

الباب الخامس
الطاقة المائية

WATER ENERGY

في نهاية هذا الباب يكون الطالب قادر على:-

- التعرف على الطاقة المائية.
- التعرف على طرق انتاج الطاقة من البحار والمحيطات.
- التعرف على طرق انتاج الطاقة المائية.
- التعرف على انتاج الطاقة من امواج البحر.
- التعرف على انتاج الطاقة من المد والجزر.

الطاقة المائية

Water Energy

مقدمة:

للماء دورة في الطبيعة تسمى الدورة الهيدرولوجية شكل (5-1) حيث تتجمع الامطار الساقطة في الانهار والمحيطات وتتبخر عن طريق الشمس وتتجمع في سحب ثم تسقط مرة اخرى كامطار وهكذا .

وعند تحرك الماء من مكان الى اخر يمكن استغلاله لانتاج الطاقة الكهربائية مثلا.

ومن اخر الاحصائيات وجد ان حوالى 30% من الطاقة المنتجة في العالم يتم الحصول عليها من الطاقة المائية . ويوجد دول كثيرة مثل النرويج تحصل على 99% من طاقتها من الماء وكذلك كندا تحصل على 78% من طاقتها من الماء.

واستخدام الماء كمصدر للطاقة دون فقد للماء خلال استغلاله يتم بناء خزان كبير تجمع فيه المياه ثم تترك المياه تتدفق بمعدل ثابت لتسقط من ارتفاع لتحرك التربينات والتي بالتالى تولد طاقة كهربائية . وكلما كان هذا الارتفاع كبيرا كانت الطاقة المتولدة من حجم معين من المياه اكبر.

ويوجد طاقة اخرى تتولد من المد والجزر الذى يتم على الشواطئ ويمكن استغلال هذا التحرك في توليد الطاقة كذلك شكل (5-2).

ويتم الحصول على الطاقة المائية باستخدام التربينات حيث ان اندفاع الماء تحت ضغط مرتفع يسبب دوران عجلات التربينات ويمكن ان يكون تقابل الماء مع العجلات من اعلا او من اسفل حيث الحالة الاولى يعتمد على تخزين المياه خلف سد اما الحالة الثانية فيعتمد على طبوغرافية المنطقة وميولها شكل (5-3) وطاقة الوضع ل حجم معين من الماء على ارتفاع معين يمكن استنتاجها من العلاقة

$$E = M g h$$

حيث ان

E طاقة الوضع

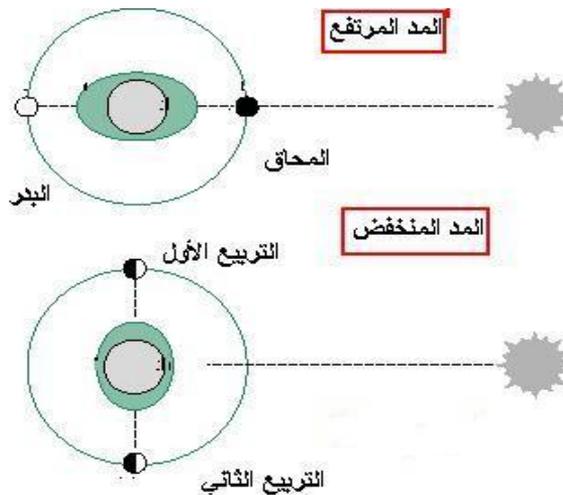
M كتلة الماء (كجم)

