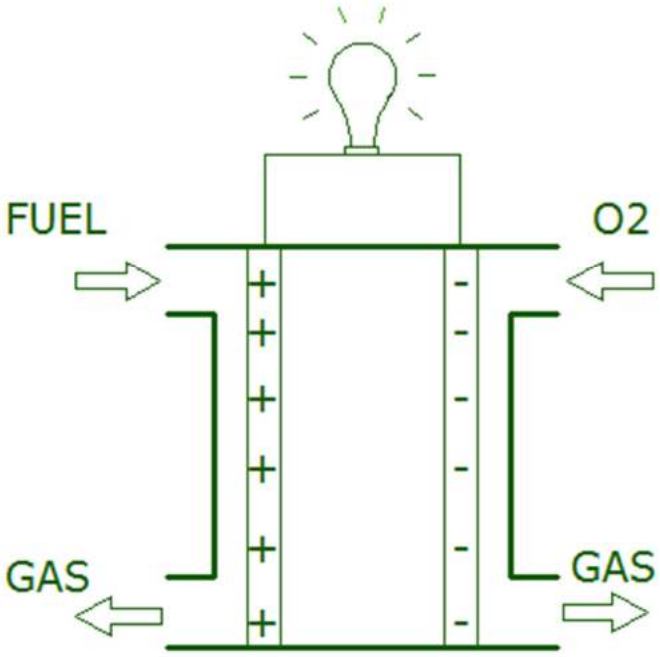
الطاقات المتجددة

و

قضايا البيئة



تأليف وإعداد

المهندس محمد خالد المفتي

هذا الكتاب محمي فكرياً بموجب قانون حماية الحقوق الفكرية في الجمهورية العربية السورية

وثيقة إيداع لدى وزارة الثقافة رقم ٣٢٥٣

الطاقات المتجددة
و
قضايا البيئة

تأليف وإعداد

المهندس محمد خالد المفتي

Renewable Energy & Environmental Issues

By

Mohamad Khaled Al Mufti

Environment Protector

Email : m_kh_mufti@yahoo.com

بسم الله الرحمن الرحيم

ربي اغفر لي ولوالديَّ

ربي ارحمهما كما ربياني صغيراً

تقديم

يعتبر هذا الكتاب مرجعاً لمواضيع الطاقات وخصائصها ومصادرها المختلفة وتصنيفها بين طاقات متجددة وغيرها حيث حرص المؤلف على تصنيف الطاقات المعروفة حالياً وتأثير مشاريع استثمارها على البيئة حاضراً ومستقبلاً.

في الواقع رافق مشاريع التنمية في العالم العربي تدهوراً واضحاً للبيئة وتلوث الماء والهواء والتراب .إذ أن اختيار مواقع الصناعة – ومعظم مشاريع التنمية – لا يتم حسب خطط مدروسة لاستخدام الأرض بل بالاستناد إلى عوامل استثمارات اقتصادية و قليلة هي الصناعات العربية التي قامت قبل تشييدها بدراسة مشاكل تلويثها للبيئة وعملت على تجنبها أوتقليصها بإضافة مواد معالجة لملوثاتها أو بانتخاب مواقع لها بحيث تكون أضرار التلوث أقل مايمكن.

إن التنمية الصناعية التي يشهدها العالم العربي والتي تترافق مع الازدياد السكاني وما يصحب ذلك من ضغوط هائلة على الموارد البيئية لتوفير الوسائل اللازمة بغية تأمين الحاجات الأساسية للسكان تجعل من الضرورة التدقيق بمشاريع التنمية ودراسة انعكاساتها على البيئة.

لقد ترك لنا الآباء والأجداد بيئة معاشية تفي بحاجات السكان في المدن و البلدات وكما تحيل الطبيعة –بمشيئة الله – الفحم الأسود بالضغط والحرارة والعوامل المختلفة ...إلى بللورات من الماس النقي، وشتان بين الفحم والماس وهما من معدن واحد، فقد أحال إنسان تلك العصور في هذه المنطقة الصخور والأخشاب والرمال والتراب إلى قصور وحدائق ومنشآت عمرانية رائعة آثارها باقية ليومنا هذا.

البيت هو حديقة مسكونة ..... هي مقولة طرحها علينا أستاذنا في جامعة باريس في أواخر الخمسينيات، وهذه المقولة تذكرنا بالبيوت الدمشقية والحلبية التي كان النبات الأخضر جزءاً لا ينفصل من مكوناتها ...الأشجار والعرائش و الأحواض المزروعة بأجمل الأزهار والورود .

المهندس الاستشاري المعماري **عدنان المفتي**

جامعة باريس

خبير الأمم المتحدة للتخطيط الإقليمي

حول هذا الكتاب

تعتبر مسألة الحفاظ على البيئة و حمايتها من كل أشكال التلوث من أهم التحديات التي تواجهها المجتمعات البشرية وذلك لسببين أساسيين :

الأول أنها ترتبط بشكل كبير بمقومات وجود الإنسان على سطح هذا الكوكب فلا يمكن فصل النظام البيئي عن الزراعة وتربية الثروة الحيوانية والصيد البحري و تربية الحشرات المفيدة والنباتات الطبية .

الثاني أنها تؤثر بشكل مباشر بصحة الفرد فالهواء والماء و الغذاء الملوثين هم سبب في ظهور كثير من الأمراض التي لم يعرفها الإنسان قبل ظهور الثورة الصناعية.

للسببين السابقين اجتهد العلماء والباحثون لإيجاد الحلول العملية لإنقاذ كوكب الأرض من هذا التدهور الخطير والذي سيكون له آثاراً كارثية على المجتمعات الحالية و على الأجيال القادمة

من جملة هذه الحلول استخدام ما يعرف بالطاقات المتجددة ويطلق عليها أحياناً اسم طاقة المستقبل .

تجدر الإشارة هنا أن استخدام الطاقات المتجددة لن يوقف عملية انتشار التلوث بشكل كامل لكن سيبطئ من معدل حدوث التلوث ، على سبيل المثال يمكن لأنظمة الطاقة الشمسية تشغيل منشأة صناعية باستطاعة عالية ،في هذه الحالة سنكون قد نجحنا في التقليل من الإنبعاثات الغازية أي التقليل من معدل تلوث الهواء لكن يبقى هناك مشكلة التلوث بالنفايات الصلبة و التلوث بالمعادن الناجمين عن منتجات المصنع بالإضافة لمشكلة التلوث الحراري .

رأى الكثير من العلماء أن الحل الشامل لمشكلة التلوث يكون بالعودة إلى الحياة الأولى قبل اختراع المحرك البخاري وقيام الثورة الصناعية وهذا الحل لم يعجب كبار الرأسماليين في العالم فهم لن يتخلوا عن الأرباح الطائلة التي تدرها عليهم الصناعة ولو على حساب مستقبل الأجيال القادمة .

العودة للحياة الأولى يعني الاستغناء عن الرفاهية المرتبطة باستخدام التيار الكهربائي الذي يعتبر عصب الحياة المعاصرة وهذا الأمر صعب التخيل على غالبية الأشخاص لكنه سيفرض نفسه كحل لا بديل له أمام تدهور الطبيعة وقلة موارد الغذاء وارتفاع معدل الأمراض المختلفة الناجمة عن التلوث .

في الحقيقة التعارض بين التيار الكهربائي وسلامة البيئة فتح لي منفذاً للتخلص من مهنة الكهرباء و لو جزئياً حيث لم أرض عن نفسي يوماً أني مهندس طاقة كهربائية بقدر ما ألوم نفسي على إضاعتي الفرصة أن أكون مهندساً معمارياً لكن في النهاية علينا أن ندفع ثمن الأخطاء التي نرتكبها .

يقسم الكتاب إلى قسمين :

الأول : يتحدث عن أنواع الطاقات التقليدية والمتجددة و هو مفيد للقارئ الذي يرغب بالاستثمار في مجال الطاقات المتجددة و الفني الذي يريد التعرف على هذا النوع من الأعمال وأيضاً لكل من يرغب باستخدام الطاقة الشمسية لأغراض منزلية .

الثاني يتحدث عن معظم أنواع التلوث البيئي وهو مفيد للقارئ المهتم بموضوع الصحة حيث يستفيد من معرفة آثار التلوث البيئي على صحة الإنسان وحتى الحيوان بالتعرف على الأمراض المختلفة والتي سببها الأول هو التلوث .

يتصف الكتاب بالأسلوب البسيط فهو بعيد عن التعقيدات الرياضية واستخدمت فيه واحدات القياس باللغتين العربية والإنكليزية حتى يستطيع فهمه أوسع شريحة من القراء .

يحتوي الكتاب على ثمانين شكلاً توضيحياً قمت برسمها بنفسي باستخدام البرنامج أوتوكاد وذلك توخياً للدقة والوضوح فالرسم كثيراً ما يغني عن الكلام .

أرجو أن يكون هذا العمل المتواضع مصدر فائدة ونفع للمجتمع .

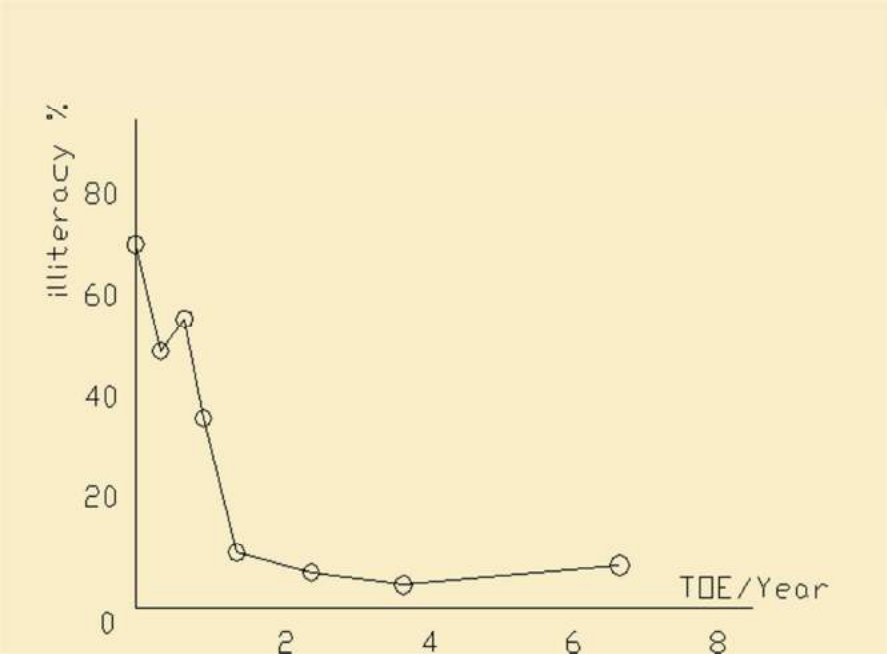
خالد .....

الفصل الأول

مقدمة

1-1 مفهوم الطاقة :

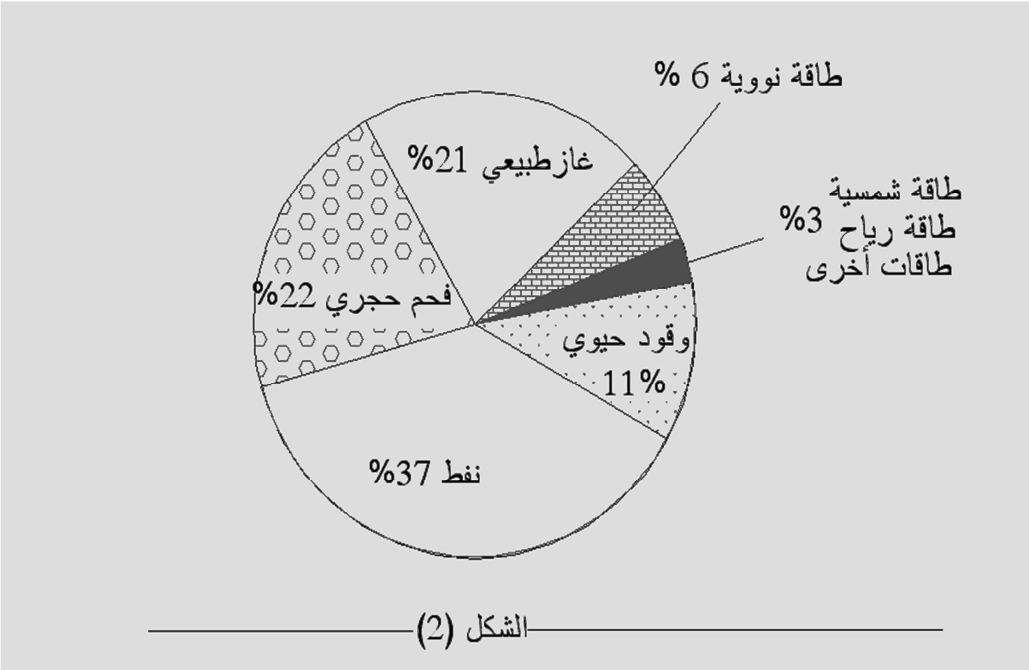
الطاقة هي مفهوم فيزيائي وبعبارة بسيطة يمكن تعريفها أنها " قدرة جسم ما على إنتاج عمل " وقد أصبحت من أهم مقومات حياتنا المعاصرة. فالطاقة الموجودة على شكل طعام هي من مقومات وجود أي كائن عضوي فالأطعمة بأنواعها تقدم لأجسامنا ما نحتاج إليه للقيام بكافة أنواع الأعمال ،كذلك نحتاج للطاقة بأشكالها المختلفة لتسيير حياتنا اليومية حتى سميت الطاقة الكهربائية "عصب الاقتصاد" . للطاقة أشكال مختلفة مثل : الطاقة الحرارية ،الطاقة الكهربائية، طاقة الثقالة ،الطاقة الكيميائية ، الطاقة النووية طاقة الضوء... قبل ظهور الثورة الصناعية كانت جذوع الأشجار من أهم مصادر الطاقة و بعد اختراع المحرك البخاري و ظهور الثورة الصناعية أصبح الفحم الحجري المصدر الأول للطاقة ، بعد اختراع محرك الاحتراق الداخلي أصبح النفط و مشتقاته أساساً لحياتنا اليومية.
إن الوقود المستحاث (الفحم الحجري ،النفط و مشتقاته) إما أن يستخدم مباشرة كوقود للسيارات أو يتم تحويله إلى طاقة كهربائية تنقل فيما بعد إلى المعامل و المنازل . لقد أصبح من المعلوم للجميع أن التنمية الاقتصادية و الاجتماعية لأي بلد مرتبط بشكل وثيق بتوفر الطاقة الكهربائية في هذا البلد .
الشكل البياني بالأسفل يوضح العلاقة بين انتشار الأمية(illiteracy) و معدل استهلاك الطاقة الكهربائية السنوي بمعدل طن من النفط (toe (ton of oil equivalent.



الشكل(1)

الطلب على الطاقة يتزايد يوماً بعد يوم منذراً بنضوب جميع مصادر الطاقة التقليدية غير المتجددة مما فرض واقعاً إلزامياً بالبحث عن الطاقة البديلة أو الطاقة المتجددة التي تستخرج من عناصر البيئة

الرئيسية مباشرة و لا ينجم عن استخدامها مخلفات ضارة بالوسط البيئي . التطور التقني في مجال البحث عن مصادر الطاقات المتجددة قد أوجد مصادر بديلة للطاقة التقليدية و هذه المصادر تزود بطاقة بديلة اقتصادية ،موثوقة ، فعالة ، بتكلفة معقولة و الأهم من ذلك أنها صديقة للبيئة .



الشكل (2)

رسم تخطيطي للنسب المئوية في استخدام أنواع الطاقات

1- 2الطاقة و الاستطاعة :

سبق و عرفنا الطاقة أنها قدرة الجسم على القيام بعمل ما، على سبيل المثال قطعة من الحطب يمكن أن تحترق وينتج عن احتراقها حرارة، هذه الحرارة يمكن استخدامها في تسخين الماء و توليد البخار ، البخار بدوره يمكن أن يحرك جسماً معيناً (محرك بخاري)، فالطاقة المختزنة في قطعة الحطب تحولت إلى حركة ميكانيكية قدمها محرك البخار .

. العلماء قالوا بأن الطاقة لاتخلق و لا تختفي لكنها تتحول من شكل إلى آخر وهذا يطرح التساؤل التالي :

ما المقصود بنضوب الطاقة التقليدية إذاً ..؟؟ الجواب ببساطة أن الطاقة المستحاثة (النفط) قد تحولت إلى طاقة كهربائية ومن ثم تحولت هذه الطاقة الكهربائية إلى شكل آخر من الطاقة لايزال العلم حتى الآن عاجزاً عن إعادة استغلالها مثل الحرارة المنبعثة من أجهزة التبريد (طاقة حرارية) و مخلفات الصناعات الكيميائية (طاقة كيميائية) .يمكن القول أن مفهوم التلوث البيئي ما هو إلا تراكم الطاقات بأشكالها المختلفة و الغير قابلة للتجديد أو إعادة الاستغلال .الاحتباس الحراري هو تجمع طاقة حرارية في الجو ، تلوث الماء و الهواء هو شكل من أشكال اختزان الطاقة الكيميائية ، المخلفات البلاستيكية المختلفة هي أيضاً شكل من أشكال الطاقة الكيميائية .

تقاس الطاقة بواحدة فيزيائية تسمى (جول) (Joule) و يرمز لها بالرمز(J) و يوجد واحدات أخرى لقياس الطاقة نستخدمها في حياتنا اليومية، فالطاقة المختزنة في الغذاء وتقدر بالكالوري (Calorie) ،الطاقة الكهربائية الواصلة إلينا تقاس بواحدة تسمى الكيلو الواط الساعي و يرمز لها (KWh) أي لو أنك استخدمت مكواة كهربائية مكتوب عليها (1000واط -1000W) لمدة من الزمن مقدارها ساعة واحدة تكون عندها قد استهلكت طاقة كهربائية تساوي واحد كيلو واط ساعي .

الجدول التالي يوضح العلاقة بين واحدات قياس الطاقة المختلفة :

واحدة قياس الطاقة المكافئة ←	واحدة قياس الطاقة
1 Newton- meter = 1 N-m	1 JOUL or 1 J =
3600 KJ	1 KWh =
4.182 J	1 Calorie =
1055 J	1 BTU = وحدة حرارة بريطانية
278 KWh	1 Mega joule (MJ) =
11634 KWh	1 toe = حرارة احتراق واحد طن من النفط

كثيرون هم من يخلطون بين مفهومي الطاقة و الاستطاعة ،و يعطون للمفهومين السابقين نفس المعنى .

إن أفضل مكان لتوضيح الفرق بين المفهومين هو المنزل الذي نعيش فيه .....
نحن ندفع قيمة الفاتورة الكهربائية مقابل الطاقة الكهربائية التي استهلكناها خلال مدة زمنية محددة (ستون يوماً مثلاً) .لكن عندما نتحدث عن الأجهزة الكهربائية وحجم العمل المقدم منها أو حجم منها فإننا هنا نستخدم المفهوم(استطاعة) و التي نقيسها بواحدة (واط) و يرمز له(W) نقول مثلاً : مكواة باستطاعة1000 واط ، سخان ماء استطاعة 2000واط .....الخ .كذلك من الواحدات الشائعة لقياس الاستطاعة هي الحصان البخاري و يرمز له (HP).
إن سبق لك و اشتريت مضخة ماء كتب على لوحتها(0.5 HP) هذا يعني أن استطاعة المضخة تساوي نصف حصان ،الحصان البخاري تقريباً يساوي 746 واط .

فإذا كان لدينا جهازين لتسخين الماء الأول باستطاعة 1500واط و الثاني باستطاعة 3000واط و قمنا بتشغيل السخانين معاً لمدة ساعة واحدة عندها :
الجهاز الأول سوف يستهلك طاقة كهربائية مقدارها 1.5 KWh
الجهاز الثاني سوف يستهلك طاقة كهربائية مقدارها 3 KWh
أي أن الجهاز الثاني استهلك ضعف الطاقة التي استهلكها الجهاز الأول خلال نفس المدة الزمنية .
كلما زادت استطاعة الجهازكلما زاد استهلاكه للطاقة خلال مدة زمنية محددة . كما سبق و ذكرنا من واحدات قياس الطاقة هي الجول فإذا تخيلنا جهازاً يستهلك طاقة مقدارها واحد جول خلال مدة زمنية مقدارها واحد ثانية نقول عن هذا الجهاز أن استطاعته واحد واط .
أو إذا تخيلنا محركاً يقدم عملاً مقداره جول واحد خلال ثانية واحدة نقول أن استطاعة هذا المحرك تساوي واحد واط .
أي ان واحد واط هو طاقة (عمل) مقدارها واحد جول تنقل خلال زمن مقداره ثانية واحدة .
100 واط هو طاقة مقدارها 100جول تنقل خلال زمن مقداره ثانية واحدة .
الاستطاعة هي معدل الطاقة المنقولة في واحدة الزمن .

الاستطاعة(واط) = الطاقة أوالعمل (جول) المصروف في واحدة الزمن(ثا)

$$P\,(W) = E\,(J) / t(s)$$

3-1 مصادر الطاقة التقليدية :

1-3-1 الوقود المستحاث *Fossil Fuel* :

الأشكال الثلاثة الرئيسية للوقود المستحاث هي : الفحم الحجري ، النفط و الغاز الطبيعي .هذ ا الشكل من الطاقة تشكل في باطن الأرض عبر ملايين السنيين حتى قبل ظهور الديناصورات العنصر الرئيسي المشترك بينها هو الكربون .

*** الفحم الحجري *Coal* :**

الفحم الحجري هو حجر أسود اللون قاس مكون من الكربون ،الهيدروجين، الأوكسجين ، النتروجين مع نسب غير ثابتة من مادة الكبريت .هناك ثلاثة أنواع رئيسية :الانثراسيت – البيتوميني – ليجنيت . النوع الأول هو الأقسى و يمتلك أعلى نسبة من الكربون و بالتالي يمتلك محتوى عالي من الطاقة النوع الثاني أقل قسوة من النوع الأول ويمتلك نسبة كربون أقل لكن نسبة الأوكسجين و الهيدروجين أعلى . النوع الليجنت يحتل المرتبة الوسطى بين النوعين السابقين .

يتم استخراج الفحم من باطن الأرض بطرق مختلفة بواسطة الحفر في الأعماق باتجاه عمودي أو شاقولي بواسطة عمود حفر خاص و عمال المنجم ينزلون للأعماق بواسطة عربات قطار أو مصاعد خاصة للحفر من أجل الحصول على الفحم . نوع آخر من الفحم يستخرج من مناجم على السطح حيث يتم قشر الطبقة المغطية بواسطة مجرفة ضخمة من ثم انتشال الفحم بعدها تعاد الطبقة المقشورة من التربة لمكانها .

يتم نقل الفحم من المناجم إلى مناطق الاستهلاك بواسطة القطار أو السفن أو حتى عبر الأنابيب مثل النفط والغاز حيث يتم مزج الفحم الصلب مع الماء و يشكل سائلاً لزج يسمى slurry يتم بعدها ضخه لمسافة عدة أميال عبر الأنابيب ليستخدم بعدها في المصانع أو محطات توليد الطاقة الكهربائية

الاحتياطي العالمي من الفحم الحجري قدر عام 2005 بكمية تساوي(16500مليون) طن .يتوقع المراقبون نضوب هذه الطاقة بعد 155 سنة .

*** النفط *Oil*:**

تشكل النفط في باطن الأرض منذ حوالي 300 مليون سنة . العلماء كشفوا بأن النفط تشكل من تراكم الطحالب البحرية في سرير البحر حيث دفنت تحت الرواسب و الصخور، الوزن الهائل للرواسب سحق الطحالب و الطاقة المختزنة في أجسامها بقيت على حالها ولم تتسرب ، جزيئات الفحم بالنهاية تحولت إلى نفط تحت تأثير الضغط و الحرارة العاليين و حيث أن الأرض تعرضت لتغييرات جيولوجية خلال ملايين السنيين فقد تشكل فيها جيوب و ممرات جوفية تجمع فيها النفط و الغاز.

النفط هو مزيج من مواد كربوهيدرية و بعض العناصر غير العضوية كالكبريت ،الأوكسجين النتروجين ،النفط الخام و هولايصلح للاستخدام المباشر لذلك يتم تكريره بمصافي التكرير وينتج من ذلك مواد مشتقة :البنزين ،الديزل ، الكيروسين، و بعض المواد الصلبة مثل النايلون ،البلاستيك ،مواد الطلاء ...الخ .

لاستخراج النفط أو الغاز الطبيعي من باطن الأرض يتم استخدام حفارات خاصة مزودة بمسبار حفر ضخم يصل لأعماق سحيقة ولدى الوصول لطبقة النفط أو الغاز يتم ضخ النفط أو الغاز بواسطة مضخات خاصة ومن ثم ينقل بأنابيب لموائىء الشحن أو لمصافي التكرير .

الاحتياطي العالمي من النفط الخام قدر عام 2005 بكمية (1200 مليار) برميل .يتوقع المراقبون نضوب هذه الطاقة بعد 40 سنة .

*** الغاز الطبيعي *Natural Gas* :**

الغاز الطبيعي أخف من الهواء و العنصر الرئيسي المكون للغاز الطبيعي هو غاز الميتان، الميتان مكون من ذرة كربون مرتبط بأربع ذرات من الهيدروجين وله الرمز الكيميائي CH_4 .
غاز الميتان ذو قابلية عالية للاشتعال . يستخرج الغاز الطبيعي من باطن الأرض وغالباً ما يتواجد قرب حقول النفط يتم ضخه من باطن الأرض و ينقل عبر أنابيب إلى وحدات التخزين، يمزج الغاز مع مواد كيميائية تمنحه رائحة غير مستحبة كرائحة البيض المتعفن و الغرض من ذلك اكتشاف حالات تسريب الغاز على الفور.
الاحتياطي العالمي من الغاز الطبيعي قدر عام 2005 بكمية (180 مليار) متر مكعب . يتوقع المراقبون نضوب هذه الطاقة بعد 65 سنة .

*** نوعية الوقود :**

جميع أنواع الوقود المستحاث تتباين فيما بينها بخاصية الاحتراق و الحرارة الناجمة عن هذا الاحتراق بعبارة أخرى كمية الطاقة العظمى المستخرجة من واحدة الكتلة للوقود ،هذا المعيار الفيزيائي يطلق عليه Calorific Value و يرمز له (CV).
يمكن تعريف CV كالتالي :كمية الحرارة التي تنطلق من احتراق واحدة الكتلة من الوقود .تقدر بواحدة كيلوجول لكل كيلو غرام أي (KJ/kg) .
الجدول في الأسفل يوضح هذه القيمة لنوعيات مختلفة من الوقود .

الوقود	CV MJ/kg
الديزل	**46- 45**
الفحم الحجري	**31 - 28**
الكيروسين	**35**
البنزين	**46,9 -44,8**
الحطب	**16**
الإيثانول	**30**
الهيدروجين	**141**

2-3-1 الطاقة النووية :

الطاقة الناتجة عن المفاعلات النووية تشكل تقريباً 17 %من إجمالي الطاقة العالمية.فبعض بلدان العالم تعتمد على الطاقة النووية بالدرجة الأولى أكثر من أي مصدر آخر للطاقة ،ففي فرنسا مثلاً 75%من الطاقة الكهربائية المولدة هو من مفاعلات نووية ، يوجد أكثر من 400 مفاعل نووي حول العالم وأكثر من مئة في الولايات المتحدة وحدها .

التفاعل المولد للطاقة داخل المفاعل يسمى الانشطار الذري ويعتمد بدوره على عنصريين أساسيين هما الثوريوم و اليورانيوم .
الثوريوم Th^{232} متوفر بالطبيعة بكميات ضخمة ويمكن الاعتماد عليه بتوليد الطاقة الكهربائية في المفاعلات لكن لم يستغل حتى الآن بالشكل الأمثل لمتطلبات تقنية خاصة .
لليورانيوم ثلاثة أنواع : اليورانيوم الطبيعي U^{238} له النسبة الأكبر 99,3% من كل أنواع اليورانيوم النوع الثاني U^{234} نسبته ضئيلة جداً 0,005% ، النوع الأخير هو U^{235} و يمتاز عن النوعين السابقين بقابليته للانشطار لذلك يستخدم في المفاعلات لانتاج الطاقة النووية .

فيزياء الإشعاع النووي :

الإشعاع النووي هو إصدار الطاقة من نقطة أصل، وكل إشعاع قادر على توليد الإيونات بشكل مباشر أو غير مباشر وذلك بالتفاعل مع مادة تسمى إشعاع التأين، إشعاع التأين يتولد من الاستخدامات الطبية أو النووية أو الصناعية ،ويتم تصنيف الإشعاع بالاعتماد على طول الموجة حيث أن الطاقة المنقولة نتيجة إشعاع معين تعتمد على طول الموجة الحاملة للطاقة، كلما كان طول الموجة أقل كلما كان التردد والطاقة أعلى حيث أن طول الموجة يساوي سرعتها مقسوماً على التردد.

نصف عمر المادة المشعة Half –life Period : هو الزمن اللازم لاختفاء نصف الكمية الأصلية للمادة المشعة .

على سبيل المثال لاختفاء نصف غرام من الراديوم من أصل واحد غرام نحتاج لفترة زمنية مقدارها 1590 سنة .

فيمايلي نصف عمر بعض المواد المشعة مع نوع الإشعاع :

المادة المشعة	نوع الإشعاع	نصف عمر المادة
كربون Carbon-14	بيتا	5730 سنة
سيزيوم Cesium-135	بيتا	3 مليون سنة
سيزيوم Cesium-137	بيتا	30.17 سنة
تريتيوم Tritium-3	بيتا	12.33 سنة
اليود Iodine-129	بيتا	16 مليون سنة
بولونيوم Polonium-210	ألفا	138.4 يوم
بلوتونيوم Plutonium-239	ألفا	24000 سنة
زينون Xenon-133	بيتا	5.25 يوم
راديوم Radium-266	ألفا	1630 سنة
ثوريوم Thorium-230	بيتا	80000 سنة
يورانيوم Uranium-234	ألفا	245 مليون سنة

الاندماج الذري *Nuclear Fusion*:

عندما تضغط نوى الذرات مع بعضها يحصل بينها اندماج و ينطلق إثر ذلك كمية هائلة من الطاقة و السبب أن كتلة مجموع النوى المندمجة هي أقل من مجموع كتل النوى عندما تكون بعيدة عن بعضها ،هذا النقص في الكتلة يأتي بشكل طاقة وفقاً لنظرية انشتاين بالنسبة للعناصر الكيميائية ذات الكتلة الذرية أثقل من الحديد عملية الانشطار سوف تعطي طاقة .

عندما اقتراب نترون من نواة ذرة يورانيوم،ما أن تلتقط النواة النترون حتى تنقسم إلى ذرتين أخف من الأصلية ويصدر عنها نترونين جديديين أو ثلاثة. الذرتان الجديدتان تقومان بإصدار أشعة غاما بعد أن تستقرا فيزيائياً .

هناك ثلاثة ميزات مهمة لآلية الانشطار المحثوث :

1- احتمالية التقاط الالكترون من قبل ذرة اليورانيوم عالية جداً وتعرف لدى العاملين ضمن المفاعل بالحالة الحرجة (*The critical state*) فكل نترون ناجم عن عملية انشطار يتسبب في ظهور عملية انشطار جديدة .

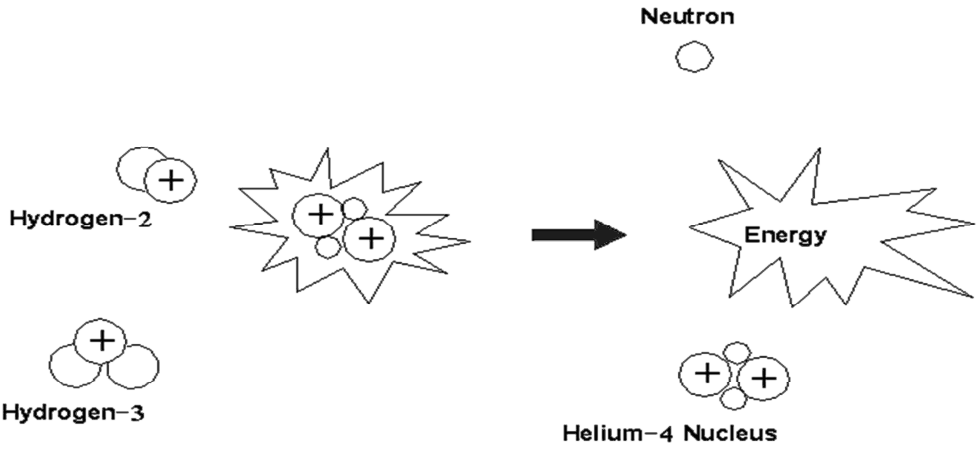
2- إن عملية التقاط الالكترون و الانقسام بعدها تحدث بسرعة هائلة جداً حيث تستغرق فترة زمنية قدرها واحد بيكو ثانية أي واحد بالمليون من المليون من الثانية .

3- الانشطار يصدر كمية هائلة جداً من الطاقة على شكل حرارة وعلى شكل أشعة غاما .الذرتان الجديدتان الناتجتان عن الانقسام كل منهما بدورها تطلق أشعة بيتا و أشعة غاما أيضاً.
الطاقة الناجمة عن عملية انشطار واحدة مبنية على الحقيقة العلمية أن وزن جميع نواتج الانشطار أقل من وزن ذرة اليورانيوم الأم و هذا الفرق في الكتلة تحول إلى طاقة حسب معادلة انشتاين :

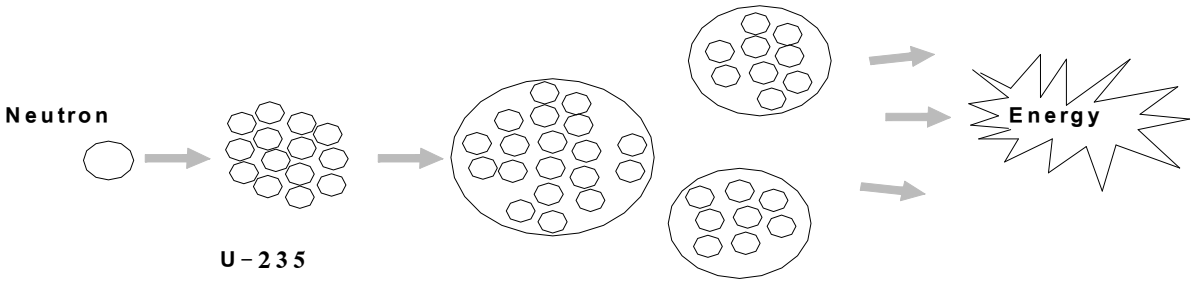
$$E= mc^2$$

حيث c هي سرعة الضوء

في المفاعلات النووية يتم الانشطار لأكثر من ذرة يورانيوم U^{235} و هذا يتطلب تخصيب عينة من اليورانيوم بحيث تحوي 2% أو 3% من اليورانيوم U^{235} وهي كافية بالنسبة للمفاعلات المستخدمة لأغراض سلمية ،المفاعلات المخصصة للمجهود الحربي تحتوي أكثر من 90% من يورانيوم U^{235}



الشكل(3) عملية الاندماج النووي



الشكل (4) عملية الانشطار الذري

ماذا يوجد داخل المفاعل النووي ... ؟

لبناء مفاعل نووي يجب تأمين بعض اليورانيوم المخصب بعناية .يتم تشكيل اليورانيوم بشكل كريات بطول يساوي عشر الإنش تقريباً .يتم وضع جمع الكريات بشكل أصابع و الأصابع بدورها تجمع على شكل حزم و رزم يتم تغطيس الحزمات في الماء ضمن وعاء ضغط خاص حيث يستخدم الماء للتبريد و حتى نضمن عمل المفاعل لابد من التأكد أن الحزمات المغطسة بالماء يحدث فيها التفاعل النووي بشكل تسلسلي و تلقائي .بدون عملية التبريد سيحدث زيادة تسخين لليورانيوم ثم ينصهر.لمنع حدوث ذلك يتم استخدام قضبان مصنوعة من مواد خاصة تراقب حركة الالكترونات و يمكن التحكم بوضعيات القضبان للأعلى و الأسفل و هذا يعطي الإمكانية للمشغل بالتحكم بمعدل التفاعل النووي.
عندما يحتاج المشغل لإنتاج المزيد من الحرارة من حزم اليورانيوم يتم عندها سحب القضبان للأعلى و عند الحاجة لتخفيض الحرارة المنتجة يتم غمس القضبان داخل الحزم .عندما يتم غمس القضبان بشكل كامل يتوقف المفاعل عن العمل وهذا الإجراء يتخذ في حالات الصيانة أو نقص الوقود .

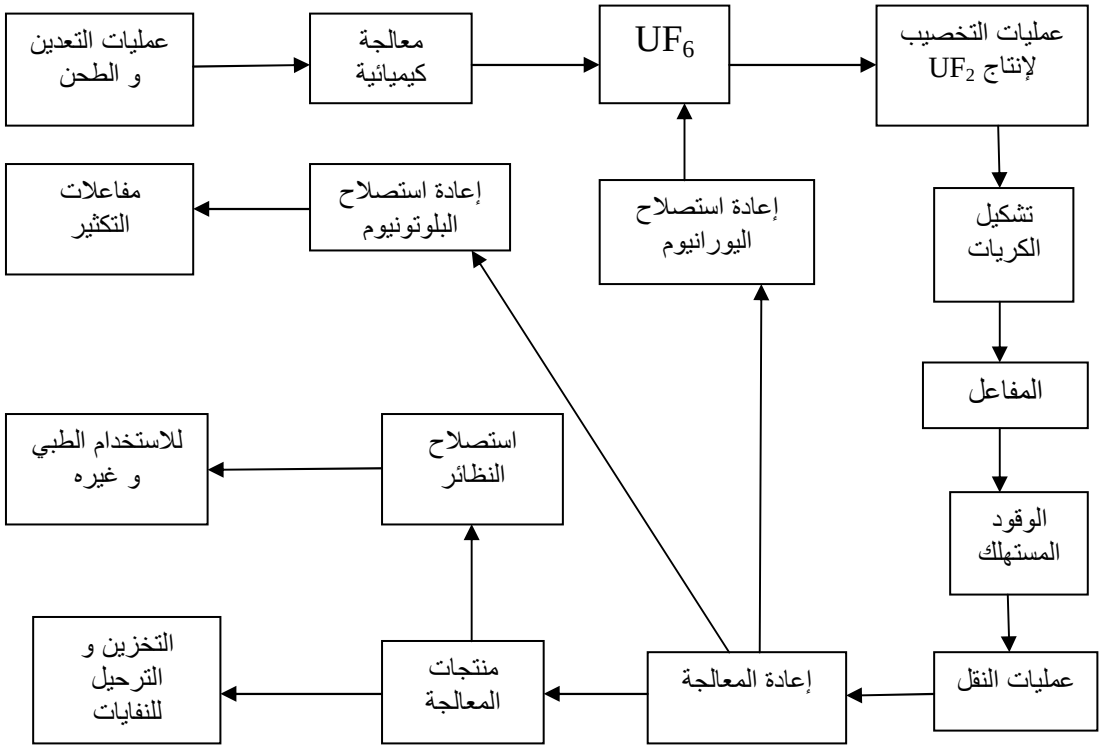
ماذا يوجد خارج المفاعل النووي ... ؟

وعاء ماء التبريد يوضع ضمن أسطوانة من الاسمنت لها وظيفة حجاب واقي من الإشعاع وه بدورها متوضعة ضمن غرفة فولاذية كتيمة وهذه الغرفة تحتوي نواة المفاعل و التجهيزات الإضافية (الروافع، العربات ...الخ) الغرفة الفولاذية تمنع حدوث أي تسريب غازي أو سائل اشعاعي خارج المفاعل .
و أخيراً توضع الغرفة الفولاذية ضمن بناء اسمنتي قوي ومدعم يضمن الحماية للمفاعل من الحوادث العنيفة مثل اصطدام طائرة بالمفاعل ، إن غياب بناء الحماية هو السبب في حصول ا لتسريب الإشعاعي من مفاعل تشيرنوبل الروسي .

دورة العمل للوقود النووي :

تبدأ دورة العمل مع بداية عمليات التعدين للفلز ثم عمليات الطحن و المعالجة الكيميائية لتركيز و استخراج اليورانيوم تاركة وراءها بعض المخلفات المشعة تسمى هذه المخلفات مخلفات طاحونة اليورانيوم ، ينتج عن عمليات الاستخراج الكيميائية سائل منخفض الدرجة الإشعاعية في حين أن مخلفات الطاحونة تسبب تلوثاً إشعاعياً للهواء و الماء .
بعد تركيز اليورانيوم على شكل أوكسيد اليورانيوم U_3O_8 يتم تحويله لشكل خامس فلور اليورانيوم UF_5 المناسب لعملية التخصيب القادمة ،اليورانيوم الذي يشتق من الفلز مباشرة هو U^{283} مع نسبة بسيطة بحدود 7% من U^{253} و التي لا تكفي للعمل كوقود نووي لذلك يتم زيادة تركيز هذا العنصر لإنتاج الشكل الأخير الذي يسمى اليورانيوم المخصب .ينتج عن عملية التخصيب نواتج غازية وسائلة ذات مستوى إشعاعي منخفض تسربها ضمن الأرض يتسبب بتلوث المياه الإشعاعي.
يخضع اليورانيوم المخصب لعمليات كيميائية ليتحول إلى أوكسيد اليورانيوم UO_2 من ثم يحول على شكل مسحوق و يجمع على شكل كريات ليتم استخدامه بالمفاعل لاحقاً .الوقود الذي يوضع ضمن حجرة المفاعل يستمر بالعمل لمدة 2 -3 سنة بعدها يتم استبداله بوقود طازج والوقود المستهلك يخزن في خزانات خاصة ضمن موقع المفاعل لبضعة أشهر ثم تنقل لوحدات إعادة المعالجة .

في وحدات إعادة المعالجة يتم فصل اليورانيوم و البلوتونيوم من الوقود المستهلك و المزيج المتبقي الذي لازال يمتلك درجة إشعاعية عالية يخزن لعدة سنوات بهدف إخماد النشاط الإشعاعي المتبقي قبل أن يتم التخلص منه نهائياً.



نواتج الانفجار النووي :

تنفذ التفجيرات النووية من أجل اختبار قوة قنبلة طورت حديثاً أو لأغراض سلمية مثل أعمال حفر الأنفاق و المناجم العملاقة ...وينتج عن هذه التفجيرات كميات ضخمة من العناصر المشعة تنطلق باتجاه الوسط البيئي هذه النواتج تندمج مع جزيئات الغبار المنتثرة في الجو و تتجه نحو الأعلى تحت تأثير تيارات الغازات الساخنة المتصاعدة نحو الغلاف الغازي ثم تتساقط هذه النواتج المشعة بفعل الجاذبية الأرضية فوق سطح الأرض وتسمى ب المتساقطات المشعة و تختلف هذه النواتج عن باقي المخلفات النووية بأنها تلتحم مع الأجسام الصلبة الغبار ، التراب ،الحديد ،السيليكات وتصبح غير قابلة للانحلال و التفكك و أشكالها تبدو مثل كريات الدحاحل الملونة بأحجام مختلفة تتراوح بين عدة ميكرونات إلى حجم حبيبات الثلج .

النواتج المشعة يمكن أن تنشأ مباشرة أثناء عملية الانشطار الذري أو عن طريق امتصاص الالكترونات المتحررة من قبل العناصر المحيطة.

في حين أن النواتج المشعة كبيرة الحجم نسبياً تصل سطح الأرض بعد عدة ساعات من الانفجار تبقى النواتج الصغيرة معلقة بالغلاف الجوي و غالباً ما تصل سطح الأرض عن طريق الأمطار أو الثلوج و هذا النوع يلتصق بشدة بالأوراق النباتية التي يسقط عليها ومن ثم يصل لجسم الإنسان عن طريق تناول لحوم و ألبان الحيوانات الآكلة للنبات الملوث .

الماء الملوث إشعاعياً :

ينتج عن مخلفات الوقود النووي المستهلك ماء على درجة عالية من الإشعاع بالإضافة للمخلفات الصلبة التي تتجمع على شكل كريات على طول أنابيب التصريف ، هذه النواتج الصلبة و السائلة لايمكن إطلاقها نحو البيئة مباشرة.

ينتج الماء الملوث أثناء عمليات الصيانة للمفاعل كذلك أثناء أعمال التنظيف للمخابر الإشعاعية داخل المفاعل و للمغاسل و الحمامات حيث يتم التخلص من ألبسة العمل ، أدوات التنظيف ، الأنابيب المخبرية و غيرها ممن يمتلك درجة إشعاعية منخفضة .

بالنسبة للمخلفات التي تملك درجة منخفضة من الإشعاعية يمكن تحويلها لأي شكل آخر من أشكال المادة الغازية أو السائلة أو الصلبة على الأغلب يتم التخلص منها باتجاه الوسط البيئي و لا سيما المجاري المائية بعد الخضوع للمعالجة الكيميائية أو حتى بدونها عموماً يجب توخي الحذر حتى لا تدخل في السلسلة الغذائية .

مساوئ استخدام الوقود النووي :

- عمليات جمع و تنقية اليورانيوم حتى الآن لاتتم بالصورة المطلوبة بحيث تضمن عدم حدوث أدنى تسريب .
- إن وجود خطأ طفيف في تصميم المفاعل أو تشغيله يمكن أن يسبب كوارث بيئية و بشرية كما حصل مع مفاعل تشيرنوبل حيث نفث أطناناً من الغبار الذري إلى الغلاف الجوي .
- مخلفات الوقود الناجمة من المفاعل شديدة السمية وحتى الآن لم يتم التوصل إلى طريقة آمنة و عملية لتخزين هذه المخلفات .
- إن عملية نقل الوقود النووي من و إلى المفاعل النووي تنطوي على الكثير من المخاطر .

الفصل الثاني

الطاقات المتجددة

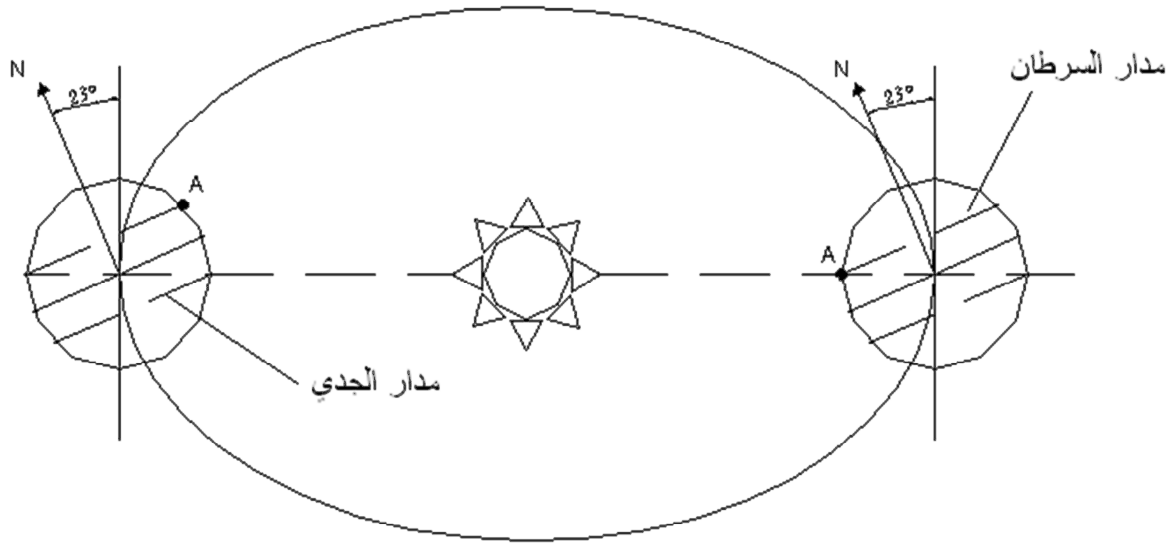
2- الطاقة الشمسية :

2-1 الإشعاع الشمسي :

إن كوكب الأرض يتلقى الطاقة من الشمس ، جميع المواد الموجودة بأشكال صلبة أو سائلة أو غازية تصدر طاقة بشكل أمواج كهرومغناطيسية ، الشمس هي كرة من الغازات الملتهبة بقطر مقداره 1390مليون متر وبسبب درجة حرارتها العالية تصدر الشمس كميات ضخمة جداً من الطاقة على شكل أمواج كهرومغناطيسية و تسمى بالطاقة الإشعاعية ، الطاقة الإشعاعية للشمس تنتقل إلى الأرض على شكل فوتونات (حاملات صغيرة جداً للطاقة) و تسير بسرعة 300 مليون متر بالثانية .
هذه الطاقة يمكن تحويلها لطاقة حرارية أو كيميائية أو كهربائية ..الخ .
عندما يتم امتصاص الفوتون من قبل سطح معدني فإن طاقة الفوتون تتحول إلى طاقة حرارية .
عندما يسقط الفوتون على أوراق النبات فإن الطاقة التي يحملها تتحد مع الأوكسجين لتتحول فيما بعد إلى طاقة كيميائية يختزنها النبات (عملية التركيب الضوئي) .
عندما يسقط الفوتون على خلية كهرضوئية تتحول طاقته إلى طاقة كهربائية ،إن الطاقة التي تحملها الفوتونات الواصلة للأرض هي المسؤولة عن الحفاظ عند درجة حرارة الأرض .
الطاقة الحرارية تسبب حدوث التبخر على المسطحات المائية وتشكل الغيوم و هطول الأمطار .
إن التفاوت في درجات الحرارة على سطح الأرض هو الذي يسبب حركة الرياح .
إن الإشعاع الشمسي لا يسقط على سطح الأرض بشكل متساو ولكن بشكل متفاوت ،فهي تختلف من مكان لآخر ومن فصل لآخر ،لذلك عند تصميم نظام طاقة شمسية لابد قبل ذلك من معرفة مقدار الاشعاع الشمسي في منطقة العمل .
إن المسافة بين الشمس و الأرض تبقى ثابتة تقريباً على مدار العام لذلك مقدار الإشعاع الشمسي على الأرض يبقى ثابتاً ، يقاس حجم الإشعاع الشمسي بما يعرف ب ***الثابت الشمسي*** .
الثابت الشمسي هو الكثافة الوسطى للإشعاع الساقط بشكل عمودي على واحدة المساحة من الأرض عند المسافة الوسطى بين الشمس و الأرض .
قيمة الثابت الشمسي هي **1367 واط للمتر المربع** أخذت هذه القيمة من قياسات مخبرية .
عند اختراق الإشعاع الشمسي الغلاف الجوي المحيط بالأرض فإن جزاً من الإشعاع يتم امتصاصه و بعثرته مما يقلل من قيمة الإشعاع الواصل للأرض . هذا يحصل لوجود طبقة الأوزون و الغازات المتبخرة و ذرات الغبار المعلقة بالهواء . في عملية الامتصاص يعطي الإشعاع جزءاً من طاقته الحرارية للجزيئات الغازية و ذرات الغبار الموجودة في الغلاف الجوي ،بحدود 20% من الطاقة الإشعاعية يتم امتصاصها ، في عملية التبعثر أشعة الشمس والتي كانت متوازية قبل دخولها الغلاف الجوي لم تعد كذلك تتفير اتجاهاتها بشكل عشوائي هذه الأشعة المتبعثرة تسمى بالإشعاع المتبعثر أشعة الشمس الواصلة لسطح الأرض تسمى الإشعاع المباشر .

من أجل تصميم نظام طاقة شمسية فعال يجب معرفة كمية الإشعاع الشمسي في مكان استخدام النظام المصمم و هذا بدوره يتطلب معلومات إضافية : الارتفاع عن سطح البحر ، خط الطول ، الساعة من اليوم ، اليوم من السنة .
منذ الصباح حتى فترة الظهيرة زاوية ميلان الشمس تتناقص و هذا يعني تزايداً في الإشعاع الشمسي و العكس يحدث من بعد الظهيرة حتى الغروب .

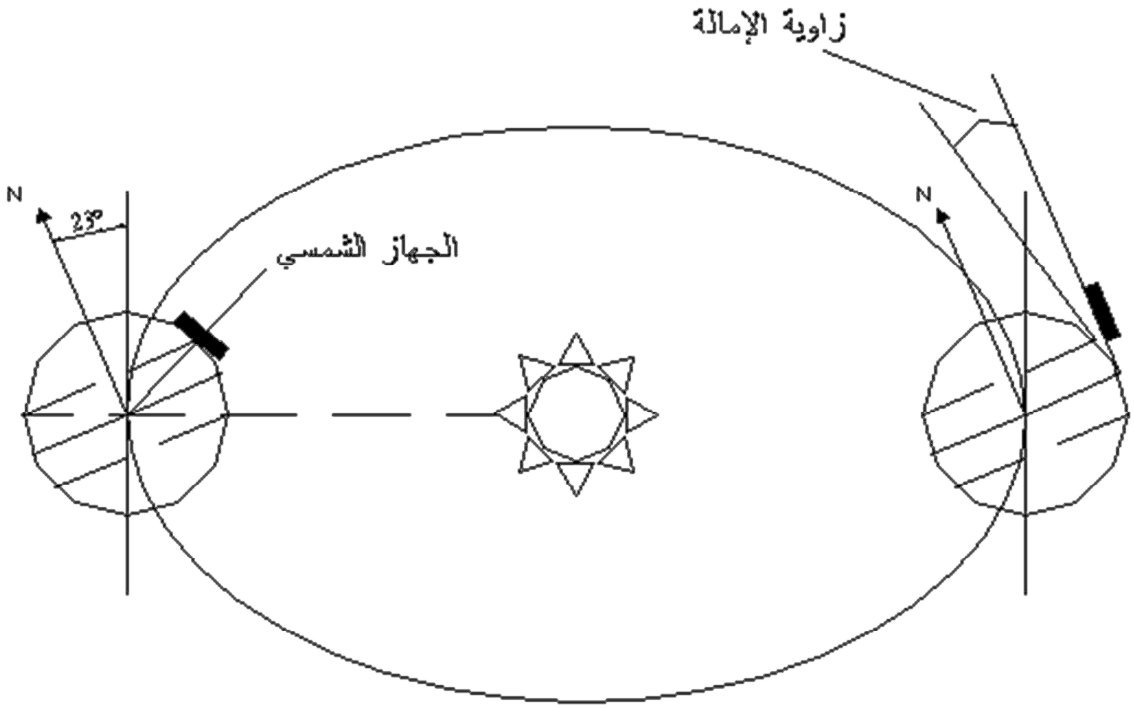
سندرس العلاقة بين حركة الأرض و الشمس ....
الأرض تدور حول الشمس وفق محورها الخاص ،محور دوران الأرض مائل بزاوية مقدارها 23 درجة كما يوضحه الشكل (5) ، هذه الحركة للأرض مع التموضع المائل هو سبب حصول فصول السنة الأربعة على مدار العام .يظهر في الشكل خط الاستواء ،مدار الجدي ، مدار السرطان .



الشكل ٥

يظهر من الشكل أنه في يوم 21 حزيران و المعروف بالانقلاب الصيفي تكون نقطة المرجع (A) عند مدار السرطان المائل 23 درجة باتجاه الشمال واقعة مباشرة فوق أشعة الشمس عند الظهيرة لهذا فالمناطق الواقعة على مدار السرطان ستحصل على أعلى نسبة من الإشعاع الشمسي في يوم 21 حزيران و بالتالي شهر حزيران سيكون من فصل الصيف لتلك المناطق .
و بشكل مشابه فإن يوم 21 كانون الأول و المعروف بالانقلاب الشتوي يكون فيه مدار الجدي المائل 23 درجة باتجاه الجنوب واقعاً مباشرة على أشعة الشمس عند الظهيرة لذلك المناطق الواقعة على مدار الجدي يكون شهر كانون الأول من أشهر الصيف بالنسبة لها .النقطة (A) سيتغير موقعها في هذا اليوم كما يوضحه الشكل و ستحصل على كمية أقل من الإشعاع الشمسي و سيكون فصل شتاء في المناطق الواقعة على مدار السرطان .
بين شهري حزيران وكانون الأول تمر الأرض بطور تكون فيها المناطق الاستوائية متعامدة مع أشعة الشمس وهذا يحدث في يومي 21 إيلول و 21 آذار و تسمى هذه الأيام بالاعتدال الشمسي المناطق الاستوائية تتلقى أكبر نسبة من الإشعاع الشمسي في هذه الفترة من السنة .

في الشكل (6) النقطة (A) واقعة على مدار السرطان .سيتم تركيب نظام طاقة شمسية في هذه النقطة .
يتضح من الشكل أن النقطة (A) ستحصل على أكبر مقدار من الإشعاع الشمسي في فصل الصيف و بالتحديد في شهر حزيران في حين لن تحصل إلا على قدر ضئيل من الإشعاع الشمسي في شهر كانون الأول أو في الشتاء بشكل عام .



الشكل ٦

ففي شهر كانون الأول ستكون أشعة الشمس الواصلة لهذه النقطة مائلة بزاوية قدرها
23+23= 46درجة عن محور دوران الأرض .
لكن من المفترض أن يتلقى جهاز الطاقة الشمسية نفس المقدار من الإشعاع الشمسي على مدار العام ، بل أكثر من ذلك ففي الشتاء يجب أن يتلقى مقدار أكبر من الإشعاع ليعطي نفس كمية الحرارة التي كان يعطيها في فترة الصيف ، لتحقيق ذلك يجب وضع الجهاز بزاوية مائلة تسمح بوصول أكبر قدر ممكن من الإشعاع لسطح الجهاز ،لذلك الزاوية العظمى بين أشعة الشمس في فترة الظهيرة و الخط العمودي على سطح الجهاز هي نفسها زاوية الميل لمحور دوران الأرض عن خط الشاقول .
من الشكل السابق يتضح أيضاً أن الأجهزة المتوضعة في نصف الكرة الشمالي يجب إمالتها باتجاه الشمال و الأجهزة المتوضعة في نصف الكرة الجنوبي يجب إمالتها نحو الجنوب .
التقنيات الحديثة أنتجت أجهزة تقوم بتعقب الشمس مباشرة بشكل آلي دون الحاجة لتعديل وضعية الجهاز .

2—2 تقنية الخلايا الكهرضوئية :

تصنع الخلايا الكهرضوئية من مواد نصف ناقلة كتلك التي تصنع منها القطع الالكترونية (دايود ، ترانزيستور ...) وهي تقع بالوسط بين النواقل و العوازل فلها خواص مثل الألمنيوم و خواص مثل البلاستيك ،وهي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء .فعند تعرض المرآة الشمسية لضوء الشمس ينتج على مخارجها تياراً كهربائياً بجهد معين ، وقيمة التيار والجهد الكهربائيين الناتجين تتعلق بكمية ضوء الشمس الساقط على المرآة ، وفي حال عدم وجود الضوء الكافي لن ينتج أي تيار كهربائي على المخارج ،كذلك قيمة التيار الناتج تناسب طرداً مع قيمة السطح العاكس أو مع مساحة المرآة.

إن التيار الكهربائي الناتج عن الخلايا الكهرضوئية هو تيار مستمر DC في حين أننا نحتاج لمتطلباتناالحياتية تياراً متناوباً AC .لتحويل التيار المستمر إلى تيار متناوب نستخدم جهازاً كهربائياً يسمى المقطع - انفيرتر(Inverter) .

الميزة الرئيسية للخلايا الكهرضوئية أنها تحول الضوء مباشرة إالى كهرباء دون الحاجة لوسائل مساعدة كما هو الحال في باقي أنواع الطاقات المتجددة (طاقة الرياح ، طاقة المد والجزر) .

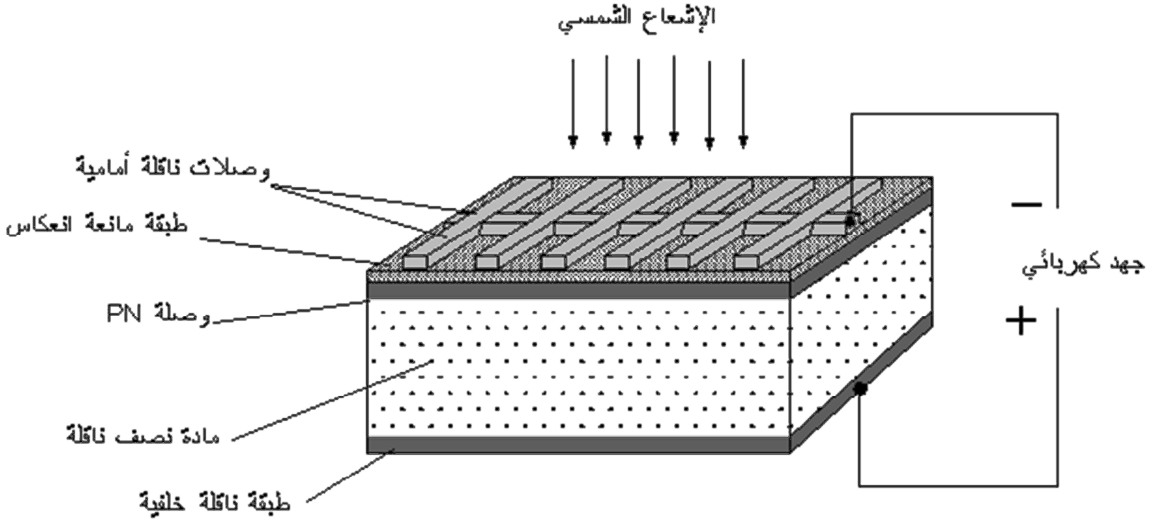
بالإضافة أنها لاتحوي أجزاء متحركة يمكن أن تتآكل مع مرور الزمن وبالتالي لا يوجد حاجة لصيانة دورية لكن من مساوئها أنها لاتعطي طاقة كهربائية بغياب الضوء فلايمكن استخدامها ليلاً أو في الأيام الغائمة لذلك لابد أن يستخدم معها وسيلة لتخزين الطاقة الكهربائية و هذه الوسيلة هي المدخرات الكهربائية أو البطاريات .

إن التطبيق الأوسع في استخدام الخلايا الكهرضوئية هو من أجل التجهيزات التي تستهلك استطاعة كهربائية صغيرة مثل ساعات اليد ، الآلات الحاسبة ، حاكمة إنارة الشوارع وغيرها ...

الخلايا الكهرضوئية المتوفرة الآن يمكن أن تعطي استطاعة كهربائية من 5 حتى 300 واط و إذا تم تجميع الخلايا مع بعضها البعض فمن الممكن الحصول على طاقة كهربائية عالية يمكن أن تصل قيمتها إلى واحد ميغا واط أي ألف مليون واط حيث يمكن استخدامها لتخديم بلدة صغيرة أو مجموعة قرى .

تم اكتشاف المفعول الكهرضوئي من قبل العالم الفرنسي (Edmund Becquerel) عام 1839 حيث وجد أنه عندما يصطدم فوتون بوصلة مكونة من مادتين نصف ناقلتين (وصلة PN) فإن الفوتون يتم امتصاصه من قبل الوصلة وتتحرر الكترونات ضمنها معطية تياراً كهربائياً ، و لجمع هذا التيار لابد من وضع أطراف ناقلة في بداية ونهاية الوصلة ، يجب الانتباه لوضعية النواقل بحيث لاتمنع وصول الضوء للخلية . عندما يسقط الضوء على جسم شديد الملوسة فإن جزءاً من الضوء الساقط سينعكس وهذا يعني بعض الضياعات في الطاقة ، لتفادي ذلك توضع طبقة مانعة للانعكاس على سطح الخلية الكهرضوئية، الشكل (7) يوضح تركيبة الخلية الكهرضوئية .

أول خلية كهرضوئية ظهرت عام 1950 و صنعت من السيليكون ، وفي غضون الخمسة عشر عاماً المنصرمة شهدت هذه التقنية تطوراً كبيراً. العاملان الرئيسيان في صناعة الخلايا الكهرضوئية هما مردود الخلية و تكلفة الإنتاج ومع التطور الحاصل ارتفع مردود الخلية وتم تخفيض التكاليف للحد الأدنى ، المردود للخلايا المتوفرة حالياً يتراوح بين 13% و 16% .



الشكل ٧

3-2 الطاقة المتولدة من الخلية الكهرضوئية :

إن الجهد الكهربائي المتولد من الوصلة السيلوكونية (P N) هو بحدود 0,5 إلى 0,6 فولت و بشكل عام كمية الطاقة الكهربائية الممكن الحصول عليها من مرآة شمسية يغتمد على عاملين رئيسيين هما مردود الخلية و سطح الانعكاس للمرآة :

- إن خلية بمردود 13% تستطيع تحويل 13% من الضوء الساقط عليها إلى طاقة كهربائية .
- كلما زادت مساحة السطح العاكس كلما زادت كمية الضوء الساقط عايه و زادت الطاقة الكهربائية المتولدة .

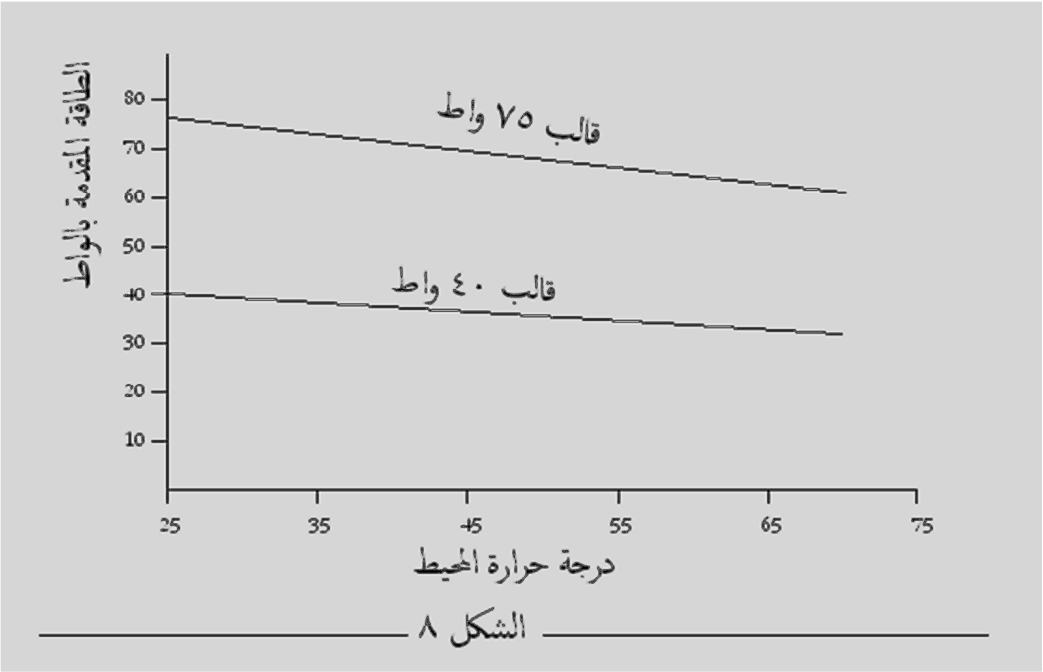
كمواصفة عالمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح عاكس مساحته متر مربع واحد عند درجة حرارة 25 درجة مئوية يولد طاقة كهربائية افتراضية من هذا السطح قدرها 1000 واط .
فمثلاً من أجل خلية مساحتها 0,01 متر مربع و مردودها 15% ما هي قيمة الطاقة الكهربائية المقدمة من هذه الخلية ؟

الطاقة المقدمة = مردود الخلية X مساحة السطح X الإشعاع الشمسي

$$\text{Power} = 0.15 \times 0.01 \times 1000 = 1.5 \text{ W}$$

الطاقة المقدمة = 1,5 واط .

إن القيمة 1000 واط / متر المربع هي قيمة عالمية لكنها غير ثابتة ففي ساعات الصباح قد تكون بحدود 100 واط/ متر المربع ، وهي تتراوح بين 600 إلى 800 واط /متر المربع و بالتالي القيمة 1000 هي قيمة عظمى تكون في فترة ذروة الإشعاع الشمسي و منه فالطاقة المتوقعة من الخلية هي دائماً أقل من طاقتها الاسمية المأخوذة عند القيمة 1000 واط / متر المربع .
كذلك تلعب درجة الحرار المحيطة دوراً هاماً فازدياد درجة الحرارة عن القيمة المعيارية 25 درجة يعني انخفاض مردود الخلية و بالتالي انخفاض قيمة الطاقة المقدمة منها .
الشكل(8) يبين العلاقة بين درجة الحرارة المحيطة و الطاقة المقدمة من الخلية .



الشكل ٨

4-2 قوالب ال PV modules pv :

إن الخلية الكهرضوئية الواحدة يمكنها أن تعطي طاقة كهربائية تتراوح بين 0.1 إلى 3 واط وكلما زاد حجم الخلية كلما زادت الطاقة المقدمة منها ،لذلك يتم تجميع الخلايا المتماثلة مع بعضها البعض وعادة يتم تجميع 36 خلية مع بعضها على سطح واحد و تشكل ما يسمى قالب ال PV.

استخدمنا الكلمة (قالب) كترجمة للكلمة module والتي تعني تجمع للخلايا الشمسية يشبه قوالب البلوك الإسمنتي ضمن جدار.

في جميع ظروف التشغيل القالب من المفترض أن يعطي جهداً كهربائياً لايقل عن 12 فولت و هو الجهد اللازم لشحن بطارية وعندما يتم توصيل 18 خلية على التسلسل بدلاً من 36 فإن الجهد الناتج هو 6 فولت، وعند استخدام بطاريات 12 فولت يجب أن يؤمن القالب جهد كهربائي لايقل عن 15 فولت من أجل شحن البطارية . التيار الكهربائي المعطى من قبل القالب يتناسب طرداً مع حجم القالب .

في معظم الحالات حتى الطاقة التي يقدمها القالب لا تفي بالغرض لذلك يتم وصل القوالب مع بعضها على التسلسل و التفرع ،التوصيل على التسلسل يزيد قيمة الجهد على المخارج و الوصل على التفرع يزيد من قيمة التيار المعطى ،توصيل القوالب المتماثلة يشكل مايسمى بالمصفوفة وهي الشكل النهائي للمرآة الشمسية .

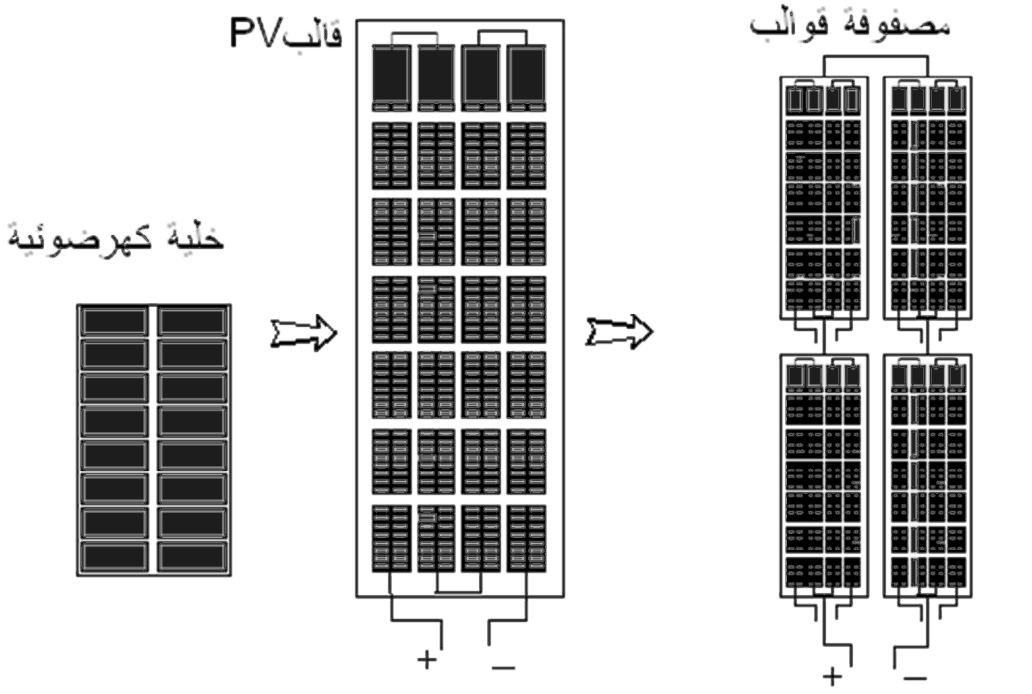
الشكل (9) يوضح تركيبة القالب و المصفوفة .

5-2 تأمين الحماية للخلية الكهرضوئية :

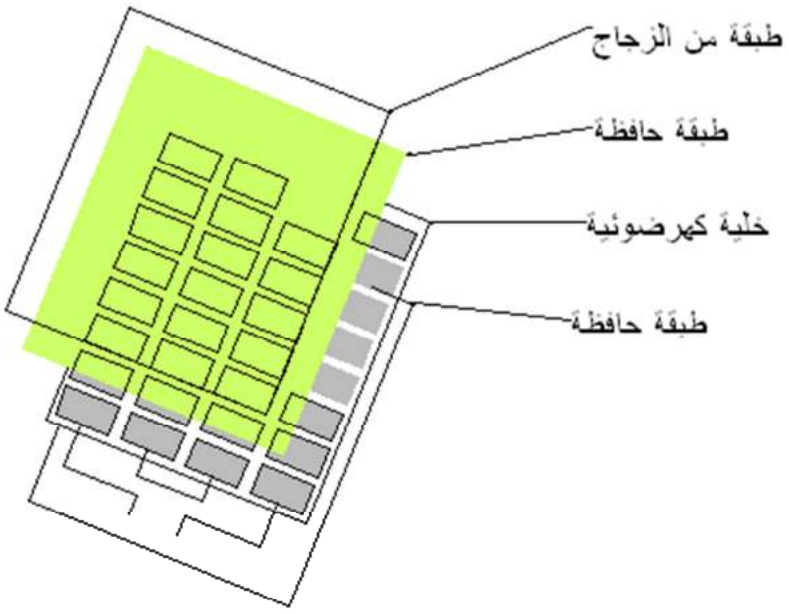
من أجل ضمان مدة عمل طويلة للخلية لابد من تأمين الحماية اللازمة لها ضمن بيئة العمل التي تعمل الخلية فيها، الرطوبة من شأنها أن تسبب التآكل للوصلات المعدنية كذلك تؤثر على الطبقة مانعة الانعكاس وذلك كله يسبب تناقص في مردود الخلية .

الحماية من أخطار بيئة العمل تكون باستخدام صفيحتين حافظتين (صفائح بشكل كبسولة) على السطحين العلوي والسفلي للخلية و يجب أن تصنع الكبسولة من مادة شفافة عادة من مادة (EVA) وهي اختصار للعبارة ايثيلين فينيل اسيتات وذلك للخلايا السيلكونية، إلا أن هذه الكبسولة لا تؤمن

الحماية الميكانيكية اللازمة لذلك توضع صفيحة من الزجاج المقسى على الوجه الأمامي للقالب ، و على الوجه الخلفي للقالب تستخدم صفيحة من مادة البوليمير القاسي .
الشكل (10) يوضح طبقات الحماية على القالب .



الشكل ٩



الشكل ١٠

6-2 استخدام المدخرات :

المدخرة تقوم بتخزين الطاقة الكهربائية بشكل كيميائي والتي تحول فيما بعد لطاقة كهربائية. تتحدد مواصفات المدخرة بواسطة **جهد التشغيل** و **الأمبير الساعي** و هو قيمة التيار الذي تقدمه المدخرة لمدة زمنية محددة .البطاريات القابلة للشحن متوفرة بجهد كهربائي 6 ،12,24 فولت وكلما زاد حجم البطارية كلما ازدادت قيمة الطاقة المختزنة فيها و كلما زاد الأمبير الساعي ،أي معدل التيار المقدم يكون أعلى و مدة التفريغ تكون أطول ،ويعبر عن الأمبير الساعي على غلاف البطارية الخارجي بالرمز (Ah) ، فعندما نقرأ على غلاف إحدى المدخرات القيمة Ah10 هذا معناه أن المدخرة تستطيع تقديم تيار كهربائي قيمته 10 أمبيرلمدة ساعة واحدة فقط ، أو تقديم تيار قيمته واحد أمبير لمدة 10 ساعات ، لمدة خمس ساعات 2 امبير ...وهكذا .من أجل مدخرة جهد 6 فولت الأمبير الساعي لها يتراوح بين 3 إلى 5 أمبير ساعة . من أجل مدخرات أكبر يأخذ الأمبير الساعي القيم التالية :

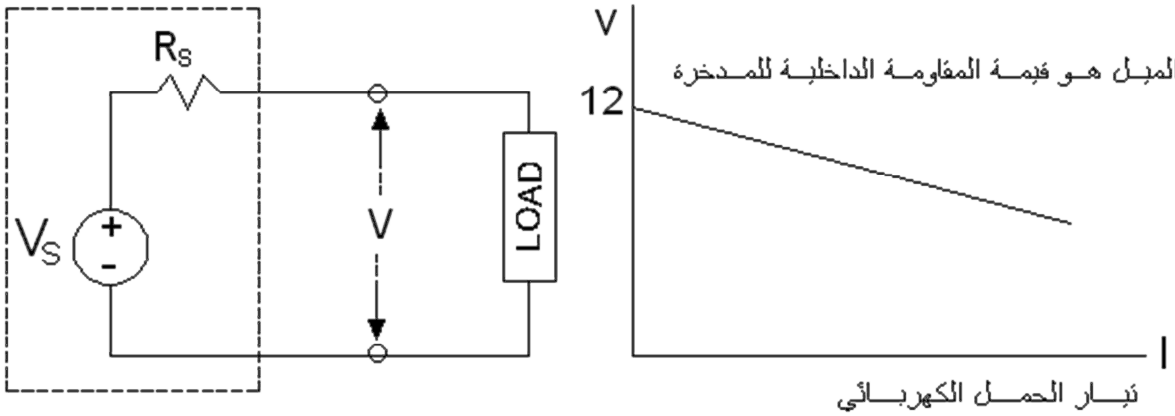
,15Ah ,40Ah ,50 Ah, 60 Ah, 75 Ah ,150 Ah ,220 Ah .

هبوط الجهد الكهربائي على قطبي المدخرة :

عند توصيل الحمل الكهربائي إلى قطبي المدخرة يحدث انخفاض في قيمة الجهد الكهربائي المقدم من قبل المدخرة V ويعود السبب لوجود مقاومة داخلية للمدخرة تتعلق بتركيبة المواد الكيميائية داخلها ويرمز لها R_S ،الطاقة الكهربائية المتولدة داخل المدخرة هي V_S ، كلما ازداد التيار المستجر من المدخرة كلما زاد هبوط الجهد الكهربائي أو الفرق بين V و V_S و إذا اعتبرنا I تيار الحمل الكهربائي عندها يمكن فهم هذا المفهوم من خلال المعادلة التالية :

$$V = V_S - I R_S$$

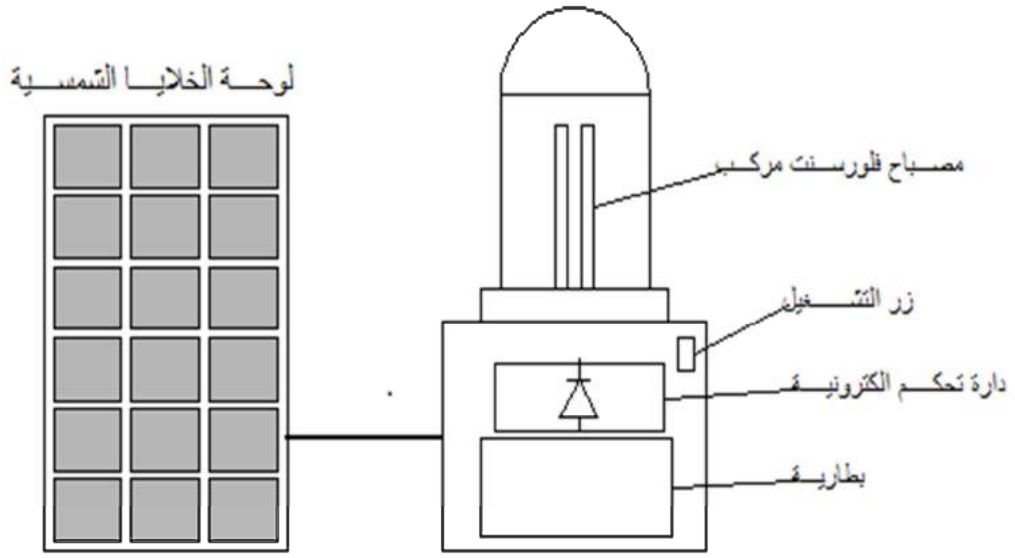
الشكل (10 – ب) يوضح تمثيل المدخرة كمنبع يحوي مقاومة داخلية ويوضح العلاقة بين تيار الحمل والجهد المقدم من قبل المدخرة .



الشكل(10 – ب)

7-2 المصباح الشمسي :

حل هذا النوع من المصابيح مكان المصابيح التي تعتمد على الوقود، يتألف هذا المصباح من لوحة PV ، بطارية قابلة للشحن و دارة الكترونية للتحكم بعملية الشحن الكهربائي ،مصباح فلوريسنت مضغوط (مصباح توفير الطاقة). الشكل (11) يوضح الأجزاء الرئيسية لهذا النوع من المصابيح.



الشكل(11)

الهدف من استخدام دارة التحكم الالكترونية هو حماية البطارية من الشحن الزائد و كذلك التفريغ الزائد هذا النوع من البطاريات محكم العزل و صيانته تكون مجانية من قبل المصنع (استبدال البطارية) لذلك المستخدم لا يحتاج لإضافة الماء المقطر للبطارية من وقت لآخر كما هو الحال مع بطارية السيارة .العمر الافتراضي لهذا النوع من البطاريات هو بحدود 4-6 سنوات في حين أن عمر لوحة الخلايا الشمسية قد يمتد حتى 20 سنة لذلك يتم استبدال البطارية للجهاز بعد عدة سنوات من الاستخدام.
يتم تصميم المصباح بحيث يعمل بفعالية لمدة 5-6 ساعات في اليوم ويجب ان يكون حجم لوحة الخلايا الشمسية متناسب مع استطاعة مصباح الفلوريسنت المستخدم أي بالنسبة لمصباح باستطاعة 7 واط يجب أن تكون استطاعة اللوحة الشمسية 7 واط على الأقل .
الطاقة الكهربائية اللازمة من أجل مصباح باستطاعة 7 واط لمدة عمل قدرها 6 ساعات باليوم تساوي

الطاقة = 7 x 6= 42 واط ساعي/ اليوم

و البطاريات المستخدمة مع مصابيح الطاقة الشمسية هي ذات جهد 6 فولت لذلك فإن استطاعة البطارية يجب أن تكون :

42÷6 = 7 أمبير ساعي / اليوم 7Ah/day

إذاً استطاعة البطارية اللازمة هي 7Ah من أجل الاستخدام اليومي .

8-2 تصميم نظام خلايا شمسية :

جهاز الانفيرتر يقوم بتحويل التيار المستمرإلى تيار متناوب بمردود قدره 90% ،عملية الشحن و عملية التفريغ للبطارية لها مردود تقريبي 90% أي أن الطاقة المختزنة بالبطارية لا يمكن استخدامها بأكملها هنا سنفترض أن 80% من تيار التفريغ مستغل أي نستفيد بنسبة 80% من طاقة البطارية .
المردود المركب لكلا من الانفيرتر و البطارية يحسب بالشكل التالي :

المردود المركب = مردود الانفيرتر x مردود البطارية
المردود المركب = 0,9 x 0,8 = 0,72

جهد البطارية المستخدمة 12 فولت ، استطاعة البطارية 120Ah ، مدة السطوع الشمسي هي 8 ساعات يومياً ، مدة تشغيل الحمل الكهربائي هي 6 ساعات باليوم .
الاستطاعة العظمى المقدمة من اللوحة الشمسية هي 40 واط .عامل التشغيل (الاستطاعة الفعلية المقدمة من اللوحة PV) هو بحدود 0,6 إلى 0,86و ذلك بسبب ظروف التشغيل كحرارة الوسط المحيط و انتشار الغبار ، هنا سنعتبر أن عامل التشغيل يساوي 0,75 :

الاستطاعة الفعلية المقدمة من اللوحة = 40 x 0,75= 30 واط

تطبيق :
لدينا غرفتان نريد وضع في كل منهما مصباح فلوريسنت استطاعة 18 واط و مروحة باستطاعة 60 واط بحيث تعمل الأجهزة لمدة 6 ساعات يومياً ، ما هو نظام الطاقة الشمسية المناسب ؟

الحل :

1- نقوم بحساب الحمل الكهربائي الكلي :2 x 18 + 2 x 60= 156 واط .

2- حساب معدل الواط الساعي (6 ساعات) : 156x 6 = 936 واط ساعي .

3- حساب استطاعة اللوحة حسب عامل التشغيل :40 x 0,75 = 30 واط .

4- حساب استطاعة اللوحة حسب المردود المركب : 30 x 0,81= 24,3 واط .

5- حساب الطاقة في اليوم الواحد : 24,3 x 8 = 194,4 واط ساعي .

6- حساب عدد اللوحات الشمسية اللازمة : معدل الواط الساعي للحمل في اليوم مقسم على الطاقة المقدمة من اللوحة في اليوم .

936 ÷ 194,4 = 5 تقريباً

7- معرفة مواصفات البطارية اللازمة : يجب أن تكون الطاقة المختزنة في البطارية أكبر من الطاقة المستهلكة منها أو أخذ العامل المركب بعين الاعتبار :
استطاعة للبطارية = الأمبير الساعي للحمل في اليوم مقسوماً على (جهد البطارية x المردود المركب)

استطاعة البطارية = 936÷ (12 X 0,72) = 108,33 أمبير ساعي

P = 108,33 Ah

عدد البطاريات اللازمة = معدل الأمبير الساعي الكلي مقسماً على استطاعة البطارية الواحدة .

= 108,33 ÷120 = 0,9

أي نحتاج فقط بطارية واحدة 120Ah

8- اختيار الانفيرتر : إن استطاعة الحمل الكهربائي هي 156 واط أو 184 فولت أمبير حيث قسمنا الاستطاعة(واط) على عامل الحمل (0,85) .
جهاز انفيرتر باستطاعة 200 فولت أمبير 200 VA سيفي بالغرض .

التطبيق السابق كان من أجل منزل صغير من أجل تصميم نظام طاقة شمسية لمنزل كبير أو منشأة صناعية يجب اتباع نفس الخطوات السابقة .

تصميم نظام طاقة شمسية PV لضخ الماء :

لهذا العمل يجب معرفة كمية المياه الواجب ضخها فيما يعرف بالغزارة، ارتفاع الضخ ،استطاعة المضخة الضاخة و من ثم مواصفات اللوحة الشمسية المطلوبة. يمكن تلخيص العمل بالخطوات التالية :

1- تحديد كمية المياه اللازم استهلاكها باليوم الواحد .
2- تحديد الارتفاع الهيدروليكي للضخ .
3- معرفة الطاقة الكهربائية اللازمة في اليوم الواحد (واط ساعي/ اليوم) .
4- معرفة كمية الإشعاع الشمسي في مكان تركيب النظام .
5- معرفة الاستطاعة الكهربائية للمضخة و المردود .
6- حساب حجم اللوحة الشمسية PV بناء على المعطيات السابقة .

الشكل(12) يوضح الأجزاء الرئيسية لنظام ضخ الماء بالطاقة الشمسية .

مفاهيم أساسية :

قبل البدء بتطبيق عملي لابد من فهم المفاهيم الفيزيائية التالية :

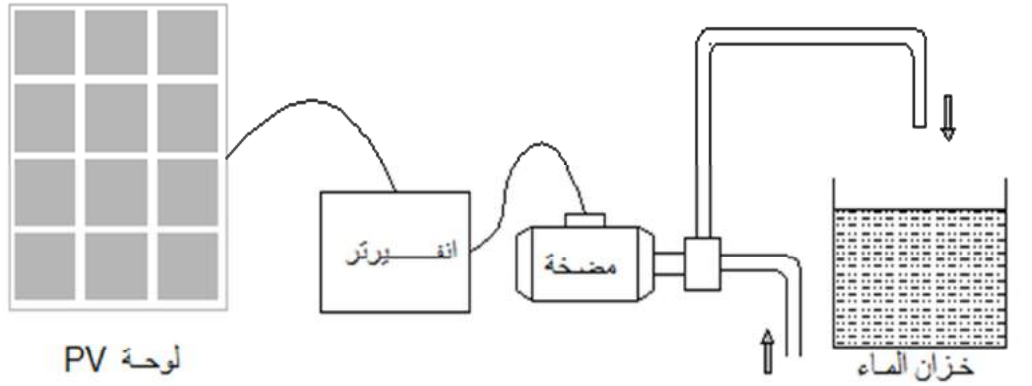
كمية الماء اللازمة : تقدر بواحدة ليتر / اليوم أو متر مكعب/اليوم إن حجم النظام الشمسي المركب و تكلفته تعتمدان على كمية المياه اللازم ضخها يومياً ، هنا النظام سيقوم بضخ كمية من الماء خلال مدة زمنية بحدود 6-8 ساعات وهذه الكمية يجب أن تكون كافية للاستهلاك لمدة 24 ساعة ، يجب الأخذ بعين الاعتبار الاستهلاك الأعظمي وطبيعة الفصل حيث الاستهلاك صيفاً يختلف عنه شتاءً لذلك لابد من حساب المتوسط الاستهلاكي الشهري ثم السنوي .

الارتفاع الهيدروليكي : و هو عامل هام من أجل ضمان عمل النظام بشكل فعال حيث يحدد قيمة الضغط الفعلي التي ستعمل عليه المضخة وهو بدوره يتألف من عاملين أساسيين : الرفع العمودي الكلي و مفاقيد الاحتكاك .

الرفع العمودي الكلي : هو مجموع ارتفاع الضخ و مستوى الماء الراكد و مستوى السحب .

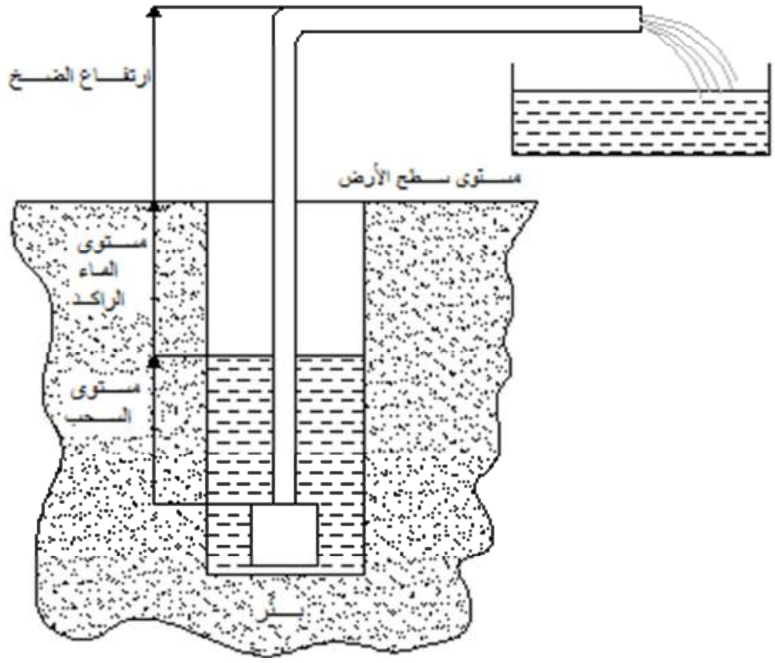
ارتفاع الضخ : هو المسافة العمودية بين مستوى سطح الأرض(حافة البئر) و بين مستوى تفريغ الماء.

مستوى الماء الراكد : هو المسافة العمودية بين مستوى سطح الأرض و مستوى الماء في البئر .
مستوى السحب : هو المسافة العمودية بين مستوى الماء في البئر و مستوى فوهة تصريف الماء للمضخة .



الشكل ١٢

مفاقيد الاحتكاك : تعرف بأنها الضغط اللازم للتغلب على قوى الاحتكاك ضمن أنابيب الضخ من فوهة المضخة إلى نقطة تفريغ الماء، ويعبر عنها بالمتر الطولي تأخذ بعين الاعتبار عند التصميم تضاف للرفع العمودي الكلي لحساب الارتفاع الديناميكي و هذه المفاقيد تتعلق بحجم الأنبوب ، معدل الجريان ، نوع الوصلات ، عدد وصلات الثني (الأكواع) المستخدمة ، عادة تستخدم الجداول لحساب هذه المفاقيد لكن في حالة كون نقطة التفريغ قريبة من مستوى البئر عندها تأخذ كنسبة مئوية ،فعندما يكون ارتفاع نقطة التفريغ10 أمتار أو أقل عندها تأخذ مفاقيد الاحتكاك كنسبة مئوية قدرها 5% من الرفع العمودي الكلي .
الشكل(13) يوضح المفاهيم السابقة .



الشـــكل ١٣

تطبيق :

يلزم نظام طاقة شمسية لوحات PV من أجل عمل مضخة تضخ كمية من الماء 25000 ليتر يومياً من بئر عمقها 10 أمتار و المعطيات الفيزيائية كالتالي :

- كمية الماء اللازم ضخها يومياً 25 متر مكعب .
- الرفع العمودي الكلي 12 متر ،5 متر ارتفاع الضخ ، 5 متر مستوى الماء الراكد ،2 متر مستوى السحب .
- كثافة الماء 1000 كغ/ م3 .
- تسارع الجاذبية الأرضية 9,8 م/ ثا2 .
- الاستطاعة العظمى لقالب ال PV هي 75 واط (Wp= 75 w) .
- عامل التشغيل للوحة الشمسية يساوي 0,75 .
- مردود المضخة هو 30% .
- عامل الارتياب للوحة الشمسية هو 0,85(mismatch factor) المقصود به أن اللوحة الشمسية لا تعمل دائماً عند نقطة العمل العظمى .

الحسابات التصميمية :

1- كمية الماء المستهلكة يومياً هي 25 متر مكعب .

2- معرفة الارتفاع الديناميكي الكلي :

الارتفاع الديناميكي = الرفع العمودي + مفاقيد الاحتكاك .

مفاقيد الاحتكاك تقدر بنسبة 5 % من الرفع العمودي الكلي وبناء عليه يكون :

الارتفاع الديناميكي = 12 + 12x 0,05 = 12+0,6 = 12,6 متر .

3- حساب الطاقة الهيدروليكية اللازمة لرفع كمية الماء المطلوبة يومياً :
الطاقة الهيدروليكية = كتلة الماء X تسارع الجاذبية الأرضية X الارتفاع الديناميكي .
كتلة الماء = كثافة الماء(كغ/ م3) X الغزارة (م3/ يوم) .

الطاقة الهيدروليكية = 1000(كغ/م3) X 25(م3/يوم) X 9,8(م/ثا2) X 12,6 (م)
المقدار السابق يقسم على 3600 من أجل التحويل من ثانية إلى ساعة
الطاقة الهيدروليكية = 857,5 واط ساعي/ يوم .

4- معرفة الإشعاع الشمسي في الموقع : الإشعاع الشمسي المكافئ للإشعاع الشمسي الأعظمي المقدر ب 1000 واط/ م2 ، يتراوح ما بين 5 إلى 8 ساعات باليوم .
ستحدد ساعات الذروة الإشعاعية ب 6 ساعات باليوم .

5- معرفة عدد اللوحات الشمسية اللازمة و استطاعة المضخة :
الاستطاعة المقدمة من اللوحة PV تساوي حاصل قسمة الطاقة الهيدروليكية على عدد ساعات الذروة الإشعاعية باليوم .
= 857,5 ÷ 6 = 142,9 واط
و إذا أخذنا بعين الاعتبار مردود المضخة و عامل الارتياب للوحة :
الاستطاعة المقدمة من اللوحة = 142,9÷ (0,3 X 0,85)
= 560 واط
و باعتبار عامل التشغيل للوحة PV تكون الاستطاعة: 560 ÷0,75 = 747,3 واط

عدد اللوحات الشمسية ذات الاستطاعة 75 واط :
747,3 ÷ 75 = 9,96
أي يلزمنا 10 لوحات .
حساب الاستطاعة للمضخة : باعتبار أن 1 حصان بخاري يساوي 746 واط :
الاستطاعة = 747,3 ÷ 746 = تقريباً 1 حصان (1 HP)

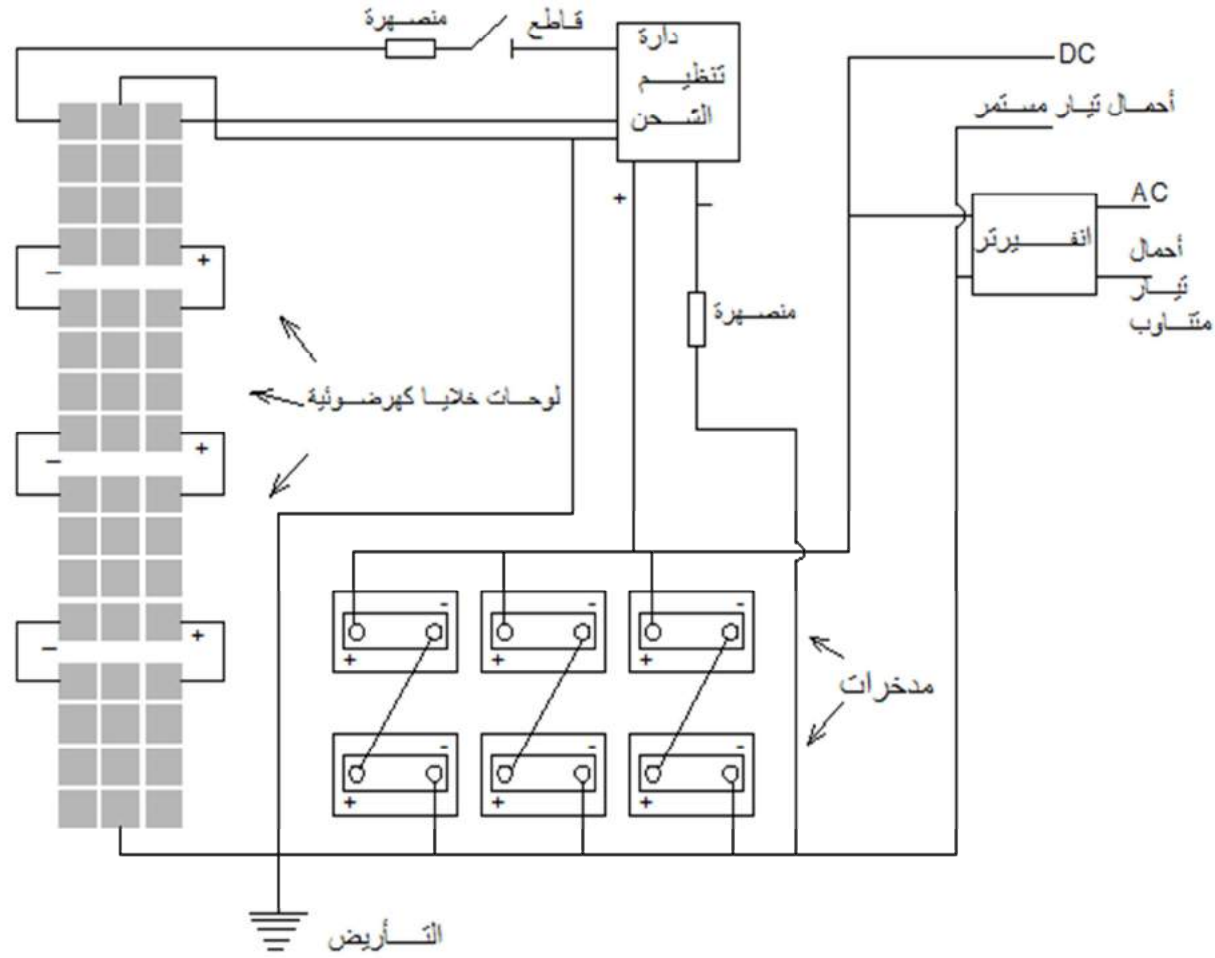
10-2 قواعد عامة في تركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية :

- إن الجهد الكهربائي المقدم من الخلية الكهرضوئية تحت الظروف المخبرية ليس نفس الجهد الكهربائي الذي يمكن الحصول عليه في ظروف التشغيل، فالجهد الكهربائي في حالة عدم وجود حمل كهربائي و في حالة وجود الحمل يزداد كلما انخفضت درجة حرارة الوسط المحيط لذلك لا بد من معرفة قيمة الجهد الكهربائي الأعظمي في حالة اللا حمل لاختيار باقي التجهيزات الكهربائية لنظام الطاقة المطلوب.

الجدول في الأسفل يوضح عوامل التصحيح للجهد الكهربائي المقدم في حالة اللاحمل حسب درجات الحرارة المحيطة :

درجة حرارة التشغيل درجة مئوية	عامل التصحيح
25 10	1,06
9 ..... صفر	1,10
1- 10-	1,13
11- 20-	1,17
21- 40-	1,25

- جهاز الانفيرتر هو جهاز يعطي جهد كهربائي ثابت و هو يتغذى من البطارية ، عندما تنخفض قيمة جهد الشحن للبطارية تزداد قيمة تيار الشحن ، قيمة التيار الكهربائي المقدم من الانفيرتر هو حاصل قسمة الاستطاعة الاسمية للانفيرتر مقدرة بال واط على مردود الانفيرتر مضروباً بقيمة جهد البطارية الأصغر .
كمثال : بالنسبة لانفيرتر استطاعته الاسمية 400 واط – جهد التشغيل 24 فولت ، مردود 0,85 جهد البطارية 22 فولت عندها التيار المقدم يساوي :
400 ÷ (22 x 0,85) = 21,4 أمبير
- بالنسبة لاختيار مقاطع النواقل الكهربائية أو أسلاك التوصيل يتم على أساس قيمة التيار الأعظمي المتوقع مروره مضروباً بقيمة 1,25 كذلك الأمر بالنسبة لعناصر الحماية الكهربائية المنصهرات
- اللوحات PV تصبح مصدراً للكهرباء عند تعرضها لأشعة الشمس و عند التوصيل التسلسلي لها لزيادة الجهد المقدم و التفرعي لزيادة التيار المقدم عنها يمكن أن تعرض الشخص المستخدم لخطر الصدمة الكهربائية لذلك يجب استخدام قواطع عزل كهربائية مناسبة بين المجموعات الموصلة أثناء عمليات الصيانة أو الاستبدال .
- سلامة الأفراد : إن وجود المدخرات الرصاصية في المنزل (مستودع، قبو ،كراج) ينطوي على بعض المخاطر حيث أن حمض الكبريت المستخدم فيها تسبب ملامسته للجلد احتراق الجلد لذلك لا بد من استخدام القفازات المطاطية ، كذلك يجب عدم صب الحمض فوق الماء بتاتاً إنما صب الماء فوق الحمض عند إضافة الماء المقر للبطارية ، والبطارية المشحونة تختزن طاقة كهربائية عالية وحدوث قصر على الأقطاب أو على أسلاك التوصيل قد يتسبب بحدوث حريق و للحد من هذه الخطورة يجب استخدام فيوزات حماية مناسبة حسب تيار التفريغ للبطارية بحيث تسمح بتمرير تيار التفريغ من البطارية لجهاز الانفيرتر أو من البطارية لأجهزة الإنارة التي تعمل على جهد 12 فولت مستمر مثل أضواء LED.



الشكل ١٤

حول مفهوم التأريض :

الهدف من استخدام نظام التأريض هو حماية الأشخاص من الصدمة الكهربائية بسبب حدوث تسريب في التيار الكهربائي بين الناقل و جسم معدن قد يكون اللوحة الكهربائية أو أي جسم آخر معدني ، التأريض يسمح للتيار المتسرب بالمرور عبر الأرض بدلاً من جسم الإنسان الجهد الكهربائي المتولد من اللوحات الشمسية هو جهد منخفض لا يشكل أي خطر على حياة الإنسان و الخطر يكمن في الجهد 220 فولت الخارج من جهاز التقطيع أو الانفيرتر .

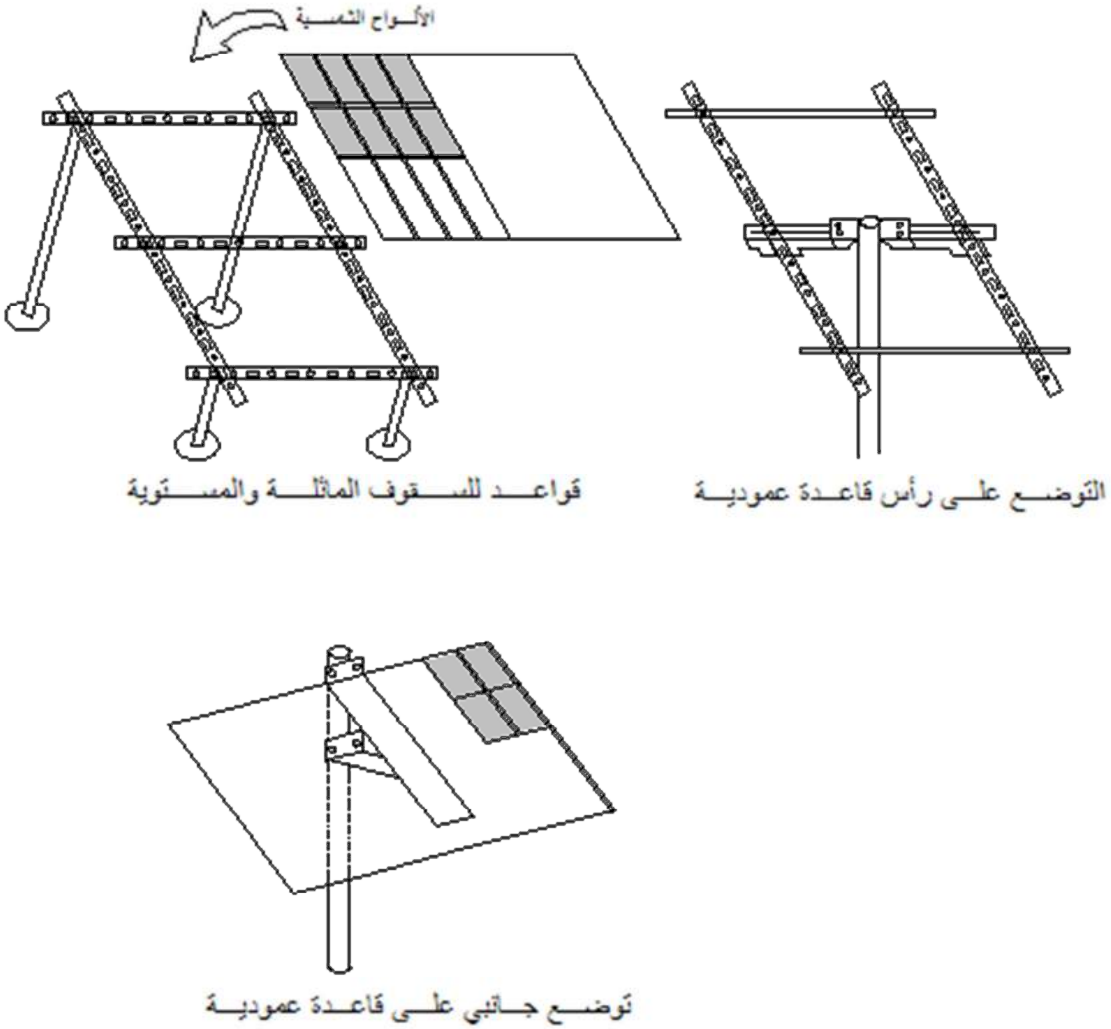
المتعارف عليه أن سلك التأريض له لون خاص هو الأخضر /الأصفر (G/Y wire) و هذا السلك يصل بين اللوحة الكهربائية الرئيسية إلى شبكة التأريض المزروعة حول البناء وهذه الأخيرة تتكون من عدد من الأوتاد النحاسية بطول 1 – 1,5متر تغرس داخل التربة بحيث يكون عمق رأس الوتد 60 سنتمتر على الأقل ، عدد هذه الأوتاد يتعلق بطبيعة التربة فإذا كانت التربة جافة تتطلب ذلك زيادة عدد الأوتاد و إذا كانت رطبة لزم عدد قليل من الأوتاد ، توصل الأوتاد فيما بينها بواسطة ناقل نحاسي مجدول يسمى تجارياً (مرس) حيث يشبه الحبل المجدول او مرس الحصان و يتوضع تحت الأرض .

11-2 حوامل اللوحات الشمسية :

هناك أربعة أنواع رئيسية لحوامل اللوحات الشمسية :
حامل مثبت بأرض السقف - حامل على رأس قاعدة عمودية – حامل جانبي على قاعدة عمودية.
حامل عمودي لنظام تتبع حركة الشمس . لاحظ الشكل (14- ب)
لكل نوع خصائص في الاستخدام فالحامل السقفي يختصر مسافة مد الأسلاك الكهربائية و بالتالي يوفر في تكلفة الأسلاك لكنه يحتاج لأعمال تثقيب في السقف لتثبيت القواعد ، بالإضافة لمشكلة تجمع الثلوج عند أسفل اللوحة في المناطق المثلجة .
بالنسبة للحامل على رأس القاعدة العمودية يتطلب استخدام عمود فولاذي بقطر يتراوح بين 2 إلى 6 إنش يثبت ضمن قاعدة اسمنتية مناسبة في التربة ،هذا النوع هو الأنسب في المناطق المثلجة حيث لا يتجمع الثلج بل ينزلق على اللوحة ، من مساوىء هذا النوع قلة عدد اللوحات التي يحملها كل عمود.
الحامل الجانبي على قاعدة عمودية هو عبارة عن صفيحة معدنية تتوضع بشكل مائل على جانب العمود الفولاذي و ترتكز عليها اللوحة الشمسية ، أيضاً هذا النوع مناسب للمناطق المثلجة لكن من عيوبه أنه لا يحمل سوى لوحة واحدة .
بالنسبة لحامل تتبع حركة الشمس يعتبر الأمثل من حيث زمن تعرض اللوحات الشمسية للإشعاع الشمسي وبالتالي التزويد بطاقة كهربائية لمدة زمنية أطول و هو الأنسب لمشاريع ضخ المياه .

التكلفة الإجمالية لمشروع لوحات خلايا ضوئية :

1- عدد اللوحات الشمسية اللازمة .
2- عدد حوامل اللوحات وسعر كل منها حسب النوع .
3- تكلفة الانفيرتر .
4- تكلفة البطاريات مع حواملها (رفوف) .
5- تكلفة اللوحة الكهربائية ومحتوياتها : مقياس أمبير تيار مستمر ، قواطع كهربائية ، فيوزات حماية .
6- الأسلاك الكهربائية للتيار المستمر و المتناوب ،سعر المتر الطولي لكل نوع .
7- المجاري التي ستوضع الأسلاك ضمنها : أنبوب بلاستيكي ، أنبوب معدني ، مجرى بلاستيكي مع غطاء ، سعر المتر الطولي لكل نوع .
8- حال عدم وجود شبكة تأريض للمنزل : وتد تأريض أو أكثر حسب طبيعة الأرض جافة أم رطبة مع سلك التأريض لون أخضر/أصفر .



----------الشكل (14 – ب) ----------

2- 12 تقنية الطاقة الحرارية الشمسية :

الطاقة الحرارية أو طاقة التسخين هي الطاقة التي تدفق من مكان لآخر عند وجود فروقات حرارية في حياتنا اليومية نستشعر بالطاقة الحرارية عند ملامستنا للأجسام المختلفة ، نستخدم الطاقة الحرارية في حياتنا اليومية بشكل مباشر أو غير مباشر ، و على مستوى أعلى تستخدم الطاقة الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية .

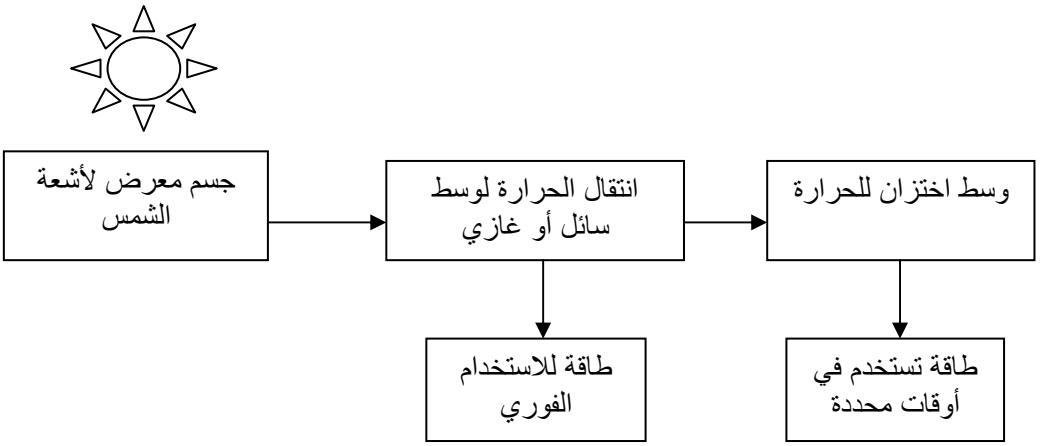
هناك عدة طرق لتوليد الطاقة الحرارية حسب نوع المصدر من هذه المصادر : الطاقة الكيميائية للفحم الحجري و النفط و الأخشاب ، طاقة باطن الأرض ، الطاقة النووية ، طاقة الإشعاع الشمسي بالنسبة للطاقة النووية لا يمكن استخدامها على مستوى بسيط مثل تأمين طاقة التدفئة لمنزل أو منشأة صغيرة في حين أن باقي المصادر يمكن استخدامها على جميع مستويات الاستهلاك .

مصادر الطاقة الحرارية يمكن تصنيفها لزمرتين رئيسيتين : الزمرة الأولى أساسها الوقود المستحاث و الطاقة النووية ،الزمرة الثانية أساسها الإشعاع الشمسي .طاقة الوقود المستحاث موجودة بكميات محدودة و استخدامها يلحق أضراراً بالبيئة ، الطاقة النووية ينتج عنها مخلفات خطيرة جداً تهدد الوجود الإنساني بأكمله ، لذلك تبقى الطاقة الشمسية الخيار الأفضل كطاقة نظيفة متوفرة غير مكلفة

لذلك احتلت الطاقة الشمسية مكان الصدارة في تأمين احتياجاتنا اليومية من الطاقة الحرارية بشكل مباشر أو غير مباشر (توليد الكهرباء) .

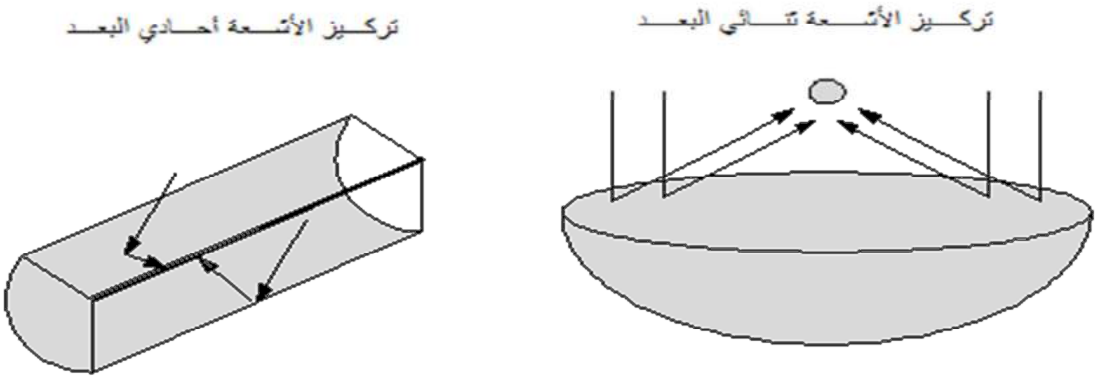
13-2 نظام الطاقة الحراري الشمسي :

إن المثال الأبسط باستخدام طاقة حرارة الشمس هو بتعريض جسم معين لأشعة الشمس حتى ارتفاع درجة حرارته، الحرارة التي امتصها الجسم من الإشعاع الشمسي يمكن الاستفادة منها لتسخين الماء أو الطهي أو أغراض أخرى ،الوجه الآخر من استخدام الطاقة الحرارية الشمسية هو اختزان الطاقة الحرارية حيث أن الإشعاع الشمسي يتغير على مدار اليوم .



يمكن للجسم المعرض للإشعاع الشمسي أن يكون سطحاً معدنياً يمتص الحرارة وينقلها لوسط لآخر كالماء، إن النواقل الحرارية التي على شكل سطوح منبسطة سهلة التصنيع لكنها لا تستطيع تقديم طاقة حرارية تتجاوز 100 درجة مئوية ، يمكن الحصول على درجات حرارة أعلى بتركيز الإشعاع الشمسي على مناطق ضيقة تماماً كما يحدث عند استخدام العدسة المكبرة التي تركز أشعة الشمس ضمن نقطة معينة و تولد درجة حرارة عالية، يمكن تركيز الضوء باستخدام أجسام أسطوانية مقطعها على شكل قطع مكافئ تماماً مثل المرايا العاكسة التي توضع داخل مصابيح الإنارة الخارجية للسيارة و يجب الانتباه هنا أن تركيز الضوء يكون على عرض الأنبوب و ليس على امتداد الأنبوب الطولي و هذا يسمى تركيز الضوء أحادي البعد بهذه الطريقة يتم امتصاص طاقة حرارية بنسبة أكبر و توليد درجات حرارة تتراوح مابين 200 حتى 400 درجة مئوية، يمكن أيضاً الحصول على درجات حرارة أعلى باستخدام تركيز الضوء ثنائي البعد حيث يتم هنا استخدام المرآة المقعرة الشمسية التي لها مقطع على شكل قطع مكافئ وتركز الأشعة ضمن المحرق تماماً مثل العدسة المكبرة كما في الشكل 15 هنا قيمة درجة الحرارة الممكن الحصول عليها قد تصل ل 1000 درجة مئوية .

يمكن تخزين الطاقة الحرارية من أجل الاستخدام في الساعات والأيام غير المشمسة حيث يمكن تخزينها على شكل حرارة محسوسة أو حرارة كامنة .في حالة الحرارة المحسوسة درجة حرارة التخزين الوسطى ترتفع و تنخفض أثناء التخزين الحراري و التعويض الحراري ،من أجل الإمداد بالطاقة الحرارية الفوري لغرفة معينة (تدفئة) فإن الماء الحامل للطاقة الحرارية تنخفض درجة حرارته و عند تأمين العزل الحراري المناسب يمكن للماء أن يحافظ على درجة حرارته لمدة طويلة أما بالنسبة لاختزان الطاقة الحرارية الكامنة فإن الماء يتحول من شكله الفيزيائي لشكل آخر من ما ء إلى غاز أو صلب إلى سائل وعندما يتحول الماء إلى بخار فإن الطاقة الحرارية المختزنة هي طاقة كامنة و تستخدم من أجل الأنظمة الحرارية عالية التسخين .



الشكل(15)

أنواع أنظمة تسخين المياه :

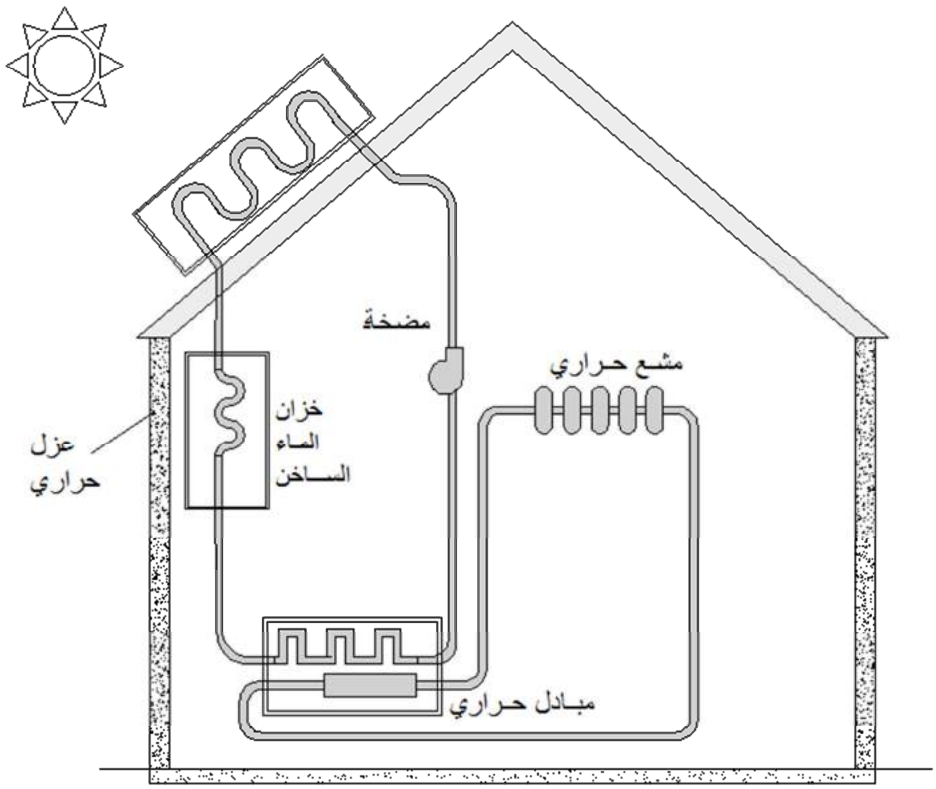
1- الأنظمة الفعالة :

هذا النوع من الأنظمة يتطلب وجود قوة ميكانيكية لتدوير الماء أو الهواء أو أي وسط فيزيائي آخر من اللوحات الشمسية الحرارية إلى المشعات الحرارية حيث يتم اختزان الطاقة الحرارية من أجل الاستخدام عند الحاجة، اللوحات الشمسية الحرارية هنا هي لوحات مستوية مؤلفة من طبقة زجاجية تحتها خلفية سوداء ضمنها أنابيب دقيقة يدور الماء من خلالها هذا النوع من اللوحات يعمل على مبدأ يسمى البيت الأخضر أو البيت الزجاجي .

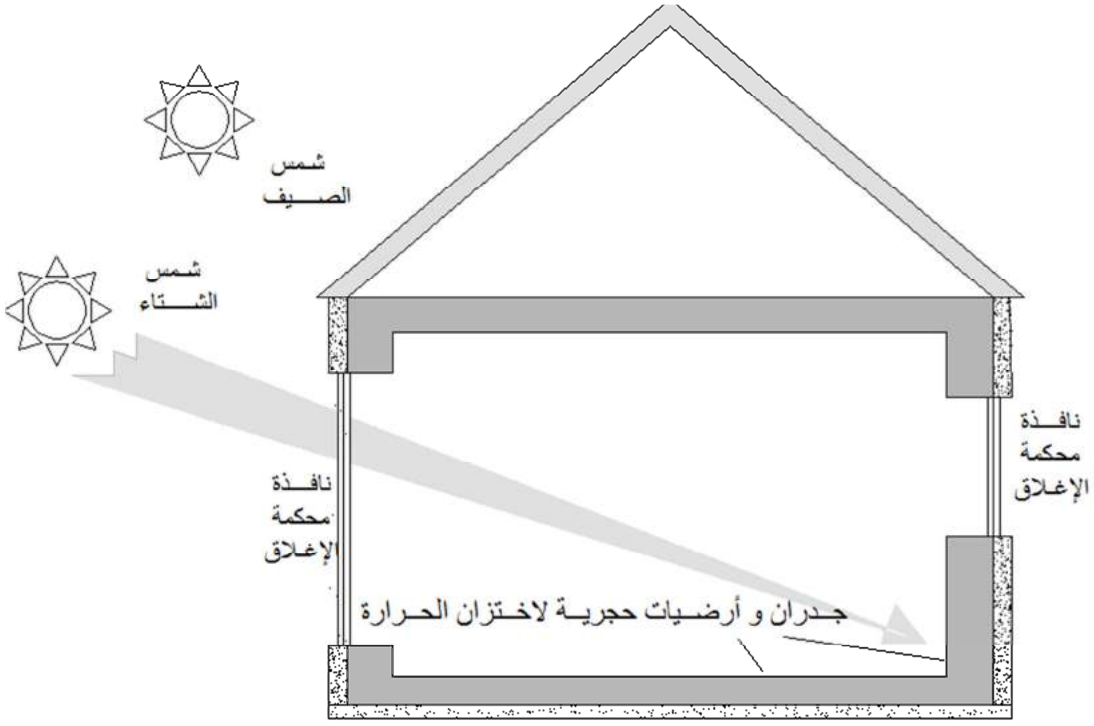
الأنظمة الفعالة تستخدم المضخات ،الصمامات الهيدروليكية ، حساسات التحكم من أجل تدوير الماء أو الهواء أو أي مائع حامل للحرارة عبر الأنابيب ضمن اللوحات اللاقطة للحرارة لذلك هذه الأنظمة تستهلك طاقة كهربائية و لا يمكن اعتبارها كمصدر للطاقة الكهربائية و غالب استخدامها لأغراض التدفئة . الشكل 16 يوضح مبدأ العمل لهذه الأنظمة .

2- الأنظمة الخاملة :

هذه الأنظمة تعتمد على التصميم المعماري للمنزل أو المنشأة و ذلك بالاستفادة من المزايا في تغيرات الطاقة الشمسية على مدار العام دو ن الحاجة لطاقة ميكانيكية فلا تحتوي عل وسائط كهربائية لذلك تعتبر ذات تكلفة اقل و عمر أطول من النوع السابق ، الكثير من المنازل في بقاع مختلفة من العالم يعتمد على هذه الأنظمة في تأمين قسم من احتياجاته للطاقة . الشكل 17 يوضح مبدأ عملها .



الشـــكل ١٦



الشـــكل ١٧

14-2 استخدام الطاقة الشمسية لأغراض الطهي :

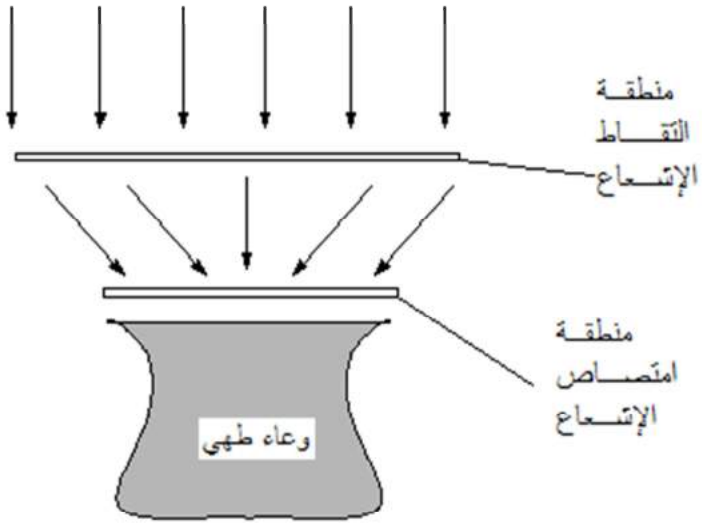
أحد أهم تطبيقات الطاقة الشمسية هو استخدامها لأغراض الطهي ،حيث أن استخدام هذا النوع من الطاقات للأغراض المنزلية اقتصادي جداً وبالنسبة لسكان الريف يعني أيضاً توفير الوقت بالبحث عن الحطب للحريق أو جمع الروث الحيواني و الأهم تقليص عمليات قطع الأشجار بهدف الحصول على الحطب اللازم .لهذا كله تم تصميم عدة نماذج من أجهزة الطهي الشمسية و نجاح هذه التصاميم يعتمد على عدة عوامل : التكلفة ،تدريب المستخدم و سرعة الطهي و إنضاج الطعام .

مبدأ الطهي :

جهاز الطهي الشمسي يعتمد على مبدأ امتصاص الضوء ومن ثم تحويله إلى حرارة لذلك لابد من التقاط الفوتونات بواسطة أسطح شمسية كبيرة نسبياً لتأمين درجة الحرارة المناسبة لعملية الطهي ، الإشعاع الشمسي يجب توجيهه باتجاه وعاء الطهي بحيث تتم عملية تركيز لأشعة الشمس على جدران الوعاء الخارجية وبالتالي يمتص الوعاء المزيد من الطاقة الحرارية أكثر بكثير فيما لوترك معرضاً للأشعة العادية .الشكل 18 يوضح العملية السابقة .

الطاقة اللازمة للطهي :

إن تقدير كمية الطاقة الحرارية اللازمة لطهي كمية معينة من الطعام هي شرط أساسي لتقدير حجم جهاز الطهي اللازم .من المعروف أن عملية الطهي تتطلب رفع درجة حرارة الطعام للدرجة التي تبدأ فيها عملية الطهي حيث أنه معروف بالحرارة المنخفضة جداً لا يمكن الطهي و بعد نضوج الطعام لابد من إيقاف عملية التسخين .



الشكل ١٨

إن كمية الحرارة اللازمة لتسخين جسم معين تعطى بالعلاقة :

$$Q = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

m : كتلة الجسم مقدرة بالكيلو غرام .

C_P : السعة الحرارية مقدرة با لكيلو جول / كيلو غرام – درجة مئوية .

T_1 : درجة حرارة المحيط .

T_2 : درجة حرارة الطهي اللازمة .

إن القيمة T_2 هي 100 درجة مئوية عند الطهي بالماء المغلي (السلق) .

الحرار ة النوعية هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1 كغ من المادة درجة مئوية واحدة

الجدول بالأسفل يعطي قيمة الاستطاعة الحرارية (الحرارة النوعية) لبعض الأجسام الصلبة و السائلة و الغازية :

اسم المادة	الحرارة النوعية $KJ/KG-C^0$
الماء العذب	4,18
ماء البحر	3,93
زيت نباتي	1,67
حليب	3,93
نحاس	0,39
ألمنيوم	0,90
هواء	1,01
بطاطا	3,43
بيض دجاج	3,2

من الجدول يتضح أن للماء العذب أعلى حرارة نوعية أي أنه يتطلب مقدار كبير من الطاقة الحرارية لكي نصل به لدرجة الحرارة المطلوبة ، بالاعتماد على الحرارة النوعية للماء يمكن معرفة الحرارة النوعية لبعض الأجسام الأخرى بمعرفة وزن هذه الأجسام .

كمثال : ماهي كمية الحرارة اللازمة لطهي نصف كيلو من الأرز ؟

1- لابد من معرفة كتلة جملة الطهي بأكملها : كتلة الوعاء ، كتلة الماء ، كتلة الأرز .
لنفرض أن وعاء الطهي مصنوع من النحاس ذو الحرارة النوعية 0,39 ووزنه 0,6 كغ فالطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارته درجة واحدة هي : 0,39 x 0,6= 0,234 ك جول/ درجة

2- كمية الماء اللازمة هي 0,5 كغ فالطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارته درجة واحدة هي
4,18 x 0,5 = 2,09 ك جول/ درجة

3- بافتراض أن الأرز سيطهى عند درجة الغليان الحرارة النوعية للأرز مساوية للحرارة النوعية للماء فالطاقة الحرارية اللازمة من أجل 0,5 كغ من الأرز هي أيضاً 2,09 ك جول/ درجة

بالتالي الطاقة الحرارية الكلية لرفع درجة حرارة الجملة درجة واحدة هي :
0,234 + 2,09 + 2,09 = 4,41 ك جول / درجة
وحسب المعادلة

$$Q = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

تكون الطاقة الحرارية الكلية اللازمة لرفع درجة حرارة الجملة إلى الدرجة 100 مئوية :

(30 -100) x 4,41 = 308,98 ك جول
Q = 308.98 KJ

بعد الوصول لدرجة حرارة الطهي اللازمة لابد من طاقة حرارية من أجل الحفاظ على درجة الحرارة بشكل ثابت أي تعويض الضياعات الحرارية الناجمة عن انتقال الحرارة ،قيمة هذه الطاقة الحرارية تساوي تقريباً 10 – 30 % من قيمة الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة الطهي للدرجة 100 مئوية لنعتبر هذه القيمة 25 % فتكون الطاقة الحرارية اللازمة لعملية طهي كاملة :
308,98 x 0,25 + 308,98 = 386,25 ك جول
Q = 386.25 KJ

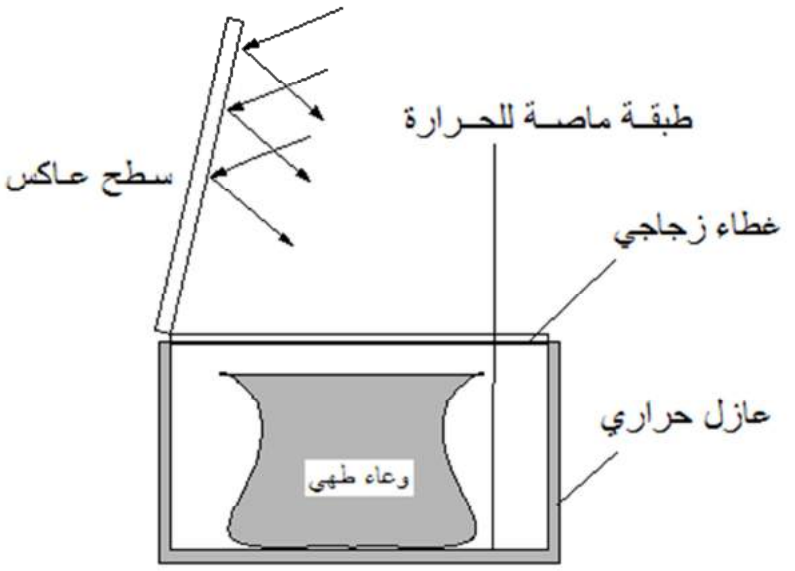
بهذه الطريقة يمكن تقدير الطاقة الحرارية اللازمة لطهي أي كمية من الطعام و بناء عليه يمكن وضع أسس التصميم لجهاز الطهي الشمسي .

* أنواع أجهزة الطهي الشمسية :

جهاز الطهي الصندوقي :

هو صندوق مجهز بحيث يجذب أكبر قدر من الأشعة الشمسية ،الشكل 19، و لعمل ذلك يطلى السطح الداخلي للصندوق بمادة ماصة للحرارة ،طبقة سوداء ،ووعاء الطهي يوضع داخل الصندوق بحيث يمتص الحرارة بشكل مباشر من الشمس و من الطبقة السوداء و لتقليل الضياعات الحرارية من السطح الأعلى يتم تغطية الصندوق بغطاء زجاجي هذا الغطاء يسمح للإشعاع الشمسي بالتغلغل داخل الصندوق ،الطبقة السوداء الداخلية تمتص الإشعاع وترتفع حرارتها ومن ثم تقوم بالإشعاع الحراري على شكل أشعة تحت حمراء التي يمتصها بدوره الغطاء الزجاجي ومن ثم يعكسها داخل الصندوق مسبباً زيادة في درجة حرارته ، هذه الطريقة تسمى بأثر البيت الأخضر ،الضياعات و التسريب الحراري من جوانب الصندوق يمكن الحد منها باستخدام مواد عزل حراري تتوضع على الجدران و على الأرضية .

يمكن أيضاً إضافة مرآة عاكسة لتركيز المزيد من الأشعة الشمسية على الصندوق للوصول لدرجات حرارة أعلى .
إن جهاز الطهي الصندوقي يولد حرارة بحدود 100 إلى 120 درجة مئوية ولهذا السبب الاستخدام الرئيسي لهذا الجهاز من أجل الطهي بالماء المغلي .
يتصف هذا النوع من أجهزة الطهي ببساطة التصميم و سهولة تأمين المواد الأولية اللازمة له ،و أبعاد الصندوق هي 0,5 م للطول و 0,5 م للعرض و 0,3 م للارتفاع .



الشكل ١٩

تقدير الوقت اللازم لطهي الطعام :
إن قيمة الإشعاع الشمسي الوسطى هي بحدود 800 واط/ م2 وهذه القيمة كما رأينا غير ثابتة على مدار اليوم فهي بحدود 300 قبل الغروب و 1000 عند الظهيرة .
مساحة السطح المعرض للإشعاع الشمسي لجهاز الطهي هي 0,5 x 0,5= 0,25 متر مربع
وبالتالي مساحة سطح المرآة العاكسة هي 0,25 م2

قيمة المردود لجهاز الطهي الشمسي تتراوح بين 20% إلى 50% في مثالنا سنعتبرها 20%
وجدنا سابقاً أن الطاقة الحرارية اللازمة لعملية طهي كاملة لكمية 0,5 كغ من الأرز هي
386,2 ك جول أي 386200 جول

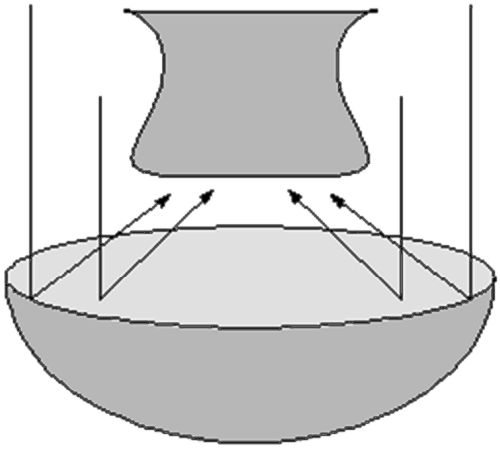
السطح الكلي لجهاز الطهي + سطح المرآة العاكسة = 0,25 + 0,25 = 0,5 متر مربع

باعتبار قيمة الإشعاع الشمسي 800 واط/ م2 تكون قيمة الاستطاعة المنتجة داخل الجهاز و المقدرة بالواط : 800 x 0,5 x 0,2 =80 واط
P = 80 W
يمكننا أن نتصور أن الجهاز عبارة عن فرن كهربائي داخله سخان كهربائي باستطاعة 80 واط
قيمة الزمن الكلي اللازم لطهي الطعام :
باعتبار أن واحد واط ساعي يساوي 3600 جول
الزمن الكلي = 3600 x(386200÷ 80) = 1,34 ساعة

يجب الملاحظة أنه بدون وجود المرآة العاكسة يمكن أن يتجاوز زمن الطهي 3 ساعات لنفس الكمية من الأرز كذلك يجب معايرة وضعية المرآة بدقة قبل استخدام الجهاز بما يتناسب مع حركة الشمس و يحقق أكبر تركيز ممكن لأشعة الشمس على الصندوق .

جهاز الطهي الشمسي الصحني :

له نفس مبدأ عمل الجهاز الصندوقي بتحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية تستعمل للطهي ، لكن الاختلاف بين الجهازين هو في طريقة تركيز الأشعة الشمسية ففي الجهاز الصندوقي تم استخدام سطح عاكس لذلك وكانت الاستطاعة المتولدة داخل الجهاز هي 80 واط قليلة نسبياً و تتطلب زمن طهي طويل كذلك أعلى درجة حرارة يمكن الوصول لها هي 100 درجة مئوية وهي لا تناسب بعض طرق الطهي كالشواء و التحميص ، هذه المشكلة تم التغلب عليها في جهاز الطهي الصحني ففي هذا النوع تركيز الإشعاع الشمسي هو بحدود 20 إلى 50 مرة باستخدام ما يسمى بالتركيز الضوئي ثنائي البعد حيث يتم تركيز الأشعة الواردة من الجانبين في نقطة واحدة هي A كما يوضحه الشكل 20



الشـــكل ٢٠

يمكن حساب نسبة التركيز الضوئي وفق العلاقة التالية :

التركيز الضوئي = القيمة التربيعية لقطر الصحن اللاقط مقسوماً على القيمة التربيعية لقطر الوعاء المستقبل

فمثلاً إذا كان قطر الصحن اللاقط هو 1,5 م و قطر المستقبل 0,3 م عندها يكون التركيز

التركيز الضوئي = $(1,5)^2 \div (0,3)^2$ = 25 مرة

المزايا و المساوئ :

بسبب القيمة العالية لتركيز الضوء فإن الطاقة الحرارية المتولدة مرتفعة أي زمن الطهي قصير نسبياً كذلك يمكن الوصول لدرجات حرارة عالية حتى 400 درجة مئوية بما يناسب أعمال الطهي بالشي و التحميص كذلك يمكن طهي كميات ضخمة من الطعام باستخدام صحون كبيرة القطر بما يفي لإطعام العائلات الكبيرة أو المجموعات البشرية .

مساوئ هذا النوع من الأجهزة :
أنه يستخدم الإشعاع الشمسي المباشر و لا يستخدم الإشعاع المنتثر و الذي يشكل بحدود 20% من إجمالي الإشعاع الشمسي الكلي الواصل لسطح الأرض .
يتم تركيز الأشعة الشمسية على نقطة واحدة فقط وهذه النقطة تتغير مع حركة الشمس لذلك يجب تصحيح وضعية الإناء بين فترة وأخرى .

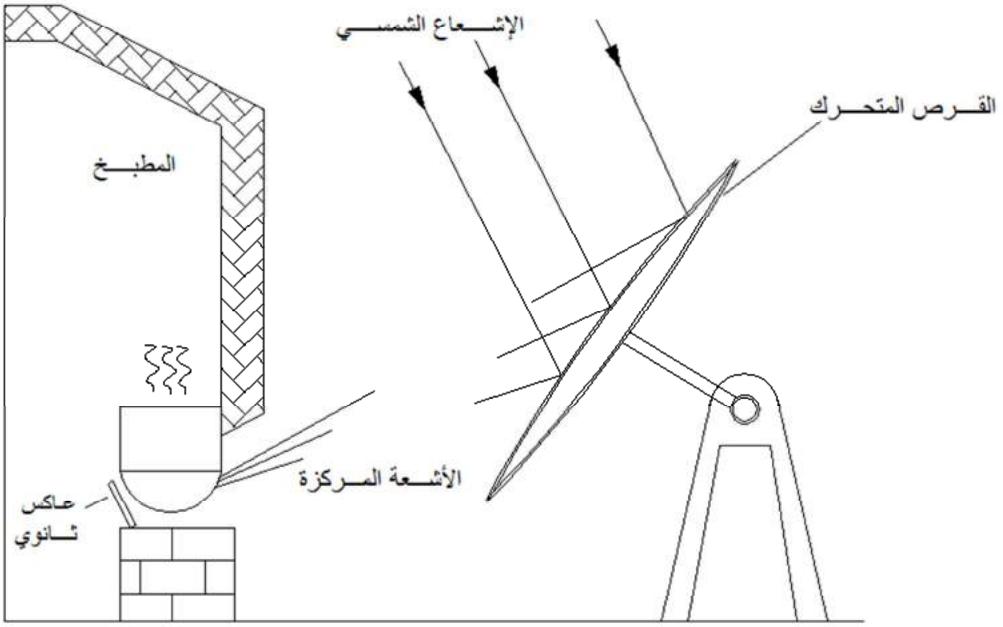
تقدير الوقت اللازم للطهي :
- سيتم اعتبار قيمة الإشعاع الشمسي 500 وط / م2 .
- قطر وعاء الطهي 0,3 م فتكون مساحة السطح 0,28 متر مربع .
- قطر صحن التقاط الأشعة 1,5 م فتكون مساحة السطح 7,05 متر مربع .
- نسبة تركيز الإشعاع : 7,05 ÷ 0,28 = 25 .
- المردود الضوئي للصحن اللاقط 75 % و يعتمد على نوعية المادة العاكسة حيث قد يصل إلى 90 % .
- قيمة الطاقة الحرارية الكلية لعملية الطهي (0,5 كغ أرز بوعاء نحاسي) تم حسابها سابقاً 386,2 ك جول .
- حساب كثافة التركيز الإشعاعي عند نقطة التركيز :
كثافة التركيز = نسبة التركيز x الإشعاعي قيمة الإشعاع الشمسي x مردود الصحن اللاقط
=25 x 500 x 0,75 = 9375 واط / متر مربع
- قيمة الإشعاع الفعال عند سطح الوعاء = كثافة الإشعاع x سطح التركيز للوعاء
=9376 x 0,28 =2649 واط
باعتبار المفاقيد الحرارية سوف نأخذ مردود جهاز الطهي 30%
- قيمة الاستطاعة الفعلية عند نقطة التركيز
=9376 x 0,28 = 795 واط
P = 795 W

أي أن جهاز الطهي الصحني يشبه في عمله استخدام سخان كهربائي استطاعته 800 وات و هي استطاعة تعادل عشر مرات الاستطاعة المقدمة من جهاز الطهي الصندوقي .

- الوقت اللازم لعملية الطهي :
باعتبار واحد واط ساعي يساوي 3600 جول (1 Wh = 3600 J)
386200 ÷ (3600 x 794,8) = 0,13 ساعة .

جهاز الطهي بالنقل الحراري :
هذا النوع من الأجهزة له نفس مبدأ عمل الجهازين السابقين إلا أنه يمتلك أعلى قيمة للتركيز الشعاعي إلا أنه يختلف عن النوعيين السابقين بأن المكان الذي يتم فيه توليد الطاقة الحرارية من الطاقة الشمسية يختلف عن المكان الذي تستخدم فيه هذه الطاقة فالحرارة الناتجة في موقع معين يتم نقلها لموقع الاستخدام الذي هو داخل مطبخ على الأغلب كما يوضح ذلك الشكل 21 .
و لهذا السبب فإن استخدام هذا النوع من الأجهزة يتغلب على سيئة الطهي بالعراء .
إن عملية النقل الحراري يمكن أن تتم بعدة أشكال :
1. إعادة توجيه الأشعة الشمسية باستخدام سطح عاكس ثانوي .
2. تسخين وسط ناقل للحرارة .
3. توليد البخار و من ثم نقله لموقع الاستعمال هنا الطاقة الحرارية المحمولة بواسطة البخار أو المائع يمكن استخدامها لأغراض الطهي وهناك ميزة لعملية النقل الحراري فالطاقة الحرارية يمكن جمعها بواسطة أكثر من لاقط و استخدامها في نقطة واحدة فقط .

في الشكل (21) نلاحظ وجود العاكس الأساسي المتجه نحو الشمال و يقوم بتركيز الأشعة الشمسية عند أسفل إناء الطهي بينما يوجد عاكس ثانوي أسفل الإناء و هو موجه للجنوب و يقوم بإعادة توجيه الأشعة غير الواصلة لسطح الإناء .بسبب نسبة التركيز العالية للأشعة فإن درجة الحرارة المتولدة قد تصل حتى 450 درجة مئوية أي تناسب جميع أساليب الطهي .



الشـــكل ٢١

إن نقطة تركيز الأشعة الشمسية تتغير حسب حركة قرص الشمس لذلك لا بد من إعادة توجيه اللاقط باتجاه الشمس و هذا يتطلب استخدام جهاز تعقب الشمس و هو يشكل تكلفة إضافية يمكن اعتبارها من مساوئ استخدام هذا الجهاز كذلك تعطل جهاز التعقب الشمسي سيلغي فوائد الاستخدام و سيبقى العمل معطلاً حتى تنتهي عملية الصيانة .

15-2 نظام تقطير الماء الشمسي :

إن الحصول على ماء الشرب الآمن و النظيف هي من أهم المسائل الحالية في العالم حيث بدون الماء لا وجود لحياة البشر على سطح الأرض . الماء العذب الذي يمكن الحصول عليه من الأنهار أو الينابيع أو الآبار الجوفية لم يعد متوفراً كالسابق و لعل السبب الرئيسي في ذلك هو التلوث البيئي للتربة و المسطحات المائية نتيجة فوضى الصناعة و ما تنتجه من مخلفات ضارة كذلك استخدام المواد الكيميائية المختلفة من مبيدات و أسمدة بنسب عالية و لا يخفى الدور البارز للحروب المندلعة في كافة أرجاء العالم .

يقدر الخبراء أن هناك حوالي بليوني إنسان لا يستطيعون الحصول على الماء الصالح للشرب مما نتج عنه الأمراض المختلفة و أعراض اضطراب النمو عند الأطفال .

إن الماء على سطح الكرة الأرضية و الذي يتمثل بالمحيطات و البحار و البحيرات يشكل حوالي 70% من مساحة سطح الكرة الأرضية ،كما هو معروف ماء البحر لا يصلح للاستهلاك البشري

بسبب احتوائه على نسبة عالية من الملح ، هذا الملح يتواجد على شكل مركبات كلور الصوديوم ، الكبريت ،المغنيزيوم ، البوتاسيوم ...الخ .
بالإضافة للأملاح يوجد أيضاً عناصر أخرى ضارة مثل البكتريات و المعادن الثقيلة مثل الرصاص ، الكادميوم ، الزئبق .

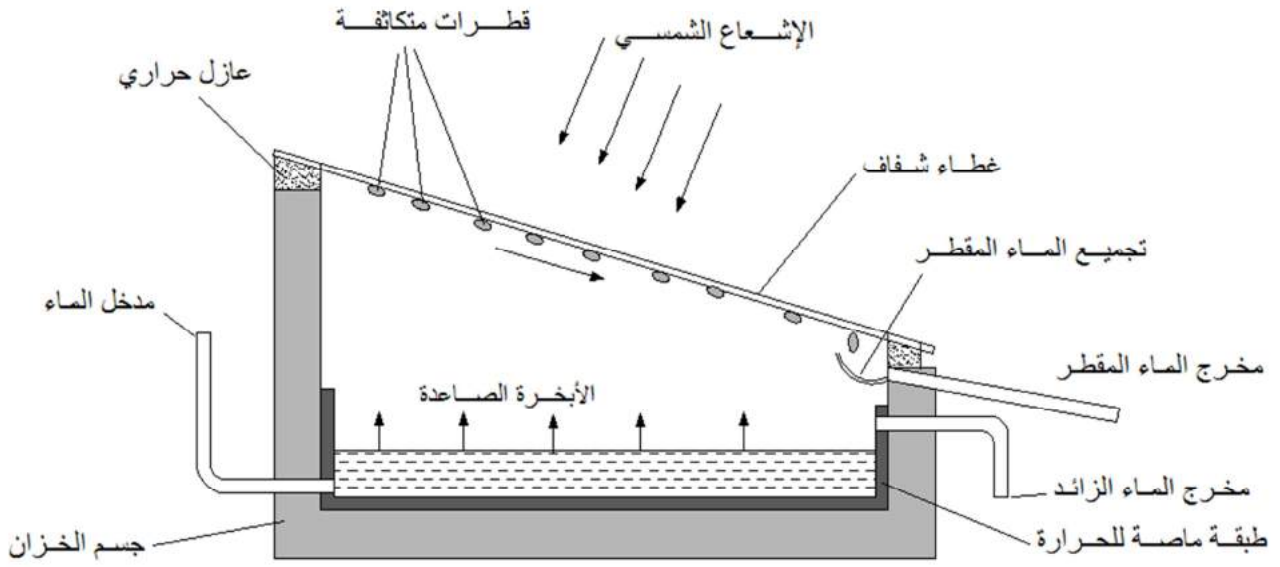
التقطير كعملية طبيعية لتنقية المياه :
عملية تقطير الماء هي من أهم و أبسط الوسائل المنتشرة لتنقية الماء و جعله ماءً صالحاً للشرب . ففي هذه الطريقة يتم تبخير الماء مخلفاً وراءه جميع الشوائب العضوية و الغير العضوية لذلك فبخار الماء الناتج لا يحوي سوى جزيئات الماء الطبيعي الصالح للشرب بعد التبخير لا بد من تكثيف البخار لإعادته لطبيعته الفيزيائية الأولى كسائل أو ماء شرب ،الطاقة اللازمة لهذه العملية هي طاقة حرارية وحيث أن عملية تبخير الماء لا تتطلب درجات حرارة عالية (100 درجة مئوية) يمكن استخدام الطاقة الشمسية لهذا الغرض .
يمكن تشبيه عملية تقطير الماء بالاعتماد على الطاقة الشمسية بعملية نشوء الأمطار على سطح الأرض فالإشعاع الشمسي المتجه نحو المحيطات و البحار و البحيرات الكبرى يتسبب بحدوث عملية التبخر و بالتالي نشوء السحب في السماء والتي بدورها تحملها الرياح نحو مناطق أكثر برودة فتحصل عملية التكثيف و يتحول البخار إلى جزيئات ماء تتجمع على شكل قطرات و تسقط من الجو على شكل أمطار

إن عملية تقطير الماء بالطاقة الشمسية ذات تاريخ قديم حيث استخدمت هذه الطريقة منذ حوالي ألفي عام ولكن كان الغرض منها استخراج ملح الطعام بالدرجة الأولى . أجهزة التقطير تم استخدامها لأول مرة في مطلع القرن السادس عشر و أول منشأة صناعية تم بناؤها في عام 1872 و ذلك لتأمين ماء الشرب لتجمع سكني عمالي لأحد المناجم في تشيلي بأميركا الجنوبية .

كيف تتم عملية تقطير الماء :
إن طريقة عمل جهاز تقطير الماء مشابهة تماماً لعملية الهطول المطري فهي تتكون من مرحلتين أساسيتين التبخر و التكثيف ، فطاقة الشمس تسخن الماء حتى درجة حرارة التبخر و حين يتبخر الماء يصعد البخار ليصطدم بسطح زجاجي ومن ثم يتكثف على شكل قطرات ماء تنزلق على السطح الزجاجي لتسقط في قناة تجميع خاصة كم يوضحه الشكل 22 .هذه العملية تنقي الماء من كل الشوائب و العوالق العضوية و غير العضوية .
يتم طلاء السطح الداخلي للحوض بمادة سوداء ماصة للحرارة تساعد على امتصاص أشعة الشمس و الغطاء الزجاجي المائل و الموجه باتجاه الشمال يقوم بعكس الإشعاع الحراري إلى داخل الجهاز و على وجه الدقة الغطاء الزجاجي يقوم بامتصاص الإشعاعات تحت الحمراء و يعكس جزءاً منها للداخل و هذه العملية تشبه ظاهرة البيت الأخضر ، نسبة الرطوبة في الهواء بين سطح الماء و الغطاء الزجاجي تزداد بسبب الفرق في درجات الحرارة بين داخل الجهاز (حرارة مرتفع) و الوسط المحيط خارج الغطاء الزجاجي تحدث عملية التكثيف يتم جمع القطرات المتكاثفة في قناة خاصة ثم تفرغ عبر قناة ناقلة إلى خزان خاص.

جدول مكونات التصنيع لنظام تقطير الماء الشمسي

اسم الجزء	مادة الصنع	الوظيفة
حوض الماء	اسمنت أو فيبر غلاس	يحتوي الماء اللازم + العزل الحراري
العازل الحراري	إسفنج البولي اوريثين PUF	لمنع التسريب الحراري
الغطاء الشفاف	زجاج أو بولي ايثلين	لامتصاص الإشعاع الشمسي
المادة الماصة	مطاط البوتيل الأسود أو بولي ايتلين أسود	امتصاص الحرارة حتى درجة 100 مئوية
قناة التجميع	ألمنيوم	تجميع قطرات الماء المتكاثفة
أنابيب الماء	بلاستيك PVC	دخول و خروج الماء



الشـــكل ٢٢

*** عملية التصميم لجهاز التقطير الشمسي :**

العملية بسيطة جداً لكن يجب بالبداية معرفة كمية الماء المقطر المتوقع الحصول عليه يومياً من مساحة قدرها متر مربع واحد و كم هي المساحة الكلية اللازمة التي تفي بمتطلباتنا ، المحددات التالية تؤخذ بعين الاعتبار :

- الحرارة الكامنة لتبخر الماء 2260 ك جول / كغ وهي الطاقة الحرارية اللازمة لنقل كتلة الماء من الحالة السائلة للحالة الغازية .
- كثافة الماء 1 كغ / ليتر .
- مردود جهاز التقطير 30 % .

- قيمة الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي 6 ك واط ساعي / م^2/ يوم . هذه القيمة تختلف من موقع لآخر ومن فصل لآخر .
- كمية الماء المقطر اللازمة لليوم الواحد و ستقدر ب 15 ليتر .
- حساب قيمة الإشعاع الشمسي الفعلي = الإشعاع الوسطي اليومي x مردود الجهاز .
= 6 x 0.3 = 1.8 ك وات ساعي /م^2/ يوم .

1.8 KWh /m^2-day

6480 KJ /m^2- day

- كمية الماء المقطر مقدرة باللتر للمتر المربع لليوم الواحد :
= قيمة الإشعاع الشمسي الفعلي ÷ الطاقة الكامنة لتبخر الماء
= 6480 ÷ 2260 = 2,68 ليتر/ م^2/ يوم

مساحة السطح الكلية اللازمة للجهاز لتحقيق المتطلبات :
= كمية الاستهلاك اليومي اللازمة ÷ الكمية المنتجة من المتر المربع باليوم
المساحة = 15 ÷ 2.68 = 5.23 م^2 .

العوامل المؤثرة على أداء جهاز التقطير الشمسي :

1- وجود الإشعاع الشمسي : إن نواتج جهاز التقطير تعتمد بشكل رئيسي على حجم الإشعاع الهابط على موقع محدد فعند درجة حرارة أعلى تكون كمية الماء المقطر الناتجة أكبر .

2- سرعة الرياح : وجود سرعة رياح عالية يعني زيادة المفاقيد الحرارية أي انخفاض المردود أي نسبة أقل من الماء المقطر .

3- درجة الحرارة المحيطة : بارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط يزداد مردود الجهاز و السبب في ذلك أن الضياعات الحرارية تقل و بانخفاض درجة حرارة المحيط يحد ث العكس .

4-عمق السائل المالح : عندما يكون عمق السائل قليلاً يكون مردود الجهاز أفضل أ لأن العلاقة هنا هي علاقة تناسب عكسي .

5- ميلان الغطاء الزجاجي : يجب أن يكون الميل أكثر من 10 درجات حيث أن الميل القليل قد يجعل القطرات المتكاثفة تسقط في السائل بدلاً من الانزلاق نحو قناة التجميع لذلك يجب أن يتراوح ميل الغطاء من 20 إلى 30 درجة .

6- نوعية الزجاج : يجب أن يصنع الغطاء الزجاجي من مادة لا تلتصق بها قطرات الماء المتكاثف بل على العكس يجب أن تساعد القطرات على الانزلاق أو يمكن وضع طبقة من مادة تقلل الاحتكاك بين الزجاج و الماء كما يجب أن يكون الزجاج قليل الامتصاص ناعم و مصقول .

2- 16 أنظمة التسخين الشمسية :

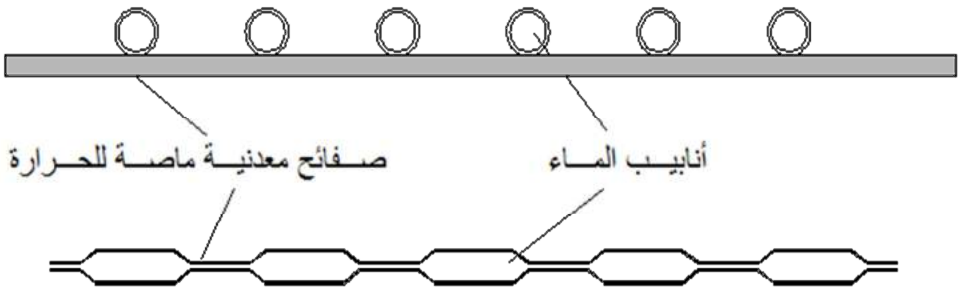
أحد أهم التطبيقات للطاقة الشمسية هو تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية ومن ثم استخدامها مباشرة لعدة أغراض دون الحاجة لآلات ميكانيكية معقدة، بسبب عملية التحويل المباشرة للطاقة يجعل هذه الأنظمة أنظمة عملية و اقتصادية .

مبدأ تحويل الطاقة :
إن مبدأ تحويل الطاقة الشمسية لطاقة حرارية بسيط جداً،فمن المعروف أن أي جسم يتعرض لأشعة الجسم يقوم بعكس قسم من الإشعاع ،نقل قسم آخر ،ويمتص القسم المتبقي .القسم من الإشعاع الذي يمتصه الجسم يتحول إلى طاقة حرارية .
لذلك عملية امتصاص الإشعاع مهمة جداً ولهذا السبب عند بناء نظام تسخين شمسي يجب أن نختار المادة التي لا تعكس و لا تنقل الإشعاع إلا بنسب قليلة جداً ،كذلك من اللازم أن تكون هذه المادة ذات ناقلية حرارية عالية .

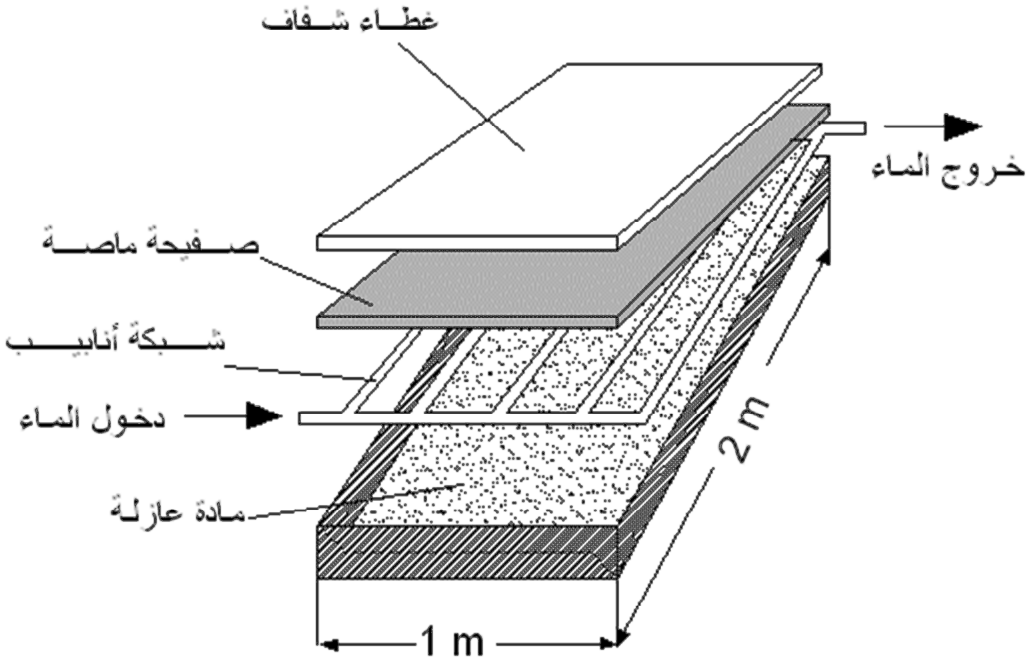
*** تطبيقات أنظمة التسخين الشمسية :**
يمكن تقسيم التطبيقات لمزمرتين رئيسيتين :
- التطبيقات المحلية
- التطبيقات الصناعية

في التطبيقات المحلية الاستخدام الرئيسي من أجل تسخين الماء و أغراض التدفئة .
في التطبيقات الصناعية تستخدم من أجل غلي المراجل البخارية و السخانات الصناعية .
إن درجة الحرارة اللازمة تختلف حسب غرض الاستعمال لكنها بشكل عام تتراوح بين 50 إلى 400 درجة مئوية و بناء على هذا التغير في الحرارة يوجد أشكال و أنواع مختلفة لأجهزة التسخين

*** مبدأ عمل السخان الشمسي ذو الصفائح المستوية :**
السخان ذو الصفائح المستوية يمكن استخدامه للأغراض المحلية والصناعية لتسخين الماء لدرجة حرارة 70 درجة مئوية حيث يمكن لنظام مصمم بشكل جيد أن يؤمن الحرارة المطلوبة لفترة زمنية طويلة و بتكلفة منخفضة . السخان ذو الصفائح المنبسطة سهل التصميم و التصنيع مقارنة مع باقي الأنواع فهو يتألف من لاقط الإشعاع الشمسي أو الطبقة الماصة للحرارة وهي عبارة عن صفائح معدنية ، غطاء زجاجي ، مادة عازلة للحرارة ، أنابيب ، خزان .
إن الجزء الأهم في عمل السخان الشمسي هو الطبقة اللاقطة أو الماصة للإشعاع الشمسي و استخلاص الطاقة الحرارية من الأشعة الشمسية ، الطبقة الماصة هي عبارة عن صفائح معدنية مستوية يتوضع عليها أنابيب ناقلة للماء ، يمكن وضع الأنابيب بطرق مختلفة ، فقد تلتصق بالصفيحة المعدنية مباشرة أو يمكن أن تتوضع بين صفيحتين على شكل الشطيرة أو من الممكن ضغط صفيحتين على بعضهما البعض بحيث ينشأ جسم أو شكل معدني يحوي في داخله فراغات على شكل أنابيب يمكن استخدامها كأنابيب ناقلة للماء .
في الشكل 23 الجزء العلوي من الشكل يوضح طريقة توضع الأنابيب مباشرة على الصفيحة بينما الجزء السفلي يوضح مقطع عرضي لصفيحتين تم ضغطهما على بعض وتشكل بينهما مجار ناقلة للماء.



الشـكل ٢٣



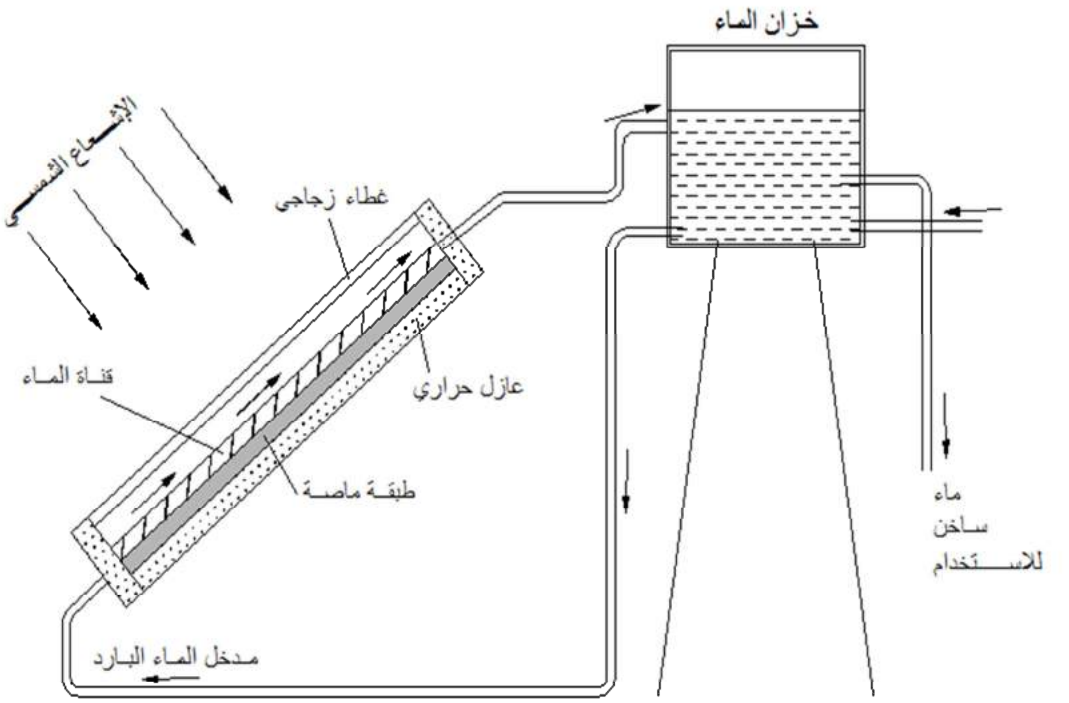
الشكل(23 – ب)

الصفيحة الماصة معزولة حرارياً عند السطح الخلفي و الأطراف من أجل التقليل ما أمكن من الضياعات الحرارية بينما السطح الأمامي مغطى بغطاء زجاجي بلاستيكي شفاف هذا الغطاء يسمح للإشعاع الشمسي بالسقوط على الصفيحة بينما يمنع حدوث الإشعاع الحراري لخارج الصفيحة.
الصفيحة الماصة مع مجموعة أنابيب الماء يتم وصلها إلى خزان الماء بواسطة أنابيب النقل .
يوجد أنبوب لنقل الماء البارد و توزيعه على جملة الأنابيب الملاصقة للصفيحة اللاقطة للإشعاع و أنبوب آخر لنقل الماء المسخن إلى الخزان .
الصفيحة الماصة توضع بشكل مائل بحيث يكون الإشعاع الشمسي الساقط عليها أعظم ما يمكن و لا سيما في فصل الشتاء حيث الحصول على الماء الساخن هو ضرورة .

عندما تتلقى الصفيحة الماصة الإشعاع الشمسي تسخن ومن ثم تنتقل الحرارة إلى الأنابيب الناقلة للماء و بدورها الأنابيب تنقل الحرارة للماء الذي ضمنها ، كما هو معروف فإن الكتلة الحجمية أو الكثافة للماء الساخن هي أقل منها للماء البارد أي لو ملأنا عبوة بلاستيكية (عبوة كولا) بماء ساخن فسيكون وزنها أقل فيما لو ملأناها بماء بارد .
بسبب هذا التفاوت في الكثافة فإن الماء البارد عند مدخل الأنابيب يدفع الماء الساخن ضمن المجاري نحو الأعلى باتجاه المخرج ثم إلى الخزان ،هذا النظام لدوران الماء ذو توازن تلقائي لا يحتاج لوسائل تحكم معقدة لأنه يعمل على أساس مبدأ فيزيائي يعرف ب Thermosyphone effect .
عندما يكون خزان الماء معزولاً بشكل جيد يمكن للماء الساخن أن يحافظ على حرارته طيلة فترة الليل حتى ساعات الصباح الأولى حيث تشرق الشمس و تبدأ دورة عمل الجهاز من جديد .
الشكل (24) يوضح مبدأ عمل السخان الشمسي .

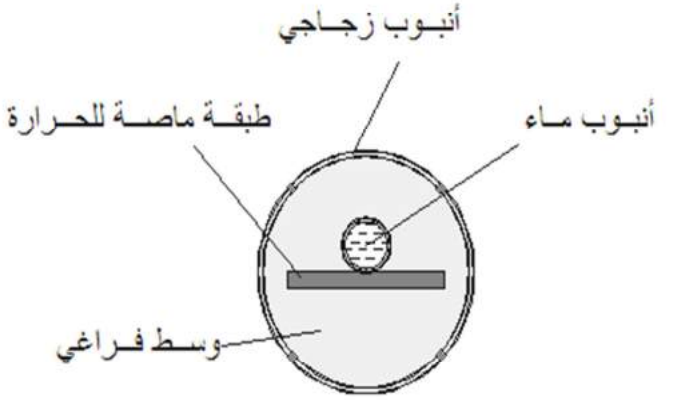
السخان الشمسي ذو الأنابيب المفرغة :

لهذا النوع من السخانات نفس مبدأ عمل السخان السابق لكن الفارق الرئيسي يكمن في أن الصفيح الماصة و أنبوب الماء قد تم عزلهما سوية داخل أنبوب زجاجي عازل مفرغ تماماً من الهواء (vacuum).



الشكل ٢٤

الشكل(25) يوضح تركيبة الأنبوب المفرغ .



الشـــكل ٢٥

في السخان ذو الصفائح المستوية تكون الصفائح الماصة متصلة مباشرة مع الهواء المحيط مما يسمح بحدوث ضياعات حرارية و بالتالي انخفاض في مردود السخان ، بينما في السخان ذو الأنابيب المفرغة كون الخلاء هو الوسط المحيط بالصفائح الماصة أي لا يوجد وسيط لنقل الحرارة بعيداً عن الصفائح أي لا يوجد ضياعات حرارية عن طريق النقل لكن تبقى إمكانية الإشعاع الحراري قائمة بنسب ضئيلة فالمردود هنا أعلى من النوع السابق و يمكن الوصول لدرجة حرارة قريبة من 100 درجة مئوية .

استخدام الأنبوب الحراري :

في السخان ذو الصفائح المستوية و السخان ذو الأنابيب المفرغة الحرارة الممتصة من قبل الصفيحة المعدنية يتم نقلها للماء الذي هو على تماس مع الصفيحة . نقل الحرارة من الصفيحة المعدنية إلى الماء يمكن أن يتم بطريقة أخرى تسمى الأنبوب الحراري الذي يعتمد مبدأ الطاقة الكامنة لنقل الطاقة الحرارية ،هذه الطريقة ذات مردود أعلى لكنها أكثر كلفة أيضاً .

تركيز الإشعاع الشمسي :

إن كثافة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تكون عظمى وقت الظهيرة و تقدر بقيمة 1000وات للمتر المربع و هي ليست قيمة عالية عموماً و لا تسمح لنا بالحصول على درجات حرارة عالية ، لزيادة قيمة الطاقة الحرارية الناتجة لا بد من تركيز الإشعاع الشمسي الساقط و ذلك باستخدام عدسات أو مرآة وقيمة التركيز تعرف بما يسمى عامل التركيز و الذي يمتلك قيم تتراوح من 2 إلى 1000 .

مثلاً لو اعتبرنا قيمة عامل التركيز 10 و أخذنا بعين الاعتبار قيمة المردود للعدسات و الذي هو عادة 80 حتى 90 % و حيث أن الإشعاع الشمسي يتكون من الأشعة المباشرة و الأشعة المنتثرة ونسبة الأشعة المنتثرة هي تقريباً 10% أي نستخدم عامل ضرب قدره 0,9 فتكون قيمة الإشعاع الشمسي الفعلي بعد التركيز :

10 x 1000 x (للإشعاع) 0,9x (للعدسات) 0,9 = 8,1 ك واط/ م^2

8.1 KW/m^2

مر معنا سابقاً أن التركيز الشمسي يمكن أن يتحقق بطريقتين :التركيز على منحى خطي (أحادي البعد و التركيز على نقطة (ثنائي البعد) ، التركيز الخطي يتم باستخدام اسطوانة لها مقطع قطع مكافئ والتركيز النقطي باستخدام صحن محرقي مقطعه قطع مكافئ .
في التركيز الأحادي البعد يمكن الحصول على درجة حرارة تصل إلى 400 درجة مئوية بينما في التركيز ثنائي البعد قد تصل درجة الحرارة إلى 1000درجة مئوية .
نقطة التركيز تتحرك بتحرك قرص الشمس و هنا يجب أن يتتبع اللاقط الشمسي قرص الشمس ففي التركيز أحادي البعد تكون حركة اللاقط على محور واحد فقط بينما في التركيز ثنائي البعد تكون حركة اللاقط على بعدين .

مثال تصميمي : ما هي مساحة اللاقط الشمسي بناء على المعطيات المبينة بالأسفل :

1- كمية الماء الساخن اللازم يومياً هي 250 ليتر .
2- درجة حرارة التسخين العليا هي 80 درجة مئوية .
3- درجة حرارة الهواء المحيط هي 30 درجة مئوية .
4- قيمة الإشعاع الشمسي اليومي هي 5,5 ك واط ساعي /م^2 / اليوم .
5- مردود جهاز التسخين 40 % .
6- السعة الحرارية للمائع (الماء) هي 4,18 ك جول / كغ/درجة .

الجواب :

- حساب الطاقة الحرارية الفعالة = الإشعاع الشمسي اليومي x مردود السخان
= 5,5 x 0,4 = 2,2 ك واط ساعي /م^2 / اليوم .

و باعتبار أن واحد واط ساعي = 3600 جول = 7920 ك جول/م^2/ اليوم .

- الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الماء من درجة المحيط 30 إلى درجة التسخين المطلوبة 80 درجة مئوية :
سنستخدم المعادلة التالية : $Q = 4.18 \times m \times \Delta t$
حيث m هي كتلة الماء ب الكغ و تساوي 250 كغ (واحد ليتر ماء يزن واحد كغ)

$$Q = 4.18 \times 250 \times (80 - 30) = 52250 \text{ kj/day}$$

الطاقة اللازمة = 52250 ك جول/ يوم

المساحة اللازمة لسطح الناقل = الطاقة الحرارية اللازمة ÷ الطاقة الحرارية الفعالة
= 52250 ÷ 7920 = 6,6
تقريباً 7 م^2

الفصل الثالث

طاقة الرياح

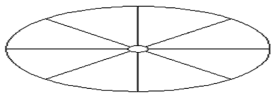
مقدمة :

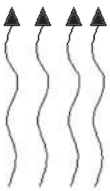
إن أي جسم مادي متحرك يمتلك طاقة حركية تتعلق بالسرعة التي يتحرك بها، بشكل مشابه جريان الهواء حول محيط الكرة الأرضية أو ما يسمى الرياح يمتلك طاقة حركية تسمى بطاقة الرياح .السبب الرئيسي لحركة الرياح في غلافنا الجوي هو أشعة الشمس التي تزيد من حرارة سطح الأرض لذلك يمكن اعتبار طاقة الرياح شكلاً من أشكال الطاقة المتحولة عن الطاقة الرئيسية و هي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح من الممكن اعتبارها واحدة من أهم أشكال الطاقات المتجددة الخالية من التلوث البيئي بحدود 1 إلى 3 % من الطاقة الشمسية على سطح الأرض تتحول إلى طاقة رياح و تماماً مثل الطاقة الشمسية فإن طاقة الرياح تتأثر بالمناخ العام و تتغير على مدار العام و مدار اليوم الواحد .يمكن استغلال طاقة الرياح بأشكال عدة منذ القدم استخدمت هذه الطاقة لدفع السفن الشراعية كذلك استفيد من تحويل هذه الطاقة إلى طاقة ميكانيكية في المطاحن الهوائية و وسائل ضخ المياه و يشكل مماثل يمكن تحويل طاقة الرياح إلى الطاقة الأكثر طلباً وهي الطاقة الكهربائية، إن تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية هو أحد أهم التطبيقات الحديثة للطاقات المتجددة و قد أثبت جدواه الاقتصادي في مناطق كثيرة من أنحاء العالم حيث تتوفر فيها مصادر الرياح ، إن سوق طاقة الرياح ينمو بمعدل سنوي قدره 30 % و هذا يعني الإقبال المتزايد على استخدام هذا النوع من الطاقة .

كيف تؤثر الحرارة في حركة الهواء :

لنأخذ قطعة من الكرتون و نقصها على شكل دائرة نقوم بصنع ثقب صغير في مركز الدائرة يحيث يمكن تمرير محور دوران ضمن الثقب ثم نقسمها إلى ثمانية أجزاء متساوية (مثل علبة الجبنة الصفراء) و نقوم بثني أحد الجانبين لكل جزء لتأخذ شكل المروحة .

علق المروحة من محور دوران بحيث تكون حرة الدوران و بوضعية أفقية وضعها فوق مصدر حراري بسيط شمعة مثلاً ولاحظ كيف بدأت تدور بشكل بطيء.

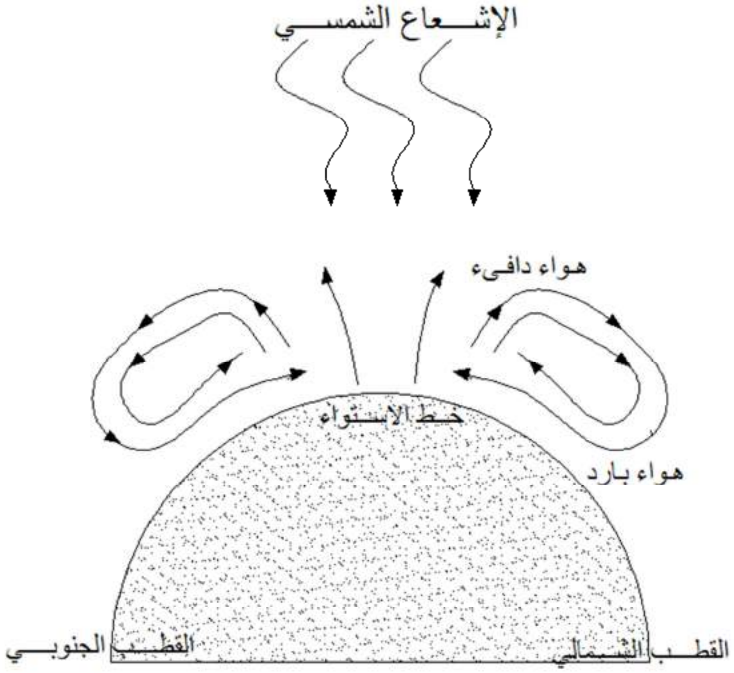




مصدر حراري

1-3 حركة الرياح :

إن حركة الرياح ظاهرة معقدة و تعتمد على عوامل مختلفة و متغيرة، كما هو معروف فإن المنطقة الاستوائية من الكرة الأرضية تتلقى إشعاعاً شمسياً أعلى من مناطق القطبين الشمالي و الجنوبي بسبب زيادة التسخين في منطقة خط الاستواء فإن الهواء يصبح أخف و يبدأ بالتحرك و الصعود نحو الطبقات العليا ،الهواء الساخن عند خط الاستواء يتجه نحو القطب الشمالي و القطب الجنوبي هذه الحركة للهواء تتوقف عندما يبرد عند الدرجة 30 شمالاً و 30 جنوباً عند هذا المستوى يبدأ الهواء بالنزول للأسفل و يعود لمنطقة الاستواء خلال الطبقات السفلى للغلاف الجوي و يكون الهواء قد أكمل دورة كاملة، كذلك لحركة دوران الأرض حول نفسها أثراً على جهة جريان الهواء فالهواء الصاعد يتعرض للانحراف في مساره نحو الشرق و الهواء العائد يتعرض للانحراف نحو الغرب .

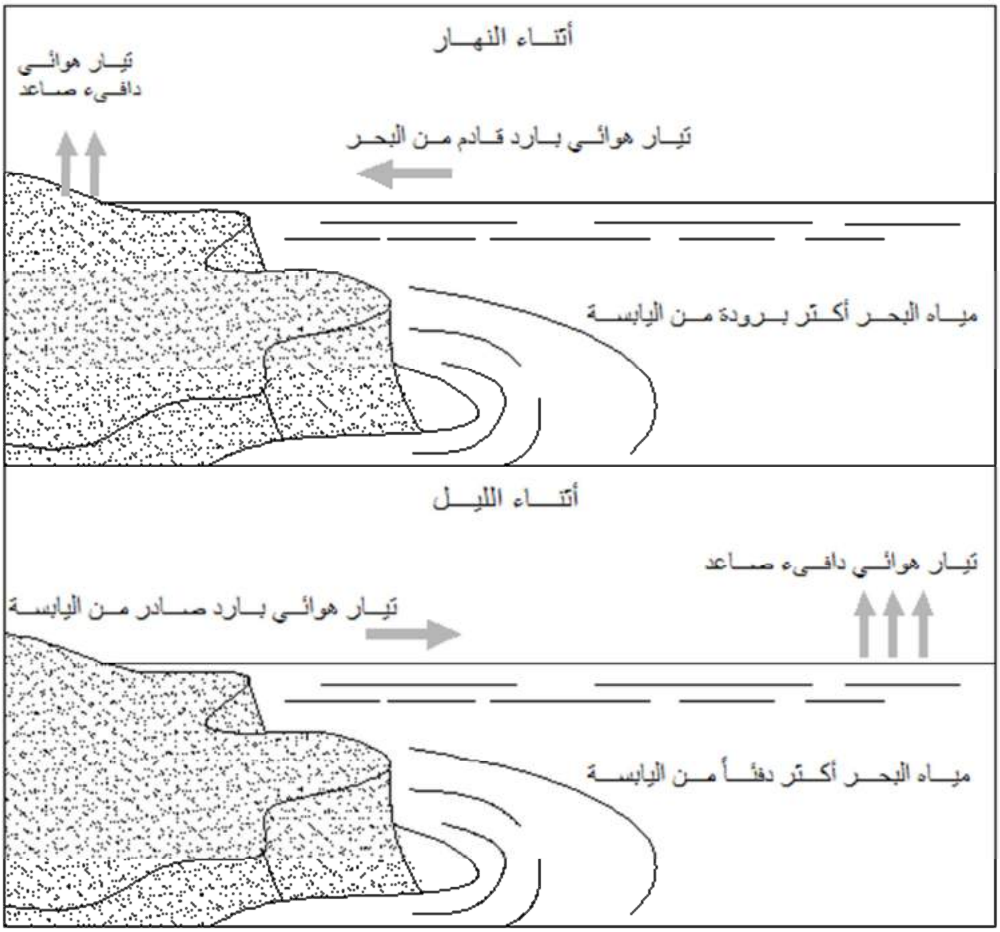


---------- الشكل(26) ----------

هناك عوامل أخرى تؤثر على حركة الرياح السرعة والجهة لكن بشكل قليل نسبياً وهي الفروقات الحرارية بين سطح اليابسة و سطح البحر ، وجود عوائق طبيعية مثل الأشجار ، الجبال ، الوديان

تأثير الفروقات الحرارية بين اليابسة و الماء :

حاول في صباح أحد أيام الصيف الحارة التوجه لشاطىء البحر أو شاطىء بحيرة قريبة ، اغرس يدك في تراب الأرض و استشعر سخونتها ، بعدها اغمس يدك في مياه الشاطىء لتلاحظ أن الماء أكثر برودة . كرر التجربة في نفس المكان لكن أثناء الليل و لاحظ أن الماء أكثر دفئاً من اليابسة .
عند شروق الشمس تسخن اليابسة بسرعة في حين تسخن مياه البحر ببطء ،أما عند الغروب فاليابسة تخسر حرارتها بسرعة بينما مياه البحر تحتفظ بحرارتها لمدة أطول .أثناء الليل الهواء فوق اليابسة أكثر برودة من الهواء فوق البحر و أثناء النهار الهواء فوق البحر أكثر برودة من الهواء فوق اليابسة من أجل مساحات شاسعة من اليابسة و سطح البحر فإن هذه الفروقات الحرارية تكون سبباً في تشكل الرياح . لاحظ الشكل (27) في الأسفل .



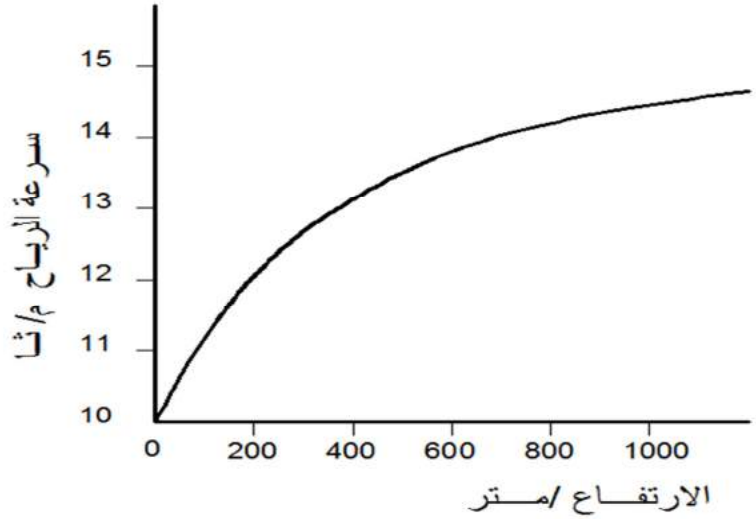
---------- الشكل (27) ----------

2-3 تغير سرعة الرياح :

عند نقطة معينة فإن سرعة الرياح تزداد كلما اتجهنا صعوداً فوق سطح الأرض ،فعند سطح الأرض تماماً تكون سرعة الريح معدومة بسبب الاحتكاك مع سطح الأرض بعد ذلك تزداد سرعة الرياح كلما ارتفعنا عن سطح الأرض حتى ارتفاع معين بعد هذا الارتفاع تزداد سرعة الرياح لكن بشكل ضئيل حتى الوصول لارتفاع 2000 متر عن سطح الأرض عندها تنعدم سرعة الرياح.

حركة الهواء	سرعة الهواء كيلومتر / ساعة	مظاهر طبيعية
حالة سكون كامل	صفر	يتصاعد دخان النار بشكل مستقيم نحو الأعلى .لا يوجد حركة لأوراق الأشجار.
نسيم خفيف	7-6	حركة لأوراق الأشجار خفيفة .
نسيم متوسط الشدة	25	حركة للأغصان الصغيرة ووجود غبار في الجو .
رياح متوسطة	40	حركة للأغصان والفروع الرئيسية .

رياح قوية	57	صعوبة كبيرة في المشي عكس الرياح و اهتزاز قوي للأشجار.
عاصفة متوسطة الشدة	72	تحطم فروع الأشجار .
عاصفة شديدة	100 - 90	اقتلاع و تحطم جذوع الأشجار تطاير أسقف البيوت الريفية .
إعصار	فوق 100	أضرار بالغة بالمباني وتطاير السيارات و خطوط نقل القدرة الكهربائية .



----------الشكل (28) ----------

هنا يلزم تعريف عامل خاص بسرعة الرياح يسمى عامل الخشونة (a) و يتعلق بطبيعة السطح الذي يحتك مع جريان الهواء ، عامل الخشونة له القيمة 0,01 للمسطحات المائية مثل البحار والبحيرات الكبرى وله القيمة 0,12 للمزارع ذات الأشجار و قيمة 0,28 للقرى و المدن .

3-3 الطاقة الحركية للرياح :

الطاقة الحركية الناجمة عن مجرى ريحي عبر مروحة خاصة (توربين هوائي) تستغل لتوليد الكهرباء من الرياح ،الطاقة المقدمة من الرياح (P) تتعلق بشكل رئيسي بسرعة الجريان (v) و بكثافة الهواء(ρ) و تتحدد بالمعادلة التالية :

$$P = 0.5\rho A\, V^{3}$$

حيث (A) هي المنطقة الممسوحة بواسطة أجنحة التوربين .

في المعادلة السابقة يوجد تكعيب أي أنه إذا ازدادت سرعة الرياح بعامل الضعف فإن الطاقة المقدمة من التوربين سوف تزداد بعامل ثمانية .
كذلك تتعلق الطاقة بمساحة جناح التوربين فكلما كانت مساحة الجناح أكبر كلما حصلنا على طاقة أعلى

و كثافة الهواء لها دور مهم أيضاً وهي تختلف حسب عوامل خاصة لا سيما الحرارة و الضغط فعند درجة حرار ة 25 سيلسيوس و ضغط جوي 760 مم زئبقي تكون كثافة الهواء 1.22 كغ/ م^3
و تصبح المعادلة السابقة بالشكل :

$$P = 0.6V^3 A$$

4-3 التوربين الهوائي – العنفة الريحية :

يشبه المروحة الهوائية العادية لكنه يعمل بوظيفة معاكسة تماماً ففي حين تحول المروحة العادية الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية فإن التوربين يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية .
هناك العديد من الأنواع للتوربينات الريحية المستخدمة لتوليد الكهرباء :
- التوربين الهوائي الطارد.
- التوربين متعدد الأجنحة .
- التوربين سافونيس و التوربين داريوس .
الشكل (29) يبين مكونات التوربين الهوائي أو العنفة الريحية .

تقنية التوربين الهوائي :

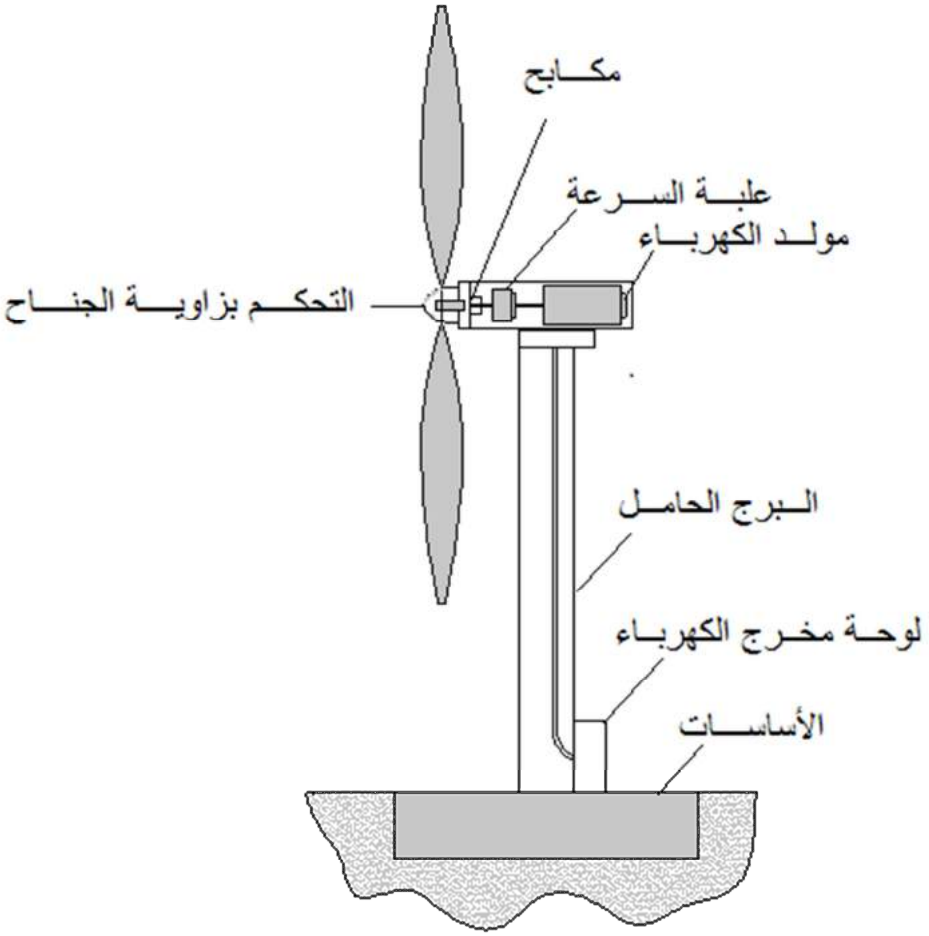
على الرغم من التطور السريع في صناعة التوربين الهوائي إلا أن المبدأ الرئيسي لعمل التوربين لا يزال كما هو و يعتمد على وظيفتين اثنتين :
1- استخلاص الطاقة الحركية من الرياح و تحويلها لعزم ميكانيكي بواسطة الأجنحة و علبة السرعة .
2- تحويل العزم الميكانيكي إلى طاقة كهربائية بواسطة المولدة ومن ثم حقن هذه الطاقة إلى الشبكة الكهربائية .

الأجزاء الرئيسية للتوربين الهوائي :

1- **الجزء الدوار والأجنحة** (المروحة مع محور الدوران) :
التوربينات الحديثة تكون مزودة بجناحين و في معظم الأحيان ثلاثة أجنحة و هذه الأجنحة مصنوعة من خليط من البولستر المقوى مع الفيبر غلاس أو مع الفيبر كاربون ، الجناح من الداخل يحوي تجاويف و ذلك لتأمين سماكة الجناح و خفة الوزن و جدار الجناح أو قشرة الجناح تكون مكونة من عدة طبقات من عدة مواد : فيبر غلاس أو ايبوكسي غلاس ، طبقات متراصة من الخشب يوضع بينها مادة من غراء الإيبوكسي و طبقة رقيقة من الألمنيوم للحد من تأثير الصواعق و أحياناً تطلى بمادة من الجل ، حسب الطلب يمكن تصنيع هذه الأجنحة بقطر من 1 متر حتى 100 متر أو أكثر وهي ترتكز على قاعدة فولاذية دوارة تمثل مركز المروحة تسمى بالدائر . معظم أنواع الأجنحة يكون قابلاً للمعايرة (يمكن التحكم بزاوية ميل الجناح) .
ترتكز الأجنحة الثلاثة على المحور الدائر بواسطة قاعدة ثلاثية الفتحات وهي عبارة عن ثلاثة أسطوانات متداخلة مع بعضها محور كل أسطوانة يصنع مع محور الأسطوانة التي بعده و التي قبله زاوية قدرها 120درجة و محور كل أسطوانة ينطبق على المحور الذي يدور حوله الجناح لتغيير الزاوية ، هذا الجسم الأسطواني الثلاثي يسمى hub .

2- **حجرة الميغانيزم** : و هي الجزء من التوربين الذي يقع خلف المروحة مباشرة و في أعلى البرج الحامل ويحتوي بداخلة على الأجزاء الميكانيكية و الكهربائية : علبة السرعة ، المكابح ، عمود الدوران ، المولدة ، محرك التوجيه حسب جهة الرياح . وهذه الحجرة تصمم بحيث تكون متحركة على العمود الحامل وبحيث تكون جهة عمود الدوران مقابلة مباشرة لحركة الرياح أي المستوي الذي يحوي

الأجنحة يجب أن يكون متعامداً مع محور حركة الرياح للحصول على أقصى طاقة ممكنة و هذه الحجرة يمكن الوصول إليها عن طريق البرج الحامل ، البرج الحامل هو عبارة عن أسطوانة فولاذية ضيقة عند القمة (جزع مخروط) وقطر القاعدة يصل ل 4,2 متر و أحياناً يستخدم بدلاً من الأسطوانة برج متصالب فولاذي مثل أبراج نقل القدرة الكهربائية .
غالباً ما يثبت فوق حجرة الميغانيزم جهاز قياس سرعة الرياح و هو عبارة عن قضيبين متصالبين قابلين للدوران على محور عمودي يمر من مركز التصالب و يثبت في نهاية كل طرف من الأطراف الأربعة نصف كرة و سرعة دورانه تتناسب مع سرعة الرياح .
كذلك يثبت مؤشر خاص للدلالة على جهة الرياح .



----------الشكل (29) ----------

3- علبة السرعة : وظيفتها زيادة عدد الدورات للمحور الدائر إلى عدد من الدورات يتناسب مع المولدة الكهربائية ، إن توربين باستطاعة 1 ميغا واط 1 MW و بمروحة بقطر 52 متر يحتوي على علبة سرعة تستطيع التحويل من 20 دورة في الدقيقة (20 r.p.m) إلى 500 r.p.m
و حيث أن مكونات علبة السرعة هي جملة مسننات فلابد من عملية التزييت لمنع تآكل المسننات مع الزمن و تتم هذه العملية آلياً بواسطة مضخة زيت تأخذ حركتها من حركة المحور الدائر وتشبه في آلية عملها مضخة الزيت في السيارة .

4- المولدة الكهربائية :

هناك ثلاثة أنواع رئيسية مستخدمة :

- المولدة التحريضية ذات القفص السنجابي .
- المولدة التحريضية ذات الدائر الملفوف .
- المولدة المتزامنة ذات القيادة المباشرة .

في النوع الأول هناك فارق ملحوظ بين سرعة الجزء الدوار للتوربين و بين سرعة المولدة و تسمى هذه الخاصية الفيزيائية (انزلاق) ،علبة السرعة تقوم بالوصل بين الدائر والمولدة .
ملفات التهييج (الجزء الثابت) في المولدة تكون متصلة مع الشبكة الكهربائية.
هذا النمط يسمى توربين هوائي ثابت السرعة .
من عيوب هذه المولدة أنها تمتص الاستطاعة الردية من الشبكة (reactive power) و هو أمر غير مستحب حدوثه في الشبكات الكهربائية. لذلك يتم وصل مكثفات على التفرع بين مخرج المولدة ومدخل الشبكة الكهربائية .
ملاحظة : الاستطاعة الردية يرمز لها بالرمز Q و تقاس بواحدة تسمى فار VAR ويجب دائماً التخفيف من قيمة هذه الاستطاعة ما أمكن أي تخفيض قيمة ال VAR بوصل لوحات خاصة تحوي مكثفات اسطوانية و تسمى هذه العملية بتحسين عامل الاستطاعة .
النوعين الثاني و الثالث من المولدات يكون هناك فارق كبير بين سرعة الدائر للتوربين و سرعة المولدة لذلك يتم استخدام جهاز تقويم للموجة الكهربائية يسمى المقوم (CONVERTOR) .
ماهو المقوم ؟ لوحة كهربائية تضم 4 أو 6 قطع من أنصاف النواقل يسمى كل منها ثايرستور وتربط هذه القطع مع بعضها بحيث تسمى جسراً (جسر تقويم) ، يستقبل الجسر الإشارة الكهربائية المتناوبة و يحولها إلى إشارة مستمرة لكن متعرجة و نوع التعرج يعتمد على النبضات الكهربائية التي تقدح الثايرستور .
في المولدة ذات الدائر الملفوف يتم حقن الجزء الدائر من المولدة (الدائر الملفوف) بتيار حقن مأخوذ من مخرج المقوم لتعديل سرعته (التحكم بسرعة المولدة) في حين يتم توصيل مخارج ملفات الجزء الثابت من المولدة مع الشبكة الكهربائية مباشرة .
في المولدات المتزامنة ذات القيادة المباشرة تتصل المولدة مباشرة مع الدائر للتوربين الهوائي دون استخدام علبة سرعة ، تتصل المولدة مع الشبكة الكهربائية عبر مقوم (مخارج المولدة هي مدخل للمقوم و مخرج المقوم يتصل بالشبكة ، هنا التحكم بالسرعة أيضاً ممكن و المولدات المستخدمة هنا هي غالباً منخفضة السرعة .

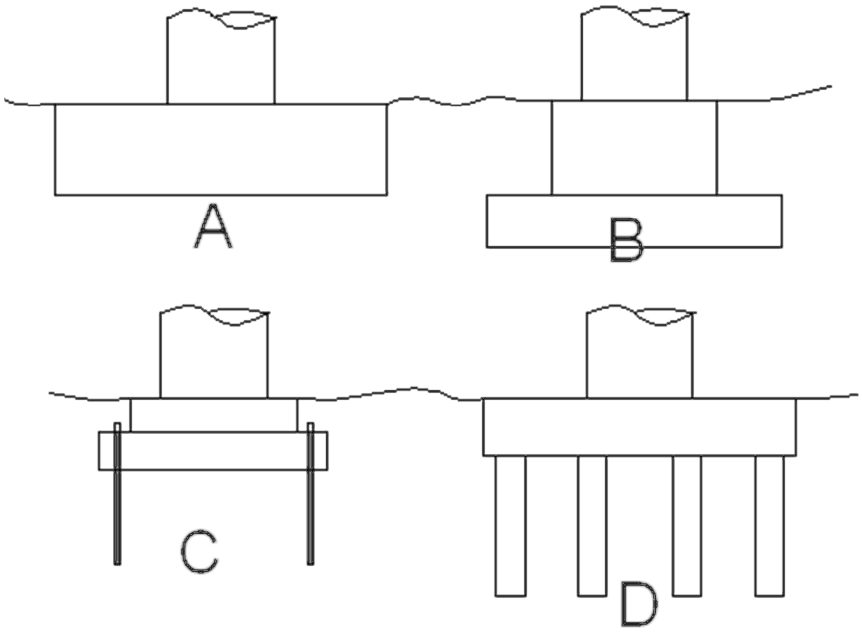
5- محرك التوجيه :

هو محرك يثبت في قاعدة حجرة القيادة بحيث يكون محور دورانه شاقولياً ، يثبت على محور دورانه مسنن مناسب و يتصف هذا المحرك بعزم دوران جيد و يمكن تشبيهه بمحرك الإقلاع في السيارة أو المارش الذي يعمل على تدوير مسنن الفولان لإقلاع السيارة ،بشكا عام لكا محرك خاصيتين فيزيائيتين هما السرعة عزم الدوران (محركات المراوح العادية هي محركات تتمتع بالسرعة وليس العزم حيث بإمكانك إيقاف دورانها باليد أما محرك فرد تثقيب الجدران فهو لا يتمتع بالسرعة لكن بعزم الدوران العالي) .
مسنن المحرك بدوره يتصل (يتعشق) مع مسنن آخر أضخم يدور على محور دوران شاقولي يمر ضمن العمود الحامل للتوربين . ترتكز حجرة الميغانيزم على هذا المسنن و تدور مع دورانه .
جهاز مراقبة جهة الرياح يعتبر حساس ميكانيكي يعمل على تشغيل محرك التوجيه مع تغير حركة الرياح .

6- **عناصر التحكم** :
يوجد ضمن كل توربين هوائي مجموعة من الحساسات لها وظائف مختلفة ترسل هذه الحساسات إشاراتها إلى نظام تحكم مركزي مبرمج و ذلك في كل حالات العمل للتوربين و هي أربع حالات : الاستعداد و الجهوزية (stand-by) ، الإقلاع (start-up) ،العمل الطبيعي ، التوقف العادي (shut-down) ، التوقف بسبب عطل (stopped with fail) .
أهم الحساسات المفترض وجودها : مقياس سرعة الرياح ، مؤشر جهة الرياح ، حساس قياس سرعة المحور الدائر ، حساس القدرة الكهربائية ، حساس زاوية المواجهة للجناح ، مجموعة من قواطع نهاية الشوط ، حساس الاهتزاز ، مؤشر حرارة و ضغط الزيت ، حساسات ضغط الهيدروليك ، مفاتيح تحكم مختلفة ، كونتاكتورات ، كبسات إيقاف و تشغيل .
بالإضافة لنظام التحكم هناك نظام السلامة (safety system) و هو يعمل بشكل مستقل عن نظام التحكم وهو عبارة عن مجموعة من حواكم التحكم أو ريليهات التحكم (control relay) تتوضع بشكل مدروس ضمن كل الدوائر الكهربائية و في حال ظهور أي عطل كهربائي تقوم بتوجيه زاوية الجناح لوضعية الكبح الهوائي ثم تطبق المكابح الميكانيكية على محور الحركة أي إيقاف عمل التوربين .
يتدخل نظام الحماية في الحالات التالية : زيادة السرعة لمحور الدوران – حصول اهتزاز للعمود الحامل – عدم إعداد المؤقت الزمني لنظام التحكم – الضغط على كبسة الطوارئ - فشل نظام التحكم بقيادة التوربين لسبب غير معروف .

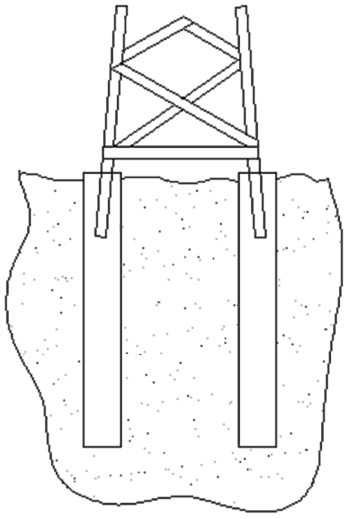
5-3 القواعد الاسمنتية المستخدمة للتوربين الهوائي :

إن تصميم القواعد الاسمنتية للتوربين الهوائي يخضع لعوامل عديدة أهمها الإجهادات التي يتعرض لها التوربين و لا سيما البرج الحامل تحت تأثير جريان الرياح على اختلاف شدتها و ما تسببه من اهتزازات للبرج تختلف بحسب ارتفاع البرج و موقعه الجغرافي .
هناك عدة أنواع شائعة الاستخدام عندما يكون البرج الحامل من النوع الأسطواني الفولاذي وهي موضحة في الشكل (30) .
الشكل (a) في هذه الحالة القاعدة عبارة عن وسادة اسمنتية اسطوانية بسماكة كبيرة نسبياً و السطح العلوي للوسادة الاسمنتية على مستوى سطح التربة ،تستخدم هذه الحالة عندما تكون الأرض ذات طبيعة صخرية و السطح المباشر للتربة ذو طبيعة صخرية مما يسمح بتثبيت الوسادة الاسمنية بشكل جيد و محكم و لا يسمح بتخلخل أو اهتزازات .
الشكل (b) في هذه الحالة تم استخدام وسادة اسمنتية بسماكة أقل من الحالة السابقة و وضعت على عمق معين من سطح التربة يثبت على مركز هذه الوسادة دعامة اسمنية ذات شكل أسطواني أيضاً و قطرها أقل من قطر الوسادة الاسمنية . هذه الحالة تستخدم عندما يكون سطح التربة ذو طبيعة رخوة (غضارية) و على عمق غير كبير تتواجد الطبقة الصخرية بحيث أن هذا العمق أكبر من سماكة الوسادة الاسمنية أي يتم استخدام الدعامة الاسمنتية لوضع الوسادة الاسمنتية ضمن الطبقة الضخرية أو مايعرف جيولوجياً بالسرير الضخري .
الشكل (c) هذه الحالة مماثلة للحالة السابقة أي الطبقة الصخرية لا تقع عند سطح التربة مباشرة، وتختلف عن الحالة السابقة باستخدام أسافين فولاذية لتثبيت الوسادة الاسمنتية ضمن الطبقة الصخرية إن استخدام الأسافين الفولاذية يسمح باستخدام وسادة اسمنية بسماكة أقل أي تصغير حجم الوسادة وبالتالي تخفيض كميات الاسمنت المستخدم و تخفيض التكلفة ، هذا النوع من القواعد يتطلب وجود خبرة فنية كافية في زرع الأسافين من قبل المقاول المنفذ .



----------الشكل (30) ----------

الشكل (d) في هذه الحالة تم استخدام وسادة اسمنية على سطح التربة مباشرة و هذه الوسادة متصلة أو ترتكز على عدة دعامات اسمنتية أسطوانية الشكل متوضعة على شكل دائري (6 -8) دعامات
هذه الحالة تستخدم عندما تكون التربة طرية جداً (رمال صحراوية) الوسادة الاسمنتية مع الدعامات القاعدية الغروسة بشكل عميق ضمن التربة تمنع حدوث الاهتزازات . الدعامات الاسطوانية يمكن ان تكون صلبة و يمكن أن تكون أسطوانة جوفاء .
في الحالات السابقة اعتبرنا الوسادة الاسمنتية عبارة عن أسطوانة دائرية المقطع لكن هذا كلام نظري صعب التنفيذ عملياً و ذلك لصعوبة تنفيذ قالب صب اسمنتي بمقطع دائري تماماً لهذا يأخذ مقطع الوسادة الاسمنتية شكل مضلع منتظم (مربع ، مخمس ، مسدس) .
بالنسبة للتوربينات الهوائية التي تستخدم الأبراج الفولاذية المجمعة مثل ابراج نقل القدرة الكهربائية يتم اتباع طريقة مختلفة عن الحالات السابقة . حيث يلاحظ أن إجهادات الاهتزاز تكون أقل من حالة البرج الحامل الأسطواني الشكل كذلك الأرجل الأربعة للبرج الشبكي ترتكز على مساحة جيدة .
في هذه الحالة يتم صب أربعة دعامات اسمنية أسطوانية الشكل عند نقاط الارتكاز لأرجل البرج الأربعة كما هو موضح في الشكل (31) بحيث تنغرس أرجل البرج الأربعة ضمن هذه الدعامات رجل ضمن كل دعامة .
يلاحظ أن كل رجل معدنية تتوضع ضمن الدعامة بزاوية توضع حسب تصميم البرج و بما يسمح بتجميع الزوايا المشكلة للبرج بشكل صحيح ، و يجب الانتباه أن عملية الصب لا تكون قبل التجميع ، يجب تجميع قاعدة البرج فقط و ليس كل البرج بحيث تنغرس كل رجل ضمن قالب الصب الاسمنتي الذي يأخذ شكل الدعامة بعد تشكيل قاعدة البرج بشكل سليم تبدأ مرحلة صب الاسمنت ضمن القوالب



----------الشكل (31)----------

6-3 الطاقة الكهربائية المتولدة سنوياً :

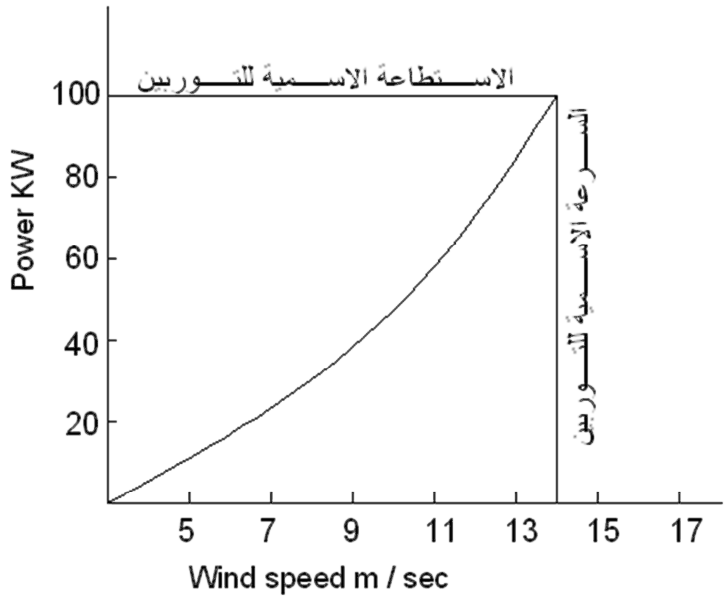
كم هي الطاقة الكهربائية المتوقعة خلال سنة من توربين هوائي استطاعته 100 كيلوواط ؟
هنا يجب ضرب استطاعة التوربين الكهربائية بعدد الساعات في السنة وهي 8760 ساعة لتكون الاستطاعة الكهربائية المقدمة خلال سنة واحدة و المقدرة بالكيلو واط الساعي 876000 KWh .
لكن الرقم السابق يكون دقيقاً فقط عندما يكون جريان الرياح خلال ساعات السنة منتظماً وهذا عملياً غير ممكن، لهذا للحصول على القيمة الفعلية للطاقة الكهربائية المقدمة من التوربين لا بد من استخدام مفهوم عامل السعة Capacity factor و سنفترضه في مثالنا 0.3 لتصبح الطاقة الكهربائية السنوية :

$$P_{year} = 100 \times 8760 \times 0.3 = 262800 \text{ KWh}$$

هذه الطريقة باستخدام عامل السعة هي طريقة تقريبية ولا تقدم أرقاماً دقيقة وللحصول على نتائج أكثر دقة يجب معرفة المعطيات التالية :(1) توزع حركة الرياح على المدى الطويل (2) منحني القدرة الكهربائية للتوربين .لاحظ الشكل(31-ب) بالنسبة لتوربين بسرعة اسمية 14 م /ثا تقابلها استطاعة اسمية 100 KW.
الجدول في الأسفل يستخدم المعطيات المذكورة لحساب الطاقة الكهربائية السنوية لتوربين باستطاعة 100 KW مع عامل أداء $C_P = 0.37$

سرعة الرياح م / ثا	ساعات الحركة بالسنة	الطاقة من التوربين $P = C_P .0.6AV^3$ KW	الطاقة KWh
1	200	0	7
2	250	0	73
3	350	0	0
4	500	2	1163
5	600	5	2725

5494	8	700	6
9971	12	800	7
16744	19	900	8
26490	26	1000	9
34521	36	950	10
41111	48	850	11
34535	63	550	12
31934	80	400	13
34899	100	350	14
25000	100	250	15
11000	100	110	16
0	100	0	17
الطاقة المتولدة في سنة **275667**		**8760**	



<u>مثال توضيحي</u> :

لنفترض منشأة صناعية تتطلب طاقة كهربائية سنوية بمقدار 2000KWh ما هي استطاعة ومواصفات التوربين الهوائي اللازم تركيبه لتأمين المنشأة بالطاقة الكهربائية المطلوبة ؟

الجواب :

سنفترض قيمة عامل الأداء $C_P = 0.4$ ، كثافة الهواء $1\ kg/m^3$ ، عامل السعة 0.3 ،سرعة الرياح على ارتفاع 15 متر هي 5 م/ ثا ، الضياعات في محور الدوران هي 0.9 الضياعات في المولدة هي 0.9 .

1- حساب كثافة الاستطاعة الكهربائية بالمتر المربع ، واط لكل متر مربع .

كثافة الاستطاعة الكهربائية = 0.5 x كثافة الهواء x مكعب سرعة الرياح

$$PD = 0.5 \times 1 \times (5)^3 = 62.5 \text{ watt } /m^2$$

2- حساب عامل الضياع الإجمالي :

عامل الضياع الإجمالي = ضياعات محور الدوران x ضياعات المولدة x عامل الأداء

$$K_{LOSS} = 0.9 \times 0.9 \times 0.4 = 0.324$$

وتكون كثافة الاستطاعة الكهربائية الفعلية :

$$PD_{act} = 62.5 \times 0.324 = 20.25 \text{ watt } /m^2$$

3- الطاقة الكهربائية النافعة خلال ساعات السنة 8760 ساعة :

$$E_{year} = 20.25 \times 8760 = 177.39 \text{ KWh } /m^2$$

4- تحديد الاستطاعة الاسمية للتوربين ، معرفة حجم الجزء الدوار بمعرفة مساحة هذا الجزء

مساحة الجزء الدوار تساوي الطاقة الكهربائية السنوية المطلوبة مقسومة على الطاقة الكهربائية النافعة خلال سنة .

فإذا فرضنا S هي مساحة الجزء الدائر :

$$S = 2000 / 177.39 = 112.75 \ m^2$$

حساب نصف قطر الجزء الدوار R :

$$\pi R^2 = 112.75$$

$$R = 5.91 \ m$$

5- الاستطاعة الاسمية للتوربين تساوي كثافة الاستطاعة الكهربائية الفعلية مضروبة ب مساحة الجزء الدوار :

$$Prate = 20.25 \times 112.75 = 2.28 \text{ KW}$$

القيمة 2.28 تتحقق عندما تكون سرعة الرياح 5 م/ثا خلال كل ساعات السنة 8760 ساعة وهذا عملياً غير ممكن لذلك يؤخذ عامل السعة بالحسبان.

الاستطاعة الاسمية الفعلية للتوربين :

$$Pact = 2.28 / 0.3 = 7.6 \text{ KW}$$

أي يلزم توربين باستطاعة اسمية 8 كيلوواط .

7-3 الجريان على السطوح الهوائية :

إن دراسة الجريان لوسط سائل أو غازي هي على درجة من التعقيد و تتطلب سرد الكثير من المعادلات الرياضية المعقدة لذلك سأحاول في هذا البحث تبسيط الظواهر الفيزيائية ما أمكن مع تجنب سرد المعادلات الرياضية المعقدة التي تتطلب المعرفة الجيدة بالرياضيات العالية .

لنفترض جسماً مغموراً ضمن وسط سائل ذو جريان ، ما هي القوى المؤثرة على هذا الجسم ؟

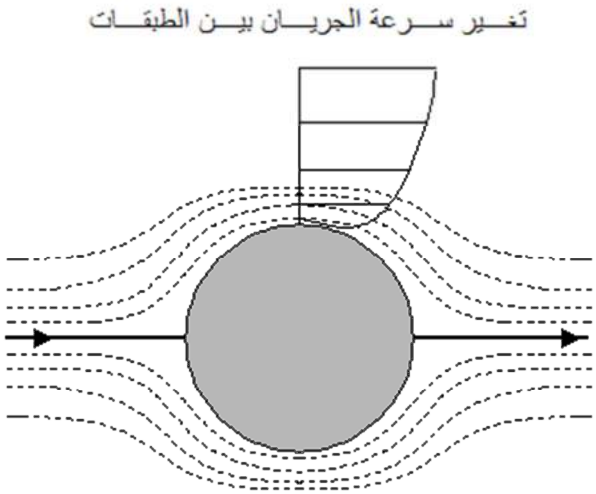
يمكن تحليا هذه القوى إلى قوتين رئيستين : قوة جر للتيار و قوة رافعة للجسم.

تؤثر في هذه القوى الطبقات من الوسط السائل المتحرك و الملاصقة للجسم ،هذه القوى من الممكن أن تكون موازية لسطح الجسم (قوى احتكاك) أو ناظمة (عمودية) على السطح (قوى الضغط) .

بالنسبة للتوربين الهوائي الهواء هو وسط جريان ويهمنا فهم الأساسيات التالية :

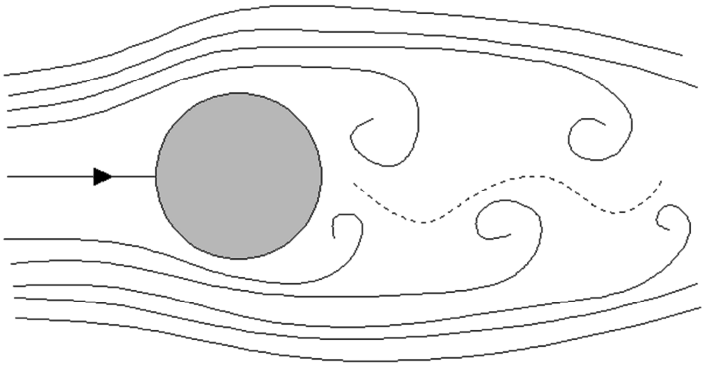
قوة الجر :

يمكن تصور وسط الجريان الذي يمر على سطح ما على أنه مجموعة من الطبقات الرقيقة جداًمتراكمة فوق بعضها البعض . الطبقة الملاصقة لسطح الجسم مباشرة تكون السرعة فيها شبه معدومة والطبقة التي فوقها مباشرة تمتلك سرعة قليلة نسبياً والطبقة التي فوقها تمتلك سرعة أكبر من سابقتها و هكذا كما يوضحه الشكل (32)



----------الشكل (32) ----------

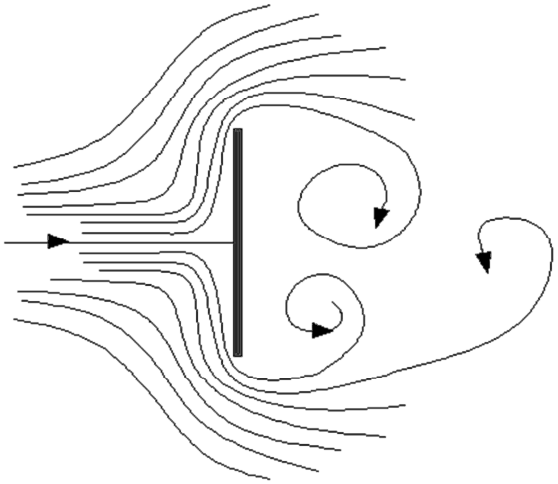
في حالة وسط جريان منخفض اللزوجة ويملك سرعة جريان مرتفعة نسبياً فإن قوى الجر تكون محصلة لتوزع الضغط بين مقدمة الجسم و بين مؤخرته ، ففي الجزء الأمامي من الجسم والمواجه مباشرة لتيار الجريان يكون الضغط مرتفع نسبياً والوسط يمتلك أيضاً سرعة مرتفعة نسبياً أما في مؤخرة الجسم فالضغط يكون مخلخلاً و سرعة الجريان منخفضة كما يوضح الشكل (33) .



----------الشكل (33)----------

عند وضع صفيحة مستوية بشكل عمودي في وسط جريان نلاحظ كيف أن طبقات الضغط تبدأ بالانفصال و التخلخل عند حواف هذه الصفيحة و تتشكل دوامات أو تيارات إعصارية خلف الصفيحة و يكون هناك فرق كبير في الضغط بين وجهي الصفيحة كلما زادت سرعة جريان الوسط كلما كان الفرق في الضغط أكبر ، لاحظ الشكل (34) .

لو قمنا بتدوير الصفيحة السابقة حول محور دوران يمر من حافتها السفلى و يوازي هذه الحافة بزاوية قدرها 70 درجة عكس اتجاه عقارب الساعة مع بقاء الصفية ضمن نفس وسط الجريان .
إن تيار الجريان المار أسفل الصفيحة سيلقى مقاومة من سطح الصفيحة السفلي لدفعه نحو الأسفل و بالتالي حسب مبدأ الفعل ورد الفعل فهناك قوة من التيار تؤثر عل الصفيحة وتحاول دفعها للأعلى .
أو يمكن القول أيضاً أن الفروقات في الضغط بين السطح السفلي للصفيحة و السطح العلوي يتسبب بظهور قوة دافعة نحو الأعلى و هو المبدأ الأساسي في تصميم جناح الطائرة .

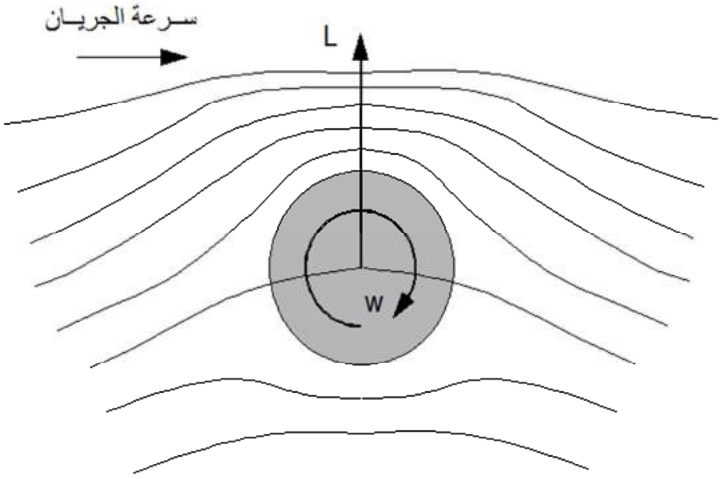


----------الشكل (34)----------

في مثالنا هذا صنعت الصفيحة مع خط الأفق زاوية قدرها 20 درجة سنسميها زاوية المواجهة .
هذه الظاهرة نلمسها في حياتنا اليومية ، فعندما تركب حافلة أو سيارة تسير بسرعة ثابتة و في يدك كتاب ما أخرج هذا الكتاب من النافذة (لكن تأكد من خلو الطريق من الحافلات حتى لاتخسر يدك مقابل هذه التجربة) ضع الكتاب بشكل مائل كوضعية الصفيحة السابقة و استشعر بقوى التيار الهوائي تدفع يدك نحو الأعلى .
عندما يتزلج رياضي على سطح البحر على لوح تزلج و هو متعلق بقارب سريع بواسطة حبل فإنه يستخدم نفس المبدأ فسرعة القارب هي سبب في دفع اللوح المائل نحو الأعلى ، كذلك عملية توجيه المسار للقوارب أو السفن بواسطة دفة التوجيه يعتمد أيضاً على هذا المبدأ .

الجريان الهوائي على أسطوانة تدور حول مركزها :

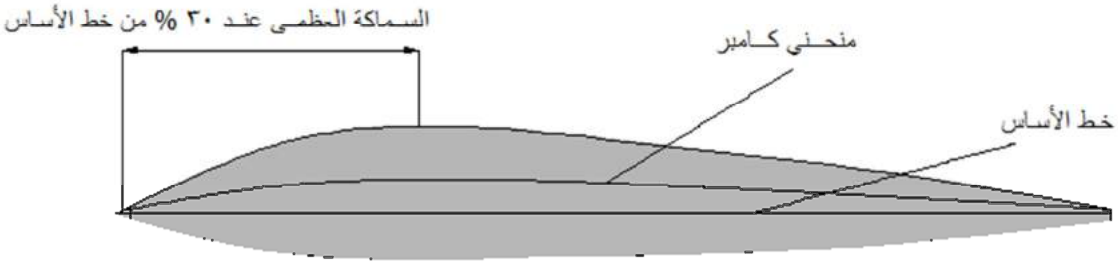
بالنسبة لأسطوانة تدور حول مركزها بسرعة دورانية ثابتة (w) ضمن وسط جريان له سرعة جريان (U) ، سندرس منطقتين للجريان فوق الصفيحة مباشرة و تحتها مباشرة ، فوق الصفيحة تكون جهة جريان السائل متطابقة مع جهة حركة الأسطوانة أي عامل الاحتكاك بين سطح الأسطوانة وطبقات السائل المتحرك شبه معدومة ومعدل سرعة الجريان أعلى مايمكن وضغط الماء الساكن منخفض جداً ، في أسفل الأسطوانة يحدث العكس تماماً سرعة جسم الأسطوانة تعاكس في الجهة سرعة الجريان وهذا يعني ظهور احتكاك بين سطح الأسطوانة و الطبقة الملامسة له من الوسط المتحرك و بين طبقات الوسط بعضها مع بعض أي أن سرعة الجريا نتيجة عامل الاحتكاك سوف تنخفض و سيزداد الضغط الساكن للوسط هذه الفروقات بين أعلى وأسفل جسم الأسطوانة تتسبب بظهور قوة رافعة (L) تدفع الصفيحة باتجاه الأعلى . لاحظ الشكل (35) .
هذه الظاهرة تسمى **بظاهرة ماغنوس** magnos effect و هي تفسر سبب انحراف كرة التنس اللولبية المقذوفة في الهواء عن مسارها .



---------- ----------الشكل (35)----------

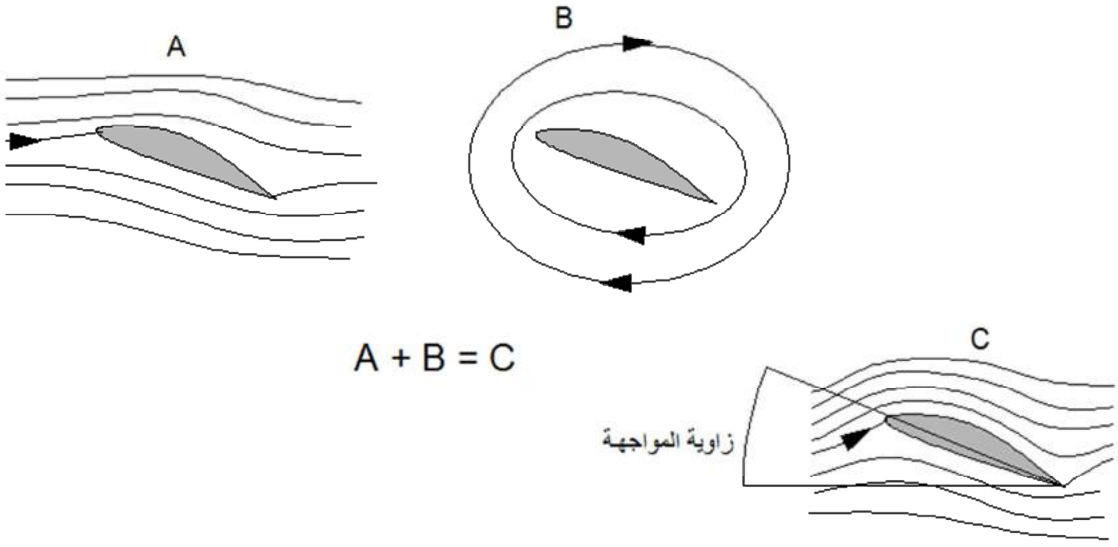
سطح كامبر الهوائي Camber aerofoil:

في تجربة الصفيحة المائلة إذا زادت قيمة زاوية المواجهة عن حد معين فستعيق الجريان و ستخفض من سرعة الجريان و بالتالي التقليل من قوة الرفع ، كذلك الحافة الحادة العلوية للصفيحة تلعب دوراً سلبياً حيث أنها تخلخل بين طبقات الوسط المتحرك و لا تسمح بحدوث جريان انسيابي .
يمكن التغلب على السلبيات السابقة بجعل الصفيحة تكتسب سماكة محددة مع تدوير لحافتها العلوية مع الحفاظ على حافته السفلية حادة، لاحظ الشكل(36) .

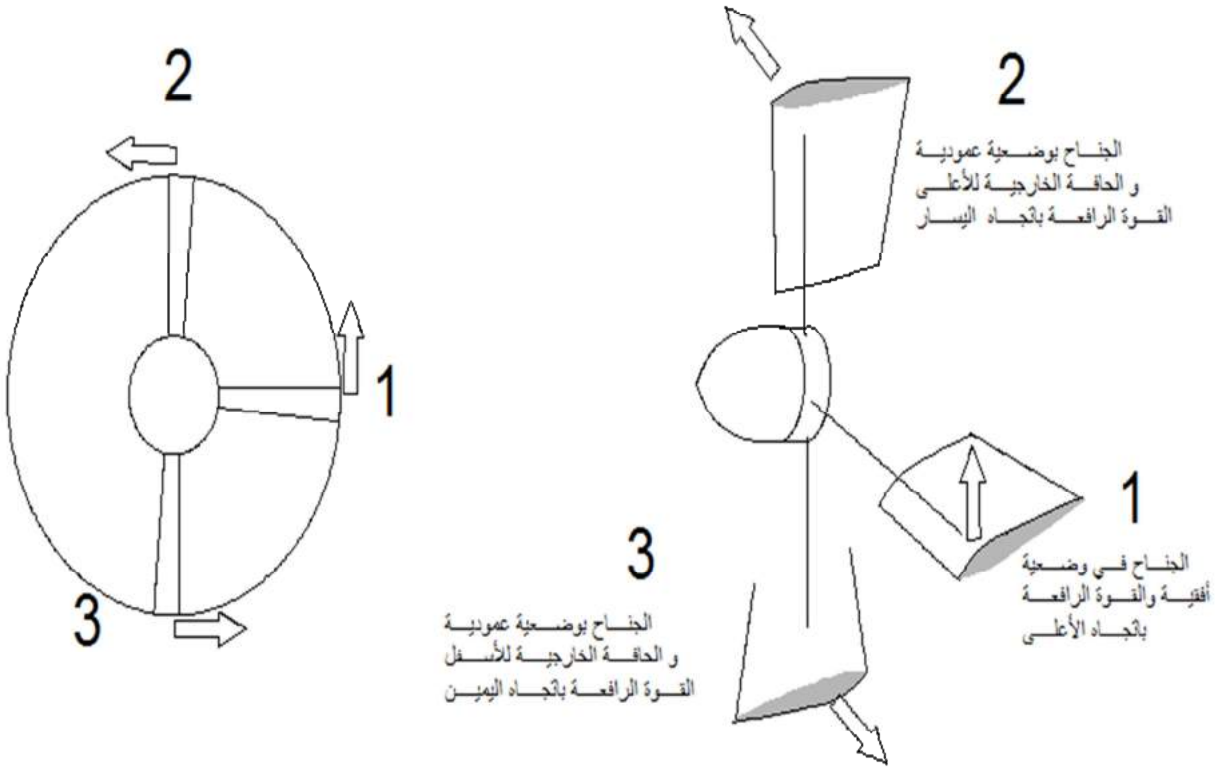


---------- (36) ----------الشكل

إن طبيعة شكل سطح كامبر تسمح بحدوث دوران للجريان أو جريان دوراني حول هذا السطح تماماً كما شاهدنا في حالة الأسطوانة الدائرة ضمن وسط جريان ، الحافة الذيلية الحادة لهذا السطح و السطح الأنسيابي تسمح بحوث دوران حوله من الأعلى للأسفل تساهم في زيادة السرعة للطبقات فوق السطح و تخفيض السرعة للطبقات تحت السطح و بالتالي الجريان الدائري يعزز القوة الرافعة لهذا السطح .
عندما يكون الجناح بوضعية أفقية تكون القوة المؤثرة باتجاه الأعلى و عندما يكون الجناح بوضعية عمودية و اتجاه الجريان هو نفسه فإن القوة الدافعة تكون عمودية على السطح العلوي و الذي أصبح على يسار اتجاه الجريان . مع ثبات اتجاه الجريان و مع تغير وضعية الجناح الدائر يتغير اتجاه القوة الدافعة بحيث تبدو القوة تتحرك بشكل مماسي على محيط دائرة هي دائرة الدوران أو مسار الحركة الدائرية للحافة الخارجية للجناح بحيث تعمل بشكل مستمر على تدوير الجناح و بالتالي تدوير الأجنحة الثلاثة للتوربين .
الشكل (38) يوضح هذا المفهوم .



---------- الشكل (37) ----------

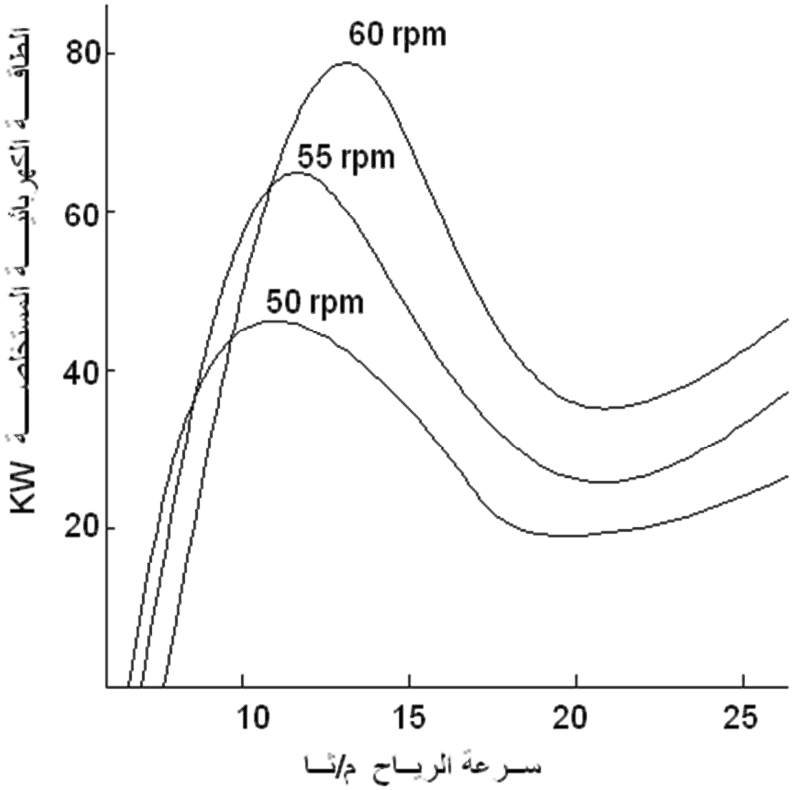


----------الشكل(38)----------

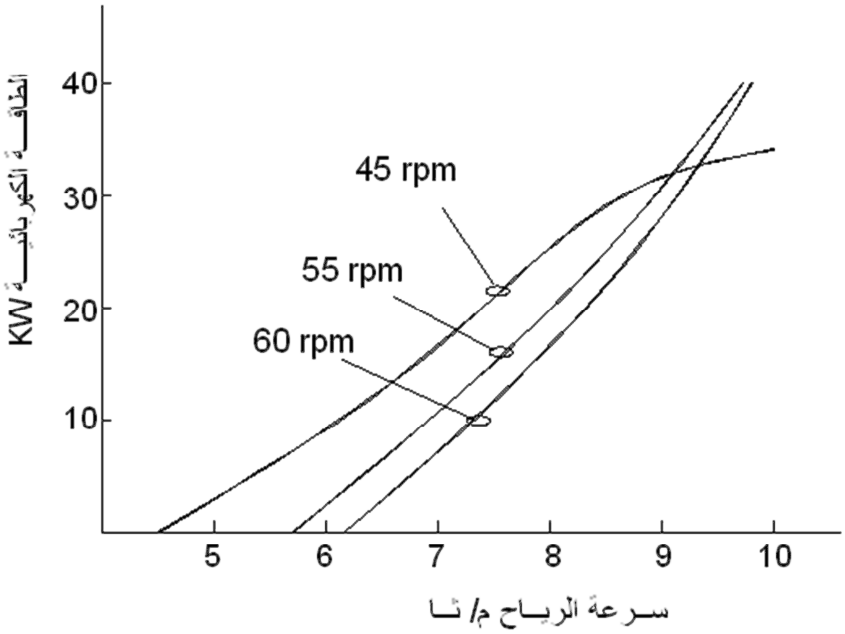
كما لاحظنا سابقاً فإن لزاوية المواجهة للجناح دوراً هاماً في تحديد قيمة القوة الرافعة للجناح لكن يجب ألا تتجاوز قيمة محددة و إلا تسببت بحدوث تخامد للجريان الهوائي على سطح الجناح و بالتالي إضعاف قيمة القوة الرافعة .
قيمة القوة الرافعة متناسبة طرداً مع قيمة زاوية المواجهة ضمن مجال محدد لهذه الزاوية فمع زيادة قيمة زاوية المواجهة تزداد قيمة القوة الرافعة و بالتالي تزداد قيمة عزم الدوران المحرك لمحور دوران التوربين و بالتالي تزداد سرعة التوربين والعكس صحيح فتخفيض قيمة زاوية المواجهة سيخفض من سرعة التوربين ، إن استخدام توربينات بأجنحة قابلة للحركة (تغيير زاوية المواجهة للجناح) حسب الحاجة زيادة أو إنقاص سرعة التوربين هو أحد أنواع التحكم المستخدم و هي طريقة قديمة نسبياً و تستخدم معها المولدات المتزامنة .

تأثير التغير في سرعة الدوران :

إن الطاقة المقدمة من التوربين الهوائي تتأثر بشكل كبير بسرعة الدوران عند التشغيل، فإذا تم اختيار سرعة تشغيل منخفضة فإن الطاقة المقدمة من التوربين تبلغ ذروتها عند سرعة رياح منخفضة أيضاً و بالمحصلة تكون قيمة هذه الطاقة منخفضة ،وبنفس الوقت عندما يتم اختيار سرعة عالية وتكون سرعة الرياح عالية أيضاً سوف يقدم التوربين كمية أكبر من الطاقة وإذا كانت سرعة الرياح معتدلة عندها يحصل انخفاض في قيمة مردود التوربين.
الشكل(39) يوضح العلاقة بين سرعة الرياح وقيمة الطاقة الكهربائية المستخرجة مقدرة بالكيلو وات وذلك عند سرعات دوران مختلفة للتوربين .
ملاحظة : rpm تعني دورة بالدقيقة rotation per minute .
الشكل(39 ب) أيضاً يوضح العلاقة بين سرعة الدوران والطاقة المستخرجة لكن عند سرعات رياح منخفضة .



الشكل(39)

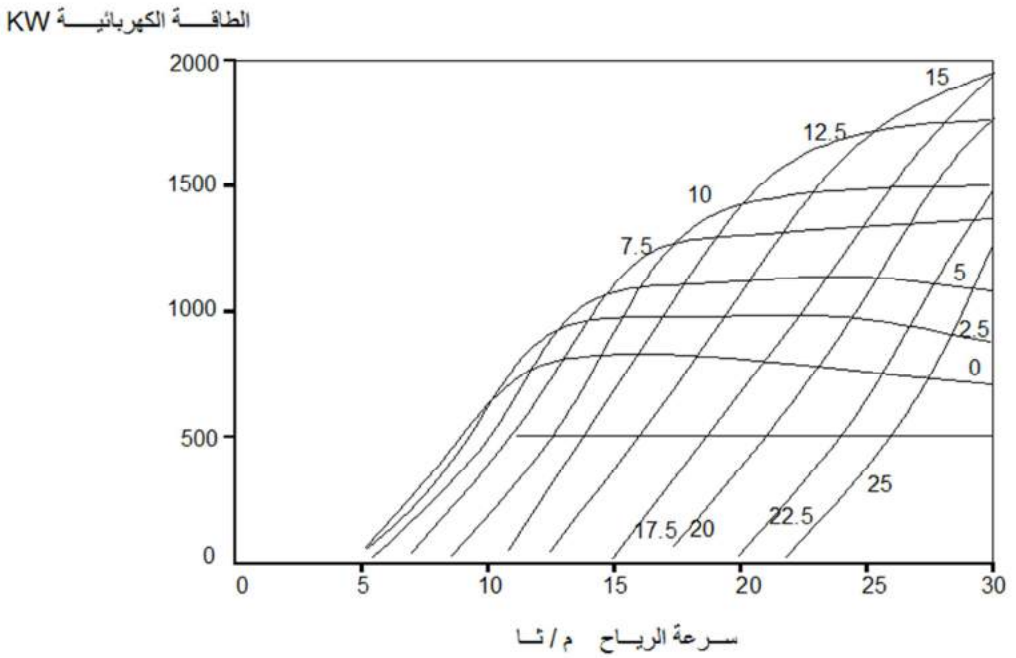


الشكل(39 ب)

عند القيام بفرملة التوربين (الإيقاف السريع) تدور أجنحة التوربين لتأخذ قيمة زاوية مواجهة كبيرة جداً بحيث تنعدم قيمة القوة الرافعة ثم تطبق المكابح الميكانيكية على محور الدوران .
التحكم بزاوية المواجهة يمكن أن يتم على الأجنحة الثلاثة معاً أي التحكم بالأجنحة الثلاثة بنفس اللحظة أو يمكن أن يتم لكل جناح على حدة و هنا يلزم نظام تحكم معقد مكون من أسطوانات هيدروليكية و محرك سيرفو .
الشكل (39 ج) يوضح تأثير تغير قيمة زاوية المواجهة على الاستطاعة الكهربائية المقدمة من التوربين حيث في هذا المثال تمت الدراسة على توربين قطر الأجنحة 40 متر ويدور بسرعة 33 دورة بالدقيقة و الرقم المكتوب على كل منحني هو قيمة زاوية المواجهة التي تتغير من 0 حتى 25 درجة .

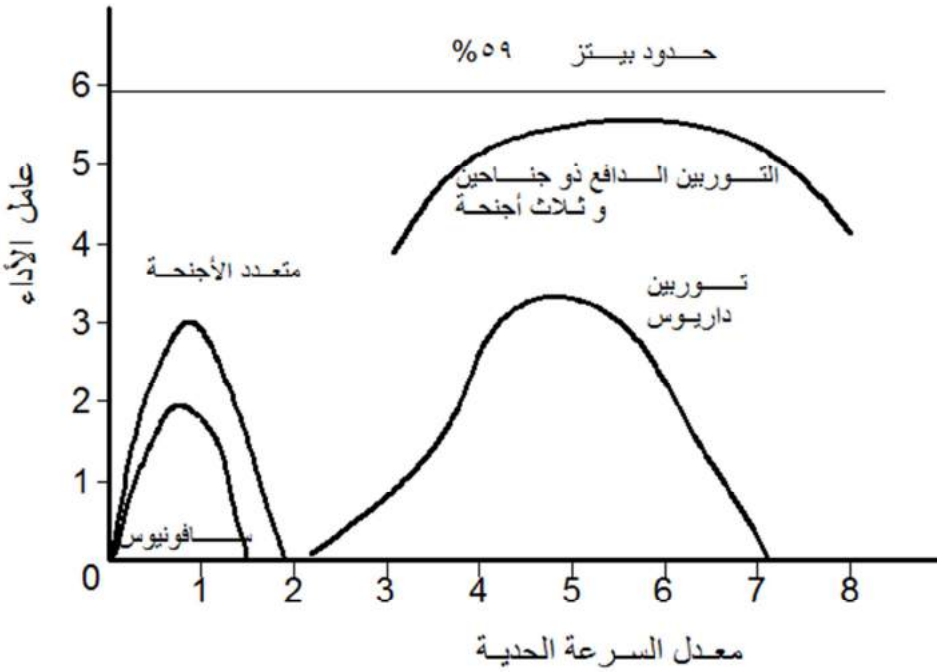
9-3 المردود للتوربين الهوائي :

في المعادلة السابقة ($P=0.6AV^3$) المتحول P يمثل الطاقة الكلية في الجريان الهوائي و كما هو الحال في كل مراحل تحويل الطاقة فإن قسماً فقط من طاقة الجريان الهوائي يمكن الاستفادة منه و تحويله لطاقة كهربائية و كما شاهدنا أن للرياح طاقة حركية سيتم استغلالها بتدوير أجنحة التوربين و كلما كانت الطاقة الحركية أعلى كلما حصلنا على مقدار أعلى من الطاقة الكهربائية . أي يجب قياس الفرق في الطاقة الحركية للرياح عندما تصطدم أو تدخل ضمن أجنحة التوربين الدوارة و عندما تغادر أو تخرج من أجنحة التوربين . أي أن الفرق في قيمة الطاقة الحركية للرياