الفصل الرابع
النشاطات البشرية.. والزلازل

١- املأ البحيرة .. تبدأ الزلازل!!

هناك اعتقاد يقول إن ظاهرة الزلازل الناجمة عن نشاطات الإنسان الهندسية حدثت لأول مرة في عام ١٩٣٦ في حوض مياه ليك - ميد (الولايات المتحدة الأميركية). وقد نشأ هذا الحوض بعد بناء سد هوفر على نهر كولورادو، وقد تعددت وقتئذ التفسيرات لسلسلة الهزات التي حدثت في ذلك الحين، وكان من الضروري جمع كميات كبيرة من المعلومات، ومقارنتها بنتائج عمليات الرصد التي نفذت قبل الشروع بالتشييد.

ولكن بعد كارثة سدكوين في الهند بالقرب من بومباي في كانون الأول (ديسمبر) من عام ١٩٦٧ غدت المسألة المتعلقة بالهزات الأرضية الناجمة عن نشاطات الإنسان أكثر وضوحاً.. والاستنتاج الرئيسي الذي استخلص أن امتلاء أحواض المياه الواقعة في مناطق الزلازل النشيطة، يمكن أن يؤدي إلى هزات أرضية.

وكانت بداية الحديث العلمي عن التأثيرات السلبية لبناء السدود، عندما نشرت المجلات العلمية والتقنية المختصة قبل عدة سنوات أخباراً غريبة عن مسؤولية بحيرات السدود، أو البحيرات الاصطناعية بشكل رئيسي في خلق الزلازل الأرضية (Earthquake) وقد نشرت هذه المجلات أمثلة كثيرة نقتطف منها ما يلي (مصادر ٤٢ب، ٤٣).

- ٢٠٠ ضحية بسبب هزة أرضية حدثت عام ١٩٦٧، نتجت عن الإملاء الأولي للخزان الكبير في سد كوينا في الهند.

- ٥٠٠ هزة أرضية نتيجة الاملاء الأولي لسد كونترا في وادي فردزاسكافي بسويسرا، قرب منطقة لوكارنو.

انخفاضات شديدة بسبب السدود الترابية في منطقة (كريماستا) في اليونان.

ولعل المقالات العلمية المذكورة اضافة إلى العبارة الشهيرة للعالم الجيوفيزيائي الفرنسي روتيه (Rothe) في مجلة العلوم الجديدة (New Scientist) والتي جاءت في أحد مقالاته العلمية التي يقول فيها (املأ البحيرة ... تبدأ الزلازل)، هي التي فتحت المجال واسعاً للنقاش حول هذه النقطة. بنتيجة بحث هذه الموضوعات، ونشر هذه الأخبار وتواردها، مع اقامة كثير من السدود في أنحاء متفرقة من العالم، تشكلت هيئات معادية لبناء السدود، تنطلق من مبدأ ثابت لا شك فيه يقول: إن بناء السدود الاصطناعية يؤدي بشكل حتمي إلى حدوث الزلازل الأرضية.

كما أوضحت تسجيلات الحركات الاهتزازية للأرض بعد الاملاء الأرضي لمجموعة من سدود الوديان تسبب هذه السدود في حدوث حركات اهتزازية مرتفعة وبشكل واضح.

مجموعة من الاخصائيين الجيوفيزيائيين المهتمين بهذه المشكلة توصلت إلى نتيجة مفادها أن ارتفاع الماء في السدود، يشكل ضغطاً مائياً عالياً، تزيد معه فعالية مسارب الماء ضمن الصخور، وتنخفض بالتالي مقاومة القص للمساحات التكتونية (Tectonic) الواقعة في الأعماق، كذلك تنخفض اجهادات هذه المساحات المتشكلة نتيجة تغيرات درجة الحرارة.