g عجلة الجاذبية الارضية = $9.8 \text{ م } \text{ث}^{-2}$

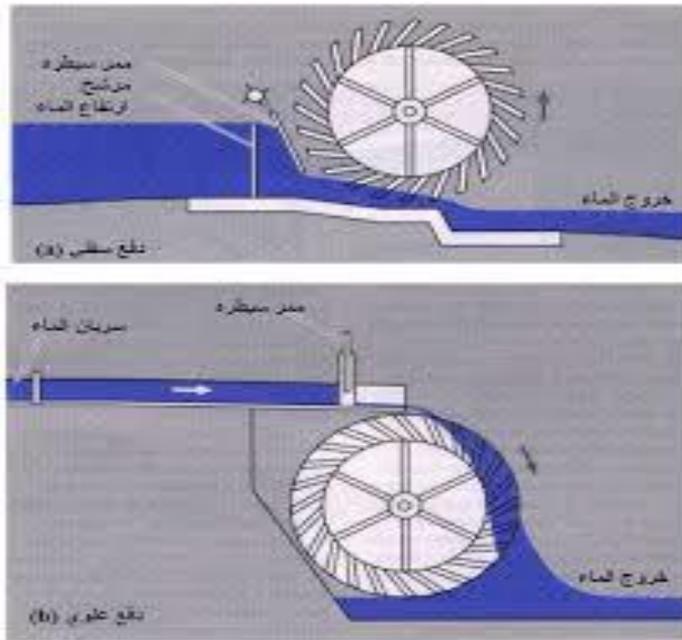
h الارتفاع بالمتر



شكل (1-5) الدورة الهيدروجينية



شكل (2-5) فكرة الطاقة المائية وطاقة المد والجزر



شكل (3-5): شكل التوربينات

معنى ذلك ان واحد متر مكعب من الماء كتلته 1000 كيلو جرام فان طاقة الوضع لهذا الحجم على ارتفاع مائة متر تكون 9.8×105 جول وهذا يقابل 0.27 كيلو وات/ساعة اي ان حجم 3.7 متر مكعب على ارتفاع 100 متر لهم طاقة وضع وتعادل واحد كيلو وات/ ساعة . وانسياب مياة بمعدل 1 م³/ث من ارتفاع مائة متر ينتج طاقة تقريبا واحد ميغاوات (9.8×105 وات).

مثال :

احسب حجم الماء المراد تخزينه والتي يحتاج اليها لتوليد طاقة تعادل 40 كيلو وات . ساعة اذا علمت بان كفاءة التربينات والمولد واجهزة نقل الحركة تعادل 30% وان متوسط ارتفاع سطح الماء 6 متر

الحل

$$\text{Actual Energy} = \frac{40}{0.30} = 133 \text{ kW.hr}$$

$$E = m \times g \times h$$

$$E = 133 \text{ kW. Hr.} (1000 \text{ j}\backslash\text{s})(3600 \text{ s}) = 4.79 \times 10^8 \text{ j}$$

$$m = \frac{4.79 \times 10^8}{6 \times 9.8} = 8146258.5 \text{ kg}$$

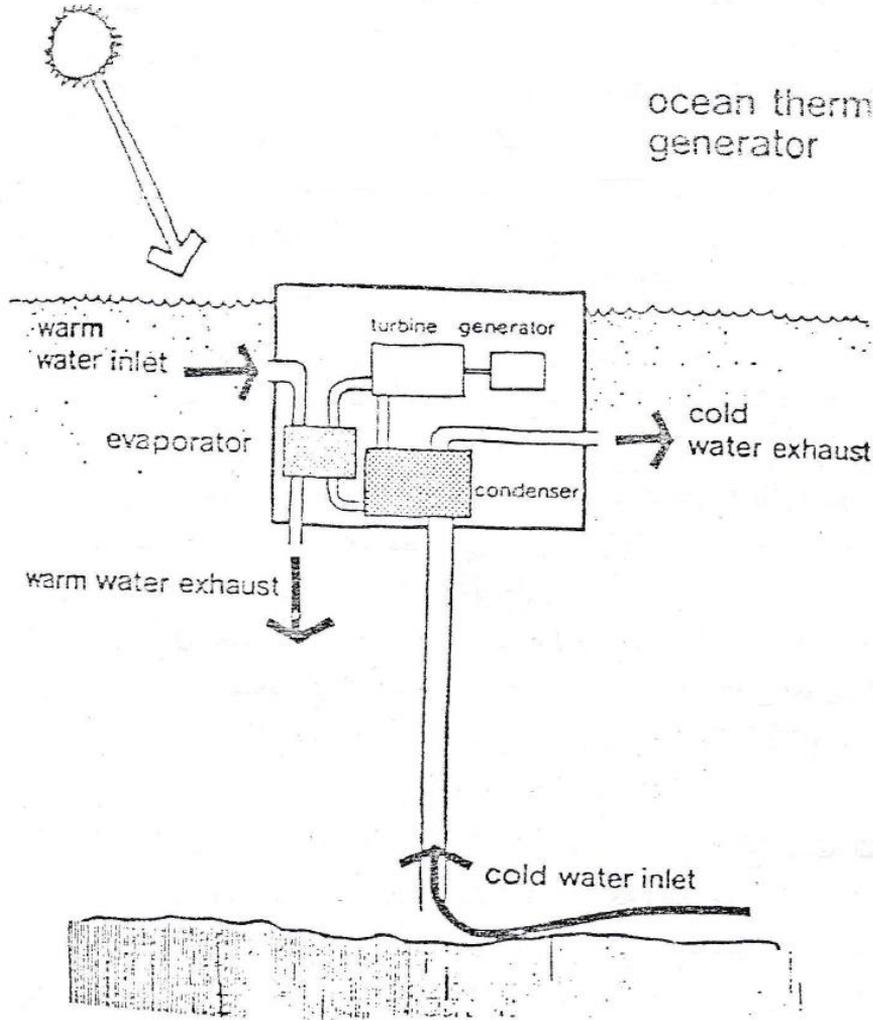
$$V = \frac{m}{1000} = 8146.2585 \text{ m}^3$$

انتاج الطاقة من مياه البحار والمحيطات

قامت الكثير من الدول فى الاعوام الاخيرة بالبحث عن مصادر جديدة للطاقة وقد اتجهت انظار الباحثين فى هذا المجال الى مياه البحار والمحيطات لاستخدامها فى انتاج الطاقة التى يمكن استعمالها فى بعض الاغراض وقد تركزت البحوث التى اجريت فى هذا المجال فى ثلاث اتجاهات فتناولت بعض هذه البحوث امكانية استخدام الفرق فى درجة حرارة مياة المحيطات ودار بعضها الاخر حول استخدام امواج البحر وتناول بعضها كذلك استخدام ظاهرة المد والجزر فى انتاج الطاقة الكهربائية.

انتاج الطاقة من حرارة مياه البحار:

بدأت فكرة استخدام الفرق في حرارة مياه البحار والمحيطات لانتاج الطاقة تراود كثير من العلماء منذ فترة ليست بالوجيزة فهي تقدم احتمالات لا بأس بها لتوليد الكهرباء كما انها تقدم قدرا مناسباً من الطاقة التي يمكن استخدامها في انتاج بعض المواد الاولية . وتختلف درجة حرارة مياه المحيطات باختلاف الطبقة التي توجد فيها هذه المياه فالمياه السطحية في البحار والمحيطات تخزن قدراً هائلاً من طاقة الشمس التي تقع عليها طوال النهار . بينما تقل درجة حرارة مياه الاعماق وتظل باردة الى حد كبير ويصل الاشعاع الشمسي الى ذروته بين مدارى السرطان والجدى عند خطى عرض 33.5 شمال وجنوب خط الاستواء ونظراً لان سطح الارض في هذه المناطق يتكون من نحو 90% من المحيطات فان المياه السطحية في هذه المناطق ترتفع درجة حرارتها بشكل ظاهر وقد تصل الى نحو 30 °م في المناطق التي تقع على خط الاستواء . (شكل 4-5)



شكل (4-5): كيفية الاستفادة من التيارات المائية في المحيطات

وتتفوق طبقة المياه الباردة السفلية نتيجة لذوبان الثلوج الآتية من المناطق القطبية ونظرا لبرودة هذه المياه فان كثافتها تكون مرتفعة ولهذا فهي تهبط الى الاعماق وتكون طبقة باردة تحت طبقة المياه السطحية الدافئة وتمتد ببطء من القطبين الى خط الاستواء وقد تصل درجة حرارة هذه الطبقة الباردة الى 4 م على عمق 600م تحت سطح البحر ومن المعروف ان جسم الآلات الحرارية يلزم لادارتها وجود مصدر ساخن ووجود مخرج بارد وان هذا الفارق بين درجتى حرارة المصدر والمخرج هو الذى يعطينا الطاقة او الشغل اللازم لادارة الآلة.

وقد فكر العلماء فى استخدام الفرق بين درجة حرارة المياه السطحية والدافئة بين درجة حرارة المياه السفلية والباردة . وفى توليد الطاقة المحركة وعلى الرغم من صغر هذا الفارق الا انه يكفى نظريا للاستفادة منه فى توليد الطاقة وان كانت كفاءة المحرك الحرارى الناتج ستكون قليلة الى حد ما وقد لا تزيد عن 30% وبالرغم من قلة كفاءة مثل هذه الالة الحرارية الا ان هذه الطاقة مجانية ولا تكلف الناس شيئاً ويشترط لنجاح توليد الطاقة من مياه البحر بهذا الاسلوب الا يقل الفرق فى درجة الحرارة بين طبقتين المياه الدافئة والباردة عن 15[°]م.

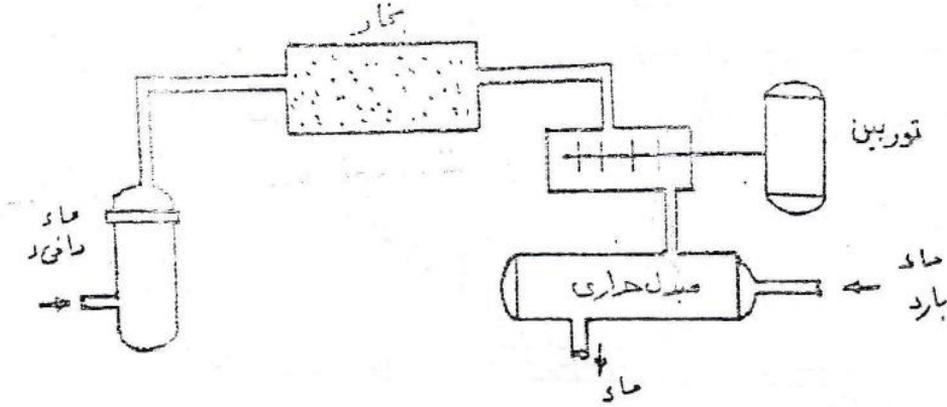
وقد كان الفيزيائى الفرنسى(جاك دار سونفال) هو اول من تقدم بأفكار مناسبة للاستفادة من طاقة مياه البحار عام 1881 ومع ذلك فقد كانت اولى المحاولات الناتجة من هذا الاتجاه فى عام 1929 وقام بهذا مهندس فرنسى يدعى (جورج كلود) فاقام محركاً صغير قدرته 22 كيلو وات على شاطئ البحر استخدم فيه المياه الباردة من اعماق البحر عبر انبوبة طويلة ولم تكن هذه المحاولة ناجحة من الناحية الاقتصادية . الا انا برهنت على امكان تنفيذ هذه الافكار وقد بدئ فى تشغيل اول محطة لتوليد الكهرباء تعمل بمبدأ الاستفادة من الطاقة الحرارية للمحيط فى الولايات المتحدة فى اغسطس 1979 وتبين من التجارب التى اجريت فى هذا المجال انه يجب استعمال ثلاث امتار مكعب من الماء فى الثانية لانتاج ميغا وات واحد من الكهرباء .

وهناك طريقتان لاستغلال حرارة مياه البحار فى انتاج الطاقة الكهربائية تتضمن احدهما استعمال ما يسمى بالدائرة المفتوحة وفيها ما يستعمل ماء البحر وحدة فى حين تتضمن الاخرى استعمال سائل اخر سريع التطاير بجوار مياه البحر وهى تسمى بطريقة الدائرة المقفلة .

طريقة الدائرة المفتوحة

هذه الطريقة غاية فى البساطة ولا تستعمل فيها الا ماء البحر فقط فيرتفع ماء سطح البحر الدافئ الذى تكون حررته نحو 30 مئوى الى مبخر خاص تحت ضغط مخلخل يصل الى نحو اجزاء من مائة جزء من الضغط الجوى المعتاد. فيتحول هذا الماء الى بخار يرفع بعد ذلك ليمر على توربين ومنه إلى مبادل حرارى اخر ليقابل تيار من الماء البارد من قاع البحر فيتكثف البخار الى ماء مرة

أخرى وهذا الفارق في الضاغط بين أول الدائرة ونهايتها هو الذى يدفع التوربين الى الدوران مولدا الكهرباء حيث تحتاج طريقة الدائرة المفتوحة إلى استخدام توربين ضخم يبلغ قطره نحو ثمانى أمتار للحصول على قدر مناسب من الطاقة شكل (5-5).



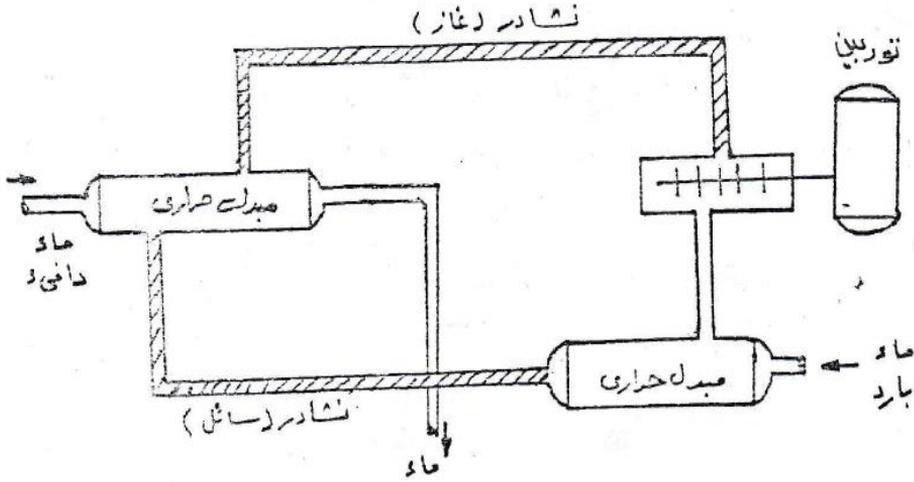
شكل (5-5) : طريقة الدائرة المفتوحة لإنتاج الطاقة من حرارة مياه البحار

الطريقة المغلقة:

تختلف طريقة الدائرة المغلقة عن الطريقة المفتوحة ففي هذه الحالة يستخدم بها سائل اخر سهل التطاير مثل النشادر السائل فى دائرة مغلقة خاصة به وبدفع النشادر إلى مبادل حرارى ليقابل تيار من ماء البحر الاتى من الاعماق فيتكثف النشادر إلى سائل مرة اخرى دون ان يفقد منه شئ شكل (5-6).

ويمكن استخدام سائل اخرى سهلة التطاير خلاف النشادر ومثال ذلك الفريون المستعمل فى التلاجات ولكن يفضل استعمال النشادر فى هذا الغرض. لانه عند حدوث حادث ما فان النشادر الذى قد يتسرب من الدائرة المغلقة يسهل ذوبانه فى ماء البحر وسرعان ما يتحول بواسطة العناصر الطبيعية مثل البكتريا والاكسجين وضوء الشمس إلى مواد اخرى لا ضرر منها ولا يؤثر فى البيئة المحيطة بهذه المحطات. ويضاف إلى ذلك ان الضغط البخارى للنشادر يعتبر مناسب تماما لمثل هذه الدوائر المغلقة فهو يبلغ نحو 9 كجم/سم² عند درجة حرارة

25 م أما عند استخدام الفريون في مثل هذه الدوائر المقفلة فان ما قد يتسرب منه من الدائرة إلى ماء البحر عند وقوع حادث ما لن يتأثر بالعوامل الطبيعية بسهولة وسيبقى في البيئة المحيطة زمنا طويلا ويسبب بذلك كثيرا من الأضرار للكائنات الحية التي تعيش فيها.



شكل (5-6) : طريقة الدائرة المغلقة لانتاج الطاقة من حرارة مياه البحار

وتحتاج الدوائر المقفلة إلى استخدام مبادلات حرارية فائقة الكفاءة وذات سطح كبير حتى أنه يقدر أن المحطة التي تستطيع أن تنتج ميجاوات واحد تحتاج إلى مبادل حرارى تقرب مساحة سطحه من الهكتار.

ولكن الدائرة المقفلة تتميز عن الدائرة المفتوحة بصغر حجم التوربين المستخدم فيها. وقد أقيمت واحدة من محطات الدوائر المقفلة في الولايات المتحدة وهي محطة تجريبية على هيئة سفينة تطفو على سطح البحر وكان الهدف من هذه المحطة تحويل طاقة المحيط الحرارية إلى كهرباء تصل قدرتها إلى مائة ميجاوات وهي تكفى حاجة مدينة متوسطة الحجم يصل تعداد سكانها إلى مائة ألف نسمة.

وبسحب الماء البارد فى هذه المحطة من على عمق 762 متر بواسطة انبوبة ضخمة يبلغ قطرها 18 متر فى وسط السفينة وبها 40 وحدة من المبادلات الحرارية لتكثيف غاز النشادر على حين يضخ الماء الدافئ فى 30 حوض كبير على جوانب هذه السفينة.

وأحد مساوئ مثل هذه المحطات أنها لا بد ان تقام وسط الماء العميق حتى يمكن سحب الماء البارد من عمق كبير. ويعنى ذلك أنها تقام على بعد كبير من الشاطئ مما يصعب معه نق للكهرباء الناتجة منها إلى الشواطى ويمكن الاستفادة من الطاقة الناتجة مثل هذه المحطات البحرية دون ان تنقل إلى الشاطئ وذلك بانتاج بعض المواد من تكاليف أنتاجها على البر.

ومن أمثلة ذلك الاستفادة من هذه المحطات فى تصنيع غاز النشادر فيمكن تزويد هذه المحطات الدائمة بأجهزة خاصة لفصل غاز النيتروجين من الجو ويمكنها كذلك تحضير غاز النيتروجين بتحليل مياه البحر. ثم تقوم بمفاعلة هذه الغازين معا لتكوين النشادر.

وتستطيع محطة بهذا الحجم المذكور أن تنتج نحو 280 طنا من النشادر فى اليوم أى انها تنتج مائة الف طن من النشادر فى العام وهى مساهمة جيدة تساعد فى سد الحاجة إلى الأسمدة والمخصبات الزراعية.

كذلك يمكن نقل غاز الهيدروجين الناتج بالتحليل الكهربى للماء إلى البر على هيئة سائل واستخدامه بعد ذلك فى عمليات التسخين والتدفئة أو تستخدم فى تصنيع بعض المواد الهامة الأخرى مثل الميثانول وبعض الهيدروكربونات الفنية بالهيدروجين مثل الكيروسين والجازولين.

ويمكن كذلك استخدام الطاقة الكهربائية الناتجة من مثل هذه المحطات فى صناعة الالومنيوم وهى صناعة تحتاج إلى قدر كبير من الطاقة الكهربائية ويقدر أن مصنعا واحدا من هذا النوع الطاقى الذى يستخدم الطاقة الحرارية المحيطة يستطيع أن ينتج قدرا كبيرا من الالومنيوم فى العام.

وبالرغم من كل هذه الأفكار الجيدة فمازالت عناصر التكلفة تمثل عائق كبير أمام مثل هذه المشروعات ولن تنجح مثل هذه المشروعات إلا إذا حققت

عائداً اقتصادياً مناسباً. وقد تناولت بعض البحوث إمكانية استخدام المياه الدافئة لتيار الخليج الدافئ بالمحيط الأطلنطي.

ومن الممكن نظرياً إنتاج قدر هائل من الكهرباء من مياه هذا التيار يصل إلى نحو 180 مليون كيلوات ساعة. إذا أقيمت محطات من هذا النوع على طول المسافة التي يقطعها التيار، ولكي تدرك ضخامة هذا القدر من الكهرباء فإنه يمكن القول بأنه سيكفي احتياجات دولة صناعية كبرى مثل الولايات المتحدة.

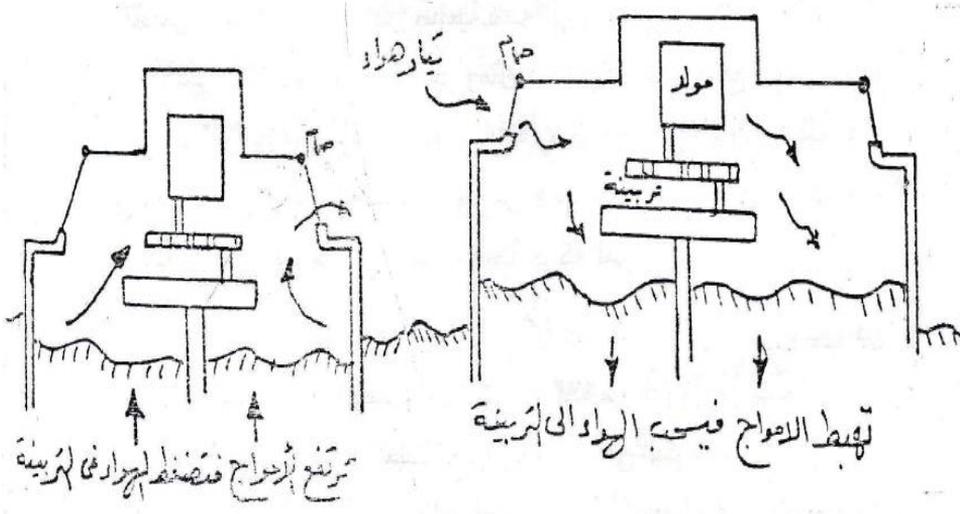
ونظراً لأن المحطات التي تستخدم حرارة مياه المحيط تخط الماء الدافئ بالماء البارد الوارد من أعماق البحر. فقد فكر بعض العلماء أن إقامة مثل هذه المحطات على طول الطريق الذي يقطعه الخليج الدافئ سيؤثر كثيراً على درجة حرارة مياه هذا التيار وقد يؤدي ذلك إلى اختلال حالة الجو فوق السواحل الغربية لدول أوروبا وهي المناطق التي تصل إليها التيار الدافئ ويساعد على التقليل من برودة أجوائها.

ولا يمكن حتى الآن الحكم على صلاحية هذه المحطات ولا بد من إجراء مزيد من البحوث والدراسات لزيادة كفاءة المعادلات الحرارية التي تنقل الحرارة من الماء الدافئ إلى البارد ولزيادة كفاءة التوربينات المولدة للكهرباء مع ضرورة صنع تجهيزات من مواد خاصة تستطيع مقاومة التآكل بتأثير مياه المحيط المحملة بالأملاح.

إنتاج الطاقة من أمواج البحر:

هناك أيضاً لبعض المحاولات التي تتعلق بإنتاج الطاقة من حركة أمواج البحر في ارتفاعها وانخفاضها وأهم هذه المحاولات ما تقدم به بعض علماء إنجلترا وبعض علماء اليابان، ويتلخص المشروع البريطاني في وضع سلسلة من البراميل ذات أشكال خاصة في مسار الأمواج على مسافة من الشاطئ وعندما توضع الأمواج هذه البراميل تدور حول محورها وتدير معها مولدة للكهرباء وتقصى هذه الطريقة وجود أمواج يصل طولها إلى 150 متر على الأقل وارتفاعها نحو ثلاث أمتار حتى يمكن توليد قدر مناسب من الكهرباء شكل (5-7).

أما المشروع الياباني فهو عبارة عن باخرة يبلغ طولها نحو 500 متر تقريبا يوجد في باطنها مجموعة من التوربينات التي تعمل بضغط الهواء وتوضع هذه السفينة في ميناء في مسار أمواج البحر وعند ارتفاع الأمواج فإنها تدخل إلى هذه التوربينات وتضغط الهواء فيها فتدور محركاتها وعند هبوط أمواج البحر يقل ضغط الهواء داخل التوربينات فيتم سحب الهواء من الجو الذي يمر أيضا على التوربينات ويديرها وبذلك يستمد دورانه من التوربينات التي تولد في حركتها قدرا من الطاقة.



شكل (5-7): الطريقة اليابانية للأستفادة من طاقة الأمواج

طاقة المد والجزر

إن حركة المد والجزر أثرت ومازالت تؤثر في حياتنا كأفراد وأن هناك احتمالا بأن تؤثر في حياتنا بشكل أكبر في المستقبل خاصة اذا تطورت الابحاث العامية في مجال استخدام المد والجزر هذه في انتاج الطاقة الكهربائية وقد استطاع الانسان أن يقلل من الاثار السلبية لحرطة المد والجزر هذه من خلال بناء الموانى العميقة التي تسمح بحركة الملاحة طول الوقت دون اعتبار للمد والجزر وتسمح لأساطيل صيد الاسماك بالمغادرة والعودة متى أرادت ضمن المعطيات المناخية

الملائمة. ولكن طموح الانسان لم يتوقف يوماً بل أنه يزداد ويحاول الاستفادة من كل المعطيات الطبيعية بما فيها حركة المد والجزر.

وتتركز الجهود الحالية في مجال استغلال حركة المد والجزر على استغلال هذه الحركة لانتاج الكهرباء وتقوم الفكرة على أن منسوب المياه يرتفع وقت المد وينخفض وقت الجزر وعلى ذلك فهناك فارق في ارتفاع منسوب المياه. وهذا الفارق في الارتفاع هو الذى يمكن الاستفادة منه فى تشغيل التوربينات لانتاج الطاقة الكهربائية.

وقد استخدم الانسان مصدر الطاقة هذا قبل مئات السنين وقبل بدء عصر الكهرباء فقد اعتاد سكان المناطق الساحلية فى اوروبا وبحاصة تلك تلك التى يتوفر فيها منسوب عال للمياه أثناء حركة المد من استعمال طاقة المد فى تشغيل طواحين القمح لانتاج الدقيق وكانت فكرة الأوروبيين فى العصور الوسطى تقوم على حجز المياه حين ارتفاعها فى أحواض طبيعية تشبه البرك الكبيرة وكانوا يقومون بانشاء بوابات على العنق الواصل بين البحر ومثل هذه البرك وحين يرتفع منسوب المياه وقت المد كانوا يقومون بأغلاق هذه البوابات وحجز المياه فى البرك بعد ذلك تفتح البوابات الموجودة على قنوات تصل ما بين هذه البرك والطواحين وبهذا فقد كان فى استطاعتهم تشغيل مطاحن لقمح بواسطة حركة المد.

وفى الواقع لا تختلف الفكرة الحالية كثيراً عن فكرة الأوروبيين فى العصور الوسطى إذ انها ايضا تعمل على الاستفادة من الفارق بين منسوبى المياه فى حالتى المد والجزر وقد ادخلت تحسينات كثيرة على الفكرة الماضية ووضعت عدة مقترحات لزيادة كفاءة استخراج الطاقة أضافة إلى العمل على الاستفادة من حركة المياه أثناء المد والجزر فى ذلك الوقت وبعد دخول الانسان عصر الكهرباء أخذ المهندسون يفكرون فى الاستفادة من المد والجزر لانتاج الطاقة الكهربائية وتعود معظم هذه الأفكار إلى بداية القرن الحالى فى عام 1919 اقترح المهندس الامريكى ديكستر كوبر بناء محطة كبيرة تعمل على حركة المياه أثناء المد والجزر فى خليج باساماكودى فى أمريكا فى هذه المنطقة توجد عدة جزر على باب الخليج بعمل وجودها على تحريك المياه بقوة كبيرة أثناء المد وكانت فكرة المهندس كوبر هى بناء سد ضخم لحجز المياه فى الخليج وحيث تتوفر مجموعة الجزر فان المطلوب فى هذه الحالة هو تكملة هذا السد الطبيعى وذلك بتوصيل هذه

الجزر ببعضها وكان كوبر على علم أن إنشاء السد والمحطة سيكلف أموالا طائلة ولكن على ثقة من أن الطاقة الناتجة ستغطي تكاليف الإنشاء في الفترة اللاحقة وبدأ العمل في المحطة في عام 1935 لإنشاء السد المقترح. إلا أن الكونجرس عاد في فترة لاحقة ورفض تخصيص المزيد من الأعتاماد المطلوب فتوقف المشروع قبل الأكتمال ومازال السد قائما إلى يومنا هذا دليلا على حكم علمي لم يتحقق.

كما ذكر الفرنسيون أيضا على الاستفادة من طاقة المد والجزر ففي العشرينات من هذا القرن قامت الحكومة الفرنسية بتركيب محطة صغيرة في مضيق نهر ديورى للانتاج الكهربائي لبعض منشآت الحكومة الفرنسية وفي عام 1940 دخل المهندس الفرنسي روبرت جبران حقل توليد الطاقة من المد والجزر وبعد دراسة مكثفة للمعلومات المتوفرة آنذاك أقرح الاستفادة من حركة المد والجزر في نهر الرانس.

وبرغم أن جبران وجد أن منسوب المد في بعض المناطق أعلى منه في مصب نهر الرانس إلا أنه وجد أن كل ما يتطلبه الأمر في هذا الموقع هو إنشاء سد طوله نصف ميل لحجز المياه ومن ثم استغلالها في ادارة وتشغيل التوربينات غير أن زملاء جبران من المهندسين والعلماء قاموا بحساب تكلفة المشروع وكمية الطاقة الناتجة ووصلوا إلى نتيجة تقول أن هذا المشروع سيكلف كثيرا دون أن يعطي كمية من الطاقة تبرر هذه المصاريف العالية وقد يكون كوبر قد واجه نفس المشكلة الأمر الذي اضطر الكونجرس إلى وقف المزيد من الأعتامادات.

وصمم المهندسين الفرنسيون توربين جديد سنة 1943 يعرف باسم توربين كابلان كانت قوة التوربين 9 ميغا وات وقد بدأوا بعد ذلك في اقامة السد المطلوب على نهر الرانس وقاموا بتركيب 24 توربينا في المحطة وعام 1967 اكتمل انشاء المشروع. أما المشروع الآخر الذي تم انشاءه وينتج الطاقة الانتاجية لهذا المشروع 2000 كيلو وات فقط وتم الانتهاء منه عام 1969.

نظرية المد والجزر:

تتعرض الارض إلى تأثيرات قوى الجاذبية من جانب الشمس والقمر وحسب قوانين نيوتن في الجاذبية فإن قوة الجذب بين جسمين تتناسب طرديا مع حاصل كتلتهما وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزي نقلهما.

ونتيجة لاختلاف الخصائص الفيزيائية من حيث الحجم والوزن من الارض والشمس والقمر كما في جدول (5-1) فان قيمة قوى الجاذبية بين الشمس والارض تختلف عنها بين الارض والقمر لكننا حين نتطرق إلى مسألة المد والجزر فان الامر الذي يهتما هو الفارق بين قوى الجاذبية المؤثرة على نقطة سطح الأرض وسبب اهتمامنا في هذا الفارق يعود إلى انه يشكل العامل الأساسي في حركة المد والجزر.

جدول (1): وزن الشمس والارض والقمر والمسافة بينهما

الجسم	الوزن (كجم)	المسافة بين الجسم والارض (كم)
الشمس	1031×1.971	1011×1.495
القمر	1022×7.347	108×3.844
الأرض	1024×5.983	-

