's crust to the water column.

In this study we used WinITDB software (developed by Novosibirsk Tsunami Laboratory) to simulate different scenarios for tsunami wave travel time computation. Only two examples are shown in Figures 3 and 4. Based on the result of this simplified modeling the tsunami wave travel time for example for Muscat would be in the range of 25-30 minutes, assuming the source locations in Figures 3 and 4. Considering this lead time it seems that an early warning system could considerable contribute to tsunami risk reduction for the coastal area. However, it is important to mention that this is a preliminary assessment and further more sophisticate modeling would be required, where a more accurate bathymetry data and also shape of the coastal region for accurate run-up height to be calculate.

It is important to mention that the source parameter in this study is the same as 1945 event for both figures.

In this computation the secondary affects of for example Splay Faults as a major strengthening factor for increasing the risk (Mokhari, 2014) has not been taken into account.

Figure 3: shows the tsunami wave travel time in the Oman Sea. The contour interval is 5 minutes. Here a point source as shown as cross has been assumed.

Figure 4: shows the tsunami wave travel time in the Oman Sea. The contour interval is 5 minutes. Here a plane source as shown in grey color has been assumed

Factors that determine the benefits of early warning systems

The following are the general assessment (main elements) that is required to be considered before any decision to set up an early warning system:

Frequency, we should investigate to know if the natural hazard is common or rare in the region.

Severity, we should know what is the magnitude of the risk to life or the damage to property that the hazard could cause?

Lead-time, assuming the warning issued, do we have enough time to react?

Accuracy, we should find out if the warning that has been issued is correct.

Response Costs, we should have some understanding on the costs of possible responses to the warning.

Loss Reduction, we should determine the expected costs of the disaster reduced using the alarm system assuming that the public reacts to the warning.

Early Warning System Cost, we should carry out an investigation on the cost of a warning system, after considering the above items. A feasibility study needs to be conducted with great precision taking into account also the public education and their awareness to full response.

Discussion and Conclusions

Tsunamis are infrequent but devastating events. The tsunami threat faced by Indian Ocean countries in general and Makran in particular consists of a tsunami from local, regional and distant sources, whose effects at any location are highly dependent on variations in seafloor shape between the source and the affected area. These factors if not being implemented accurately will make the design of an effective tsunami early warning system problematic. The followings are the main conclusion and suggestion that should be considered:

One of the essential parts of an effective warning system is the tsunami (earthquake) detection. In this capacity an appropriate seismic network system plays very important role. Therefore, the Oman seismic network, if combined with other seismic networks in the region, such as Iran, Pakistan, United Arab Emirate and Yemen will have an important bearing for event detection. It is however important to mention tidal gauge and if feasible tsunami-meter for false alarm avoidance need to be considered. The other important aspect is the proper preparedness (education) in regional and particularly in local sense, effective and easily accessible warring decimation system; well planned evacuation routes are other essential elements.

It is important to consider how modern technology and lessons learned from past tsunamis worldwide can be combined to create safer coastal communities, with tsunami-aware populations.

Through the effective development of national and local capabilities, EWS can play an important role in risk reduction. However, it must be stressed that national risk reduction strategies should not rely solely on EWS. If risk considerations are not adequately factored into national development strategies, disaster occurrence and loss will continue to increase, with or without the improved EWS capabilities. EWS

should thus be seen as a “last line of defense” for dealing with unmanaged risks. EWS must therefore be developed as an important component of much wider national risk management and reduction strategies. If developed as “stand alone” systems EWS may contribute to generate a false sense of security leading to indifference and passivity in vulnerable groups and sectors as well as national disaster management agencies and systems.

As mentioned the tsunami is infrequent, so a multi-hazard early warning system to contain as many as possible natural hazard should be considered from both practical and financial view point.

As there are very few (Tsunamigenic) historical seismic events known in the region, further Paleo-tsunami investigations could be very useful in the region as a major tool for tsunami reassurance assessment.

References:

Ambraseys, N.N., & Melville, C.P. (1982) A history of Persian earthquakes. Cambridge University Press, Cambridge, Britain, 218 pp.

Byrne, D. E., Sykes, L. R., and Davis, D. M. (1992) Great thrust earthquakes and aseismic slip along the plate boundary of the Makran subduction zone, J. Geophys. Res., 97(B1), 449–478.

Carayannis GP (2006) The potential of tsunami generation along the Makran subduction zone in the northern Arabian sea, case study: the earthquake and tsunami of November 28, 1945. Science of Tsunami Hazard, 24, 358–384.

Fitch TJ and Scholz CH (1971) Mechanism of under-thrusting in southwest Japan a model of convergent plate interactions, I. Geophys Res. 76, 7260-7292.

Mokhtari M (2011) Tsunami in Makran Region and its effect on the Persian Gulf, in: edited by Mokhtari M, Tsunami - a growing disaster, InTech Publication, Open book publication: http://www.intechopen.com/books/show/title/tsunami-a-growing-disaster

Mokhtari M. (2014, submitted for publication) The role of splay faulting in increasing the devastation effect of tsunami hazard in Makran, Oman Sea.

Mokhtari M, Abdollahie I, and Hessami Kh (2008) Structural elements of the Makran region, Oman Sea and their potential relevance to tsunamigenisis. Natural Hazards, 47, pp. 185–199.

Musson, R.M.W. (2009) Subduction in the Western Makran : the historian’s contribution. Journal of the Geological Society, 166 (3). 387-391.

Quittmeyer RC, & Jacob KH (1979) Historical and modem seismicity of Pakistan,

Afghanistan, northwestern India, and southeastern Iran. Bulletin of the Seismological Society of America, 69, 3, pp. 773–823.

Page WD, Alt JN, Cluff LS and Plafker G (1979) Evidence for the recurrence of large magnitude earthquakes along the Makran coast of Iran and Pakistan, Tectonophysics, 52, pp. 533–547.

Pendse, C. G., (1946) The Makran Earthquake of the 28th November 1945. India Meteoro. Depart Sci. Notes 10 (125), 141–145.

Sykes LR and Menke W (2006) Repeat times of large earthquakes: implications for earthquake mechanics, Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 5, pp. 1569–1596.

Zarifi Z (2006) Unusual subduction zones: Case studies in Colombia and Iran, Unpublished PhD thesis, the University of Bergen, Norway.

Final Statement

International Seminar on Natural Disaster Risk Reduction

28-29 October 2013, Sultan Qaboos University

Earth is exposed to many natural phenomena that cause disasters and risks, some of them are noticeable and devastating and others cannot be seen with bared eyes; however, they have influential impacts on the long run . Natural disasters require overlapping and effective efforts to reduce their impacts on the local, regional and global level. Hence comes the importance of the International Seminar on Natural Disaster Risk Reduction, organized by the Ministry of Education, represented by the Oman National Commission for Education, Culture and Science, in collaboration with Sultan Qaboos University, represented by the Department of Geography, Faculty of Arts and Social Sciences, and the General Authority for Civil Aviation, with the participation of some local institutions and international organizations.

The main objective of the seminar has been to raise community awareness of the risks of natural disasters, and to recognize the most important studies and modern systems used to reduce the impacts of natural disasters, in addition to identifying forms of natural disasters that the Sultanate of Oman is exposed to. Some of the seminar papers have shown that Oman, due to its geographical location, is vulnerable to drought and desertification. The geographical location and the fact that Oman overlooks the Arabian Sea, add another feature as it boarders regions of emergence of tropical cyclones that form in the Arabian Sea with predictable paths. These cyclones may be accompanied by heavy rains and winds . On the other hand, being on the edge of the Arabian Peninsula on a tectonic plate, makes Oman and neighboring areas prone to earthquakes and accompanying tsunamis waves.

The seminar have attracted, during the session, a group of directly related experts who undoubtedly went over their most significant expertise and experiences and their most significant insights to reduce the risk of natural disasters. Later, a set of recommendations were developed to be submitted to the decision-makers in the Sultanate of Oman for implementation in their respective fields.

1. Study the establishment of a national center for crisis and disaster management that is tasked to set a clear strategy to reduce the risks of natural disasters, taking into account planning, development, sus-

tainable development, integration, unification of efforts related to disaster management, review plans for the management and follow-up of all the studies and research, and hold conferences and seminars.

2. Believing in the importance of science and knowledge, the participants in the International Seminar on Natural Disaster Risk Reduction recommend the following:

   A. Study the establishment of a research chair at Sultan Qaboos University for the science of crisis and disaster management, and the establishment of a parallel specialization and a postgraduate program.

   B. Renovate and the introduce specialized units on disasters and ways to deal with them within the curriculum and educational activities for the different cycles, connecting that with training and rehabilitation for educational staffs.

   C. Continuously develop voluntary work programs in public education and higher education in particular.

   D. Development of media and training programs to help raise awareness, and ensure effective contributions of the various segments of society (including the disabled, taking into account their particularity) using all means of communication and modern technology to inform about how to best handle disasters at all stages.

3. Take advantage of international expertise and promote the transfer of knowledge, technologies and best practices to respond to disasters at all stages through partnership and communication between countries and international organizations. The practical activation of related conventions and protocols.

4. Continue to evaluate and develop infrastructure to ensure effective performance during crises and disasters.

5. Study the possibility of building appropriate shelters to receive populations affected by disasters.

6. Increase human and mechanical potential, raise the level of training and qualification of personnel, create trained and specialized local capacities in all branches of knowledge and action, and make sure these capacities join local and international seminars and conferences to gain expertise and experience in this area.

7. Participants stress the importance of early multi-hazard warning systems as an effective tool to save lives and property in disasters and emergency situations as a key element in disaster risk reduction, and give sufficient care to raising the capabilities of early warning systems and adapt related typical and renewed tools.

8. Effective coordination to keep up with new developments, upgrade operation centers and exchange information between the countries of the region on ways to cope with disasters in a way that ensures synergy and integration between all countries to confront these disasters.

Seminar photes

Sultanate of Oman
Ministry of Education

International Seminar on Natural Disaster Risk Reduction

28 - 29 octobar 2013