ولا يمكن لأي شخص أن يجزم بأن وصول اجهادات القص إلى الحدود الحرجة ربما يتسبب في زلازل أرضية كبيرة خلال عشرة الآف سنة أو حتى خلال ألف سنة، مع العلم أن احتمال مثل هذه الزلازل وارد بشكل أكبر في المناطق التي تتصف بقابلية كبيرة لحدوث زلازل طبيعية (Seismism)، والتي تساعد اجراءات تخزين المياه فيها، بواسطة السدود، في نفوذ المياه المتسربة بين صخورها إلى أعماق كبيرة. وفي مثل هذه الأراضي لا بدَّ من اجراء الفحوص والدراسات الجيولوجية، والسيسمولوجية (Seismology)، وبشكل عام فإنه يلزمنا قبل اقامة السد في أي موقع اقامة محطة لرصد الزلازل، والكشف عن أرضية الخزان (بحيرة السد أو بحيراته)، بواسطة آلة تسجيل للهزات الأرضية. ومن المفيد أيضاً حفر الآبار العميقة أثناء دراسة الأرض المقترح اقامة السد فوقها.

*** سد فيجون ... حادثة غريبة.**

في الأراضي التي تتصف بمسارب للمياه في صخورها حدثت أكبر فاجعة في تاريخ سدود

الوديان، ونعني بذلك حادثة سد فيجون في ايطاليا والذي يبلغ ارتفاع قوسه ٧٢٥م، وبطاقة تخزينية قدرها ١٦٩ مليون م٣ من المياه (مصدر ٤٢). وقد تسبب الاملاء الأولي لخزان السد في عام ١٩٦٠ (عام انتهاء السد) في امتلاء مواقع التسرب بالمياه مؤدياً مع الزمن إلى تنشيط مساحات التزحلق، وفي تشرين الثاني من عام ١٩٦٣ انزلقت أرضية السد بكمية ٧٠٠ ألف م٣ من الأتربة والصخور وبسرعة ٣٠م/ثا، كما انزلق حجم ٢٧٠ - ٢٣٠ مليون م٣ من الطبقات الأرضية، ليتوضع عند قاعدة السد، وحتى ارتفاع ٢٢ م من مستوى التخزين، وتحركت كتلة هذه الطبقات بسرعة عالية شاقة بحيرة السد إلى قسمين، مسافة ٤٠٠ متر باتجاه الوديان و ١٤٠ متراً في الاتجاه المقابل (الشكل رقم ٣٣). وقد استغرقت الكارثة التي نجم عنها وفاة عديد من الضحايا عشرين ثانية من الزمن فقط.

إن هذه الظاهرة المفاجئة التي خلقت كتلة منزلقة مترابطة تسببت في موجة طاغية تفوق التصور والحسبان، حتى ان النصف الموجود من بحيرة السد والذي يضم حوالي ١١٥ مليون م٣ من المياه انقسم بدوره إلى قسمين، اتجه الأول باتجاه الوادي وإلى الأعلى بارتفاع ٢٦٠ متراً فوق منسوب البحيرة الأصلي، واتجه الآخر باتجاه الوادي ونحو الأسفل وبارتفاع ١٥٠ متراً فوق جدار السد، وتحطمت الكتلة بأجمعها أخيراً في الوادي حتى عمق٤٠٠ متر باتجاه منطقةلونغارون longarone المكتظة بالسكان، وغمرت المياه بشكل كلي خمس قرى وازهقت أرواح ما يزيد على ألفي مواطن وتسببت بمآس بشرية جسيمة ومحزنة، اضافة إلى الأضرار المادية الكبيرة.

والغريب أنه برغم هذه الكارثة الكبيرة فقد بقي جدار السد القليل السماكة والمقوس قائماً دون أن يصيبه أذى (مصدر ٤٤) أعقب هذه الفاجعة تشكيل لجان علمية خاصة، تدرس تأثيرات اقامة السدود على البيئة، وعلى الاخلال بالتوازن البيئي، وما يمكن أن يرافقها من آثار سلبية ضارة، ومن هذه اللجان، اللجنة العليا الخاصة ببناء السدود في النمسا التي تولت مهمة الكشف الدوري على السدود التي يزيد ارتفاع جدرانها عن ١٥ متراً، والمنشآت التخزينية الأخرى للمياه، والتي يزيد ارتفاع جدرانها عن ٤٠ متراً، وكافة المنشآت التي يزيد حجم مخزونها من المياه عن خمسة ملايين متر مكعب من المياه.

ان التأثيرات البيئية المترتبة عن بناء السدود كالهزات الأرضية يتصادف حصولها غالباً في الخزانات المبنية في المناطق الجبلية المرتفعة.

*** تفسيرات علمية مقنعة**

يخدم جوهر موضوع علاقة بناء السد وملء خزانه بالزلازل تقنية واعدة في مجال السيطرة على الزلازل تعرف باسم (مشروع رينجلي)، وقد اكتشفت هذه التقنية عرضاً عندما تبين أن السوائل التي حقنت في بئر عميقة أحدثت سلسلة من الهزات الأرضية الخفيفة، وتوقفت الاهتزازات بعد سحب السوائل. وافترض العلماء أن حقنات السوائل ربما خففت الضغط المتعاظم في منطقة التصدع كما تفعل الزيوت في الصخور عند مستوى عميق، إذ تحدث سلسلة من الاهتزازات الخفيفة التي لا ضرر منها.

ضمن هذا الإطار توصل العلماء السوفييت والأميريكيون، في سياق الأبحاث المشتركة التي قاموا بها في مدينة (نوريك) إلى معرفة أسرار وقوع الهزات الأرضية نتيجة لنشاط الانسان الهندسي.

فالعالم مر بحوادث مأساوية من جراء الهزات الأرضية المدمرة التي وقعت على أثر ملء خزانات كبيرة بالماء! ومن هنا جاء اهتمام العلماء بمنشآت (نوريك) المائية العملاقة لانتاج الطاقة في الاتحاد السوفييتي(٤٥)، والتي تبلغ طاقتها الانتاجية (٣ ملايين كيلو واط) يؤمنها سد ترابي ارتفاعه (٣٠٠)م وحوض مياه سعته (١٠,٥)كم٢ ، وست وحدات لانتاج الطاقة تعمل بالضغط العالي .. وقد بدأ ملء حوض مياه المحطة عام ١٩٧٢، علماً أن الحوض لم يكن مخصصاً فقط لانتاج الطاقة المائية، بل أيضاً لارواء مساحات شاسعة من الأراضي...

وقد تلت املاء الحوض هزات أرضية قوية لم يكن مقنعاً القول أن حصولها يرجع إلى مجرد التوافق الزمني.

وقد اتضح للعلماء أن ازدياد النشاط الزلزالي في الموقع يرتبط بارتفاع مستوى المياه في الحوض، وقد سجلت هزات أرضية في منطقة الحوض في أعوام (١٩٧٢ - ١٩٧٦ - ١٩٨٠ - ١٩٨٤). وحدد سببها في أن المنشآت العملاقة، وطبقة الماء، يعملان على زيادة الحمل على القشرة الأرضية ولذا تنشأ الهزات الأرضية ... فنشاطات الانسان الهندسية تؤدي دوراً حافزاً لانطلاق الطاقة الزلزالية التي تتراكم ببطء (طول سنين وأحياناً عشرات السنين) في الأقسام المشدودة من القشرة الأرضية، وان الانسان ببنائه أحواض المياه لا يضيف طاقة جديدة، وانما يطلق إذا جاز التعبير

«المارد من قمقمه». وقد أظهرت دراسة نتائج الأجهزة المركبة في منطقة محطة نوريك الكهربائية وتحليل المعلومات الناتجة أن العلاقة بين تغيير مستوى المياه في الحوض، وازدياد عدد الهزات الأرضية هي علاقة مباشرة، كما أظهرت أن النشاط الزلزالي في منطقة المحطة زاد مقارنة بالسنوات التي سبقت بناءها بمقدار الضعف، ولكن على شكل هزات صغيرة القوة، ذلك أن تسرب المياه من الحوض تحت الضغط إلى أعماق الأرض عبر الشقوق والصدوع العديدة يجعل المياه تؤدي خلال ذلك دور (مادة التزييت)، التي تسهل الحركة الزلزالية الطبيعية بالنسبة إلى المنطقة مع ثبات الشد، وفي النتيجة يقل عدد الهزات القوية، ويزداد عدد الهزات الضعيفة من ضعفين إلى ثلاثة أضعاف (مصدر ٤٥).

وبنتيجة هذه الدراسات في منطقة نوريك وغيرها وضع العلماء توصياتهم للمختصين في بناء المنشآت المائية، فاقترحوا جهازاً يركب على المنشأة لمراقبة نشاط الزلزال (الشكل رقم ٣٤)، ففي حالة استشعار خطر يعمل الجهاز على ضخ كمية من الماء مدروسة بدقة، يلقيها خارج الخزان، فتخف حدة التوتر في القشرة الأرضية.

٢- دراسة الظواهر الزلزالية ... مطلب ضروري وملح:

عموماً فإن حوادث الزلازل في منطقة ما تتعلق بنظام الاجهادات المتولدة في نقطة التوتر (تقسيمات شدة الزلازل على الخارطة) وببنية الصخور وخواصها الفيزيائية في تلك النقطة. كما أن شدة الهزة الأرضية في موقع بؤرة الزلزال على سطح الكرة الأرضية تتناسب عكساً مع عمق هذه النقطة عن منشأ انطلاق الزلزال. ان زلزالاً سطحياً ذا شدة معتدلة يكون ذا فعالية أعلى وخطر أكبر من زلزال عميق ذا شدة مرتفعة. ونضرب مثالاً على ذلك بالزلزال الذي ضرب مدينة أغادير في المغرب، حيث كانت قوته لا تتجاوز (٥,٧) ريختر بينما عمق بؤرة الزلزال لم يكن يتجاوز (٢ – ٣كم)، ولكن نتائج هذا الزلزال، وآثاره المدمرة كانت مأساوية بشكل كبير. وكذلك بالزلزال الأخير لمنطقة أرمينيا السوفييتية الاشتراكية سابقاً الذي حدث بتاريخ ١٩٨٨/١/٧ وكان مركزه على بعد (٥٠كم) عن مدينة لينيناكان، بينما كانت شدة الهزة الأرضية في المركز حوالي (١٠) درجات بمقياس ميركالي، ولكن بؤرة الزلزال لم تكن على عمق كبير ذلك أنها لم تتجاوز (١٠ ١٥كم) ولهذا انهارت المباني بسرعة كبيرة وقد بلغ قطر المنطقة التي شملها الزلزال (٨٠كم)، وكان الدمار شاملاً ومأساوياً اهتز له العالم بأسره.

وبديهي أن الخسائر الناجمة عن الزلزال لا تقتصر على خسارة الأرواح البشرية، بل تتعداها لتشمل دمار المنشآت الاقتصادية كالمباني والسدود والطرق والجسور، وكذلك الحوادث الثانوية الناجمة عن الزلازل كالفيضانات والحرائق والمد البحري التي تزيد من فداحة الأخطار العامة، والتي تؤدي أحياناً إلى كوارث مريعة في مختلف مناطق الأرض في مساحة تعادل خمس سطح الكرة الأرضية تقريباً.

عموماً فإن جسامة الخراب تتوقف على نوع المباني في المدينة، فإذا كانت المباني قد أحسن تشييدها، وكانت متينة الأسقف والأرضيات كناطحات السحاب الممتازة الحديثة التي لها هياكل من الصلب أو تلك المباني المحسوبة على أساس مقاومة الزلازل، فإنها تقاوم الزلازل، وتحقق الأمان للناس بداخلها. أما إذا كانت البيوت مبنية من الطوب أو الحجارة، أو كانت الأسقف والأرضيات غير مثبتة إلى الجدران تثبيتاً متيناً، فإنها تتداعى كما لو كانت مبنية من الورق. وحينئذ تجري أحداث مروعة وكأنها حلم مزعج كالكابوس، إذ لا يكاد الناجون من الناس يفيقون ويبدأون في انقاذ أولئك الذين وقعوا تحت الأنقاض حتى تشب الحرائق ويتصاعد الدخان في كل أنحاء المدينة، وتصبح عمليات الانقاذ صعبة جداً، ذلك أن الشوارع تكون مليئة بالأنقاض تتكدس فيها الأخشاب والطوب والحجارة في أكوام عالية ترتفع لعدة أقدام، وتكون أدوات الاطفاء غالباً مدفونة أو مكسورة، وحتى لو كانت سليمة فإن حامليها لا يستطيعون عبور الشوارع، وخصوصاً إذا كانت المدينة قديمة ذات أزقة وطرق ضيقة. ولن يكون هنالك آنئذ إلا كمية ضئيلة جداً من الماء اللازم لاطفاء الحريق، ذلك لأن أنابيب المياه التي تحت الأرض وفوقها تكون قد التوت وانفصلت عن بعضها البعض مما يتسبب عنه انعدام ضغط الماء فلا تمتلىء الخراطيم، فتلتهم النار المدينة بيتاً بعد آخر وشارعاً بعد شارع، فليس هناك ما يوقفها، وقد يصبح نصف المدينة أو ثلاثة أرباعها اطلالاً، وربما دمرت المدينة كلها في بعض الأحيان.

وتهون أخطار الزلازل إذا كان المركز السطحي للهزة الأرضية واقعاً في عمق البحار (في عام ١٩٢٩ وقع زلزال ذو شدة كبيرة تحت المحيط الأطلسي في مكان بعيد عن مدينة نيويورك ١٢٩٠ كيلومتراً)، أو إذا كان واقعاً في أعماق الصحارى أو في المناطق النائية عن التجمع السكاني، ولكن الأخطار المحتملة على البشر واردة وتزيد يوماً بعد آخر نتيجة ازدياد عدد سكان المدن، وتحول كثير من المناطق الجرداء إلى مدن صغيرة تكبر يوماً بعد آخر، وتأثير الفعاليات الاقتصادية الهامة

كالتنقيب عن النفط في البحار في تنشيط الزلازل ، وهذا يستدعي الاهتمام بدراسة الظواهر الزلزالية أيا كان موقعها.

على المستوى العالمي فإن الدول المعرضة للزلازل تعتمد برامج مماثلة يتم تنسيقها من قبل الجهات المتخصصة في مراقبة وتسجيل وتحليل البيانات الزلزالية. ونتيجة لنجاح وفاعلية هذه البرامج على المستوى القطري فإن اليونسكو اعتمدت مؤخراً تنفيذ البرنامج الدولي لتقليل المخاطر الزلزالية والذي يعتبر مكوناً رئيسياً ومهماً ضمن العقد الدولي لتقليل المخاطر الطبيعية.

ولما كانت دول الوطن العربي بما تملك من مقومات وأسسا مشتركة ومبادىء وقيماً دينية واخلاقية تفرض عليها الحفاظ على أي شكل من أشكال التقارب والتعاون فيما بينها لتحقيق التكامل العربي المنشود خصوصاً منه ما ينعكس على توفير الأمن والحماية لدوله، وضمن هذا الاطار فإن من مسؤولية الجهات العلمية المتخصصة في الدول العربية ومنها مثلاً (المركز العربي للدراسات الأمنية والتدريب في الرياض بالسعودية) أن تتبنى تنظيم وترتيب أسس لاستراتيجية عربية لتخفيف المخاطر الزلزالية وتحديد منطلقاتها ومبادئها وأبعادها وأهدافها وآليات تنفيذها، بما يوافق الظروف العربية، وتحديد أسس الاستفادة المثلى من هذه الاستراتيجية من خلال الاستغلال الأمثل للطاقات البشرية والامكانات المادية والتقنية. وبعد أن تنهي هذه الجهات ترتيب واعتماد مثل هذه الاستراتيجية يمكن لجامعة الدول العربية تعميمها على مستوى الدول العربية لاستخراج استراتيجيات وطنية قابلة للتطبيق وطنياً ومحلياً أيضاً.

وعملياً فإن اعتماد وتنفيذ البرامج الوطنية العربية لتقليل المخاطر الزلزالية يعتبر هدفاً استراتيجياً رئيسياً وأساسياً له فوائد تنموية وغايات تطويرية بعيدة المدى لضمان التقدم الاقتصادي والتكنولوجي المستقبلي في الدول العربية.

ان الهدف المركزي والحاسم لأي استراتيجية عربية لتقليل المخاطر الزلزالية هو:

«التقليل والتخفيف – إلى الحدود الدنيا – من الخسائر البشرية والمعاناة الاجتماعية والفوضى الاقتصادية والتشويش السياسي والأضرار البيئية ... الخ التي تنتج عن حدوث الهزات الأرضية».

ان بلوغ هذا الهدف بنجاح يعتمد على اتخاذ كافة الاجراءات اللازمة لمتابعة تنفيذ ثلاثة نشاطات بشكل متواز ومتكامل وهي:

- جمع وتوثيق المعلومات والبيانات عن الخبرات المكتسبة والممارسات المتبعة عالمياً لتخفيض المخاطر الناتجة عن حدوث الزلازل وتشخيص فجوات المعرفة والادراك بهذا الموضوع في الوقت الحاضر.

- اعتماد والتعجيل في تطبيق كافة الاجراءات والتدابير الفاعلة والمؤثرة للتخفيف من الكوارث الزلزالية والاستعداد لمواجهتها بأقل خسائر بشرية ومادية ممكنة.

- ايجاد وتطوير وصيغ علمية وهندسية لتحسين أداء الأساليب المتبعة حالياً لتقييم المخاطر الزلزالية المتوقعة وتطوير الممارسات الكفيلة بتخفيف الخسائر الناتجة عنها.

ويمكن لمركز عربي متخصص بالبحث والتطوير الزلزالي أن يدعم تطوير الاستراتيجية العربية المذكورة، وان تغذيته بالامكانات المناسبة سيجعله مؤهلاً للعب هذا الدور، ويمكن أن يضطلع بالنشاطات التالية:

- تنفيذ البحوث الأساسية والتطبيقية.

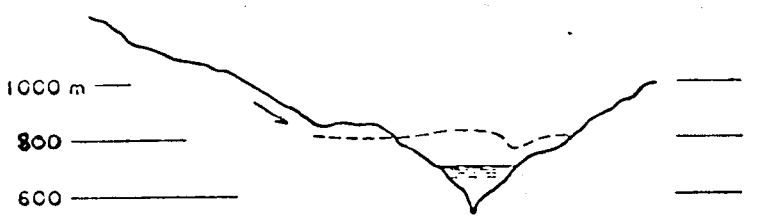
- تخطيط استراتيجيات البحث العلمي بعيدة المدى والخطط البحثية قصيرة المدى.

- نقل وتوطين التكنولوجيا وادامة التفوق والتميز العلمي.

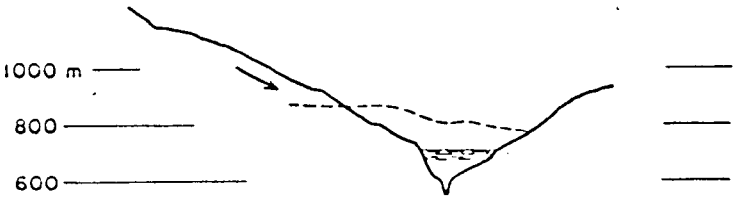
- تقديم المشورة العلمية والفنية.

- اقامة البرامج التعليمية والتدريبية.

وكل ذلك يصب في اطار حماية الأقطار العربية ونسجها الاجتماعي وبنيتها التحتية والبيئة الطبيعية فيها أيضاً.

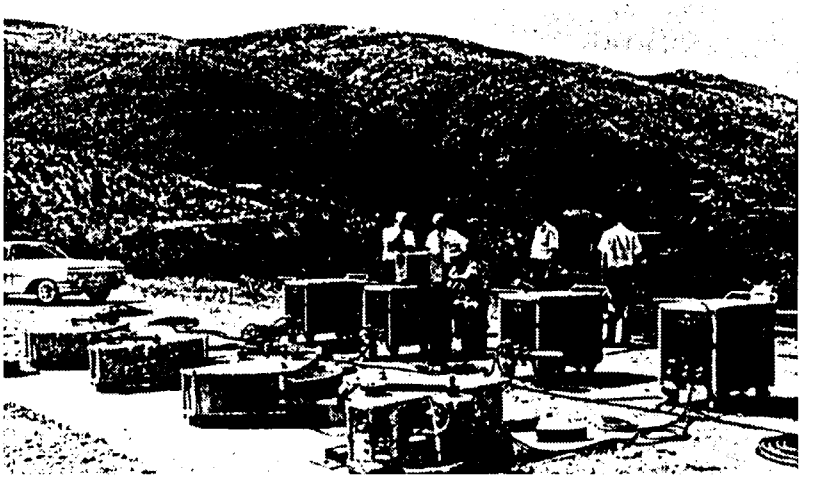


مقطع (1)



مقطع (2)

الشكل رقم ـ ٣٣ ـ انزلاق خزان سد فيجون ـ ايطاليا



الشكل رقم ـ ٣٤ ـأربعة أجهزة قياس لتسجيل الذبذبات الزلزالية الناتجة عن إملاء خزان سد أرضي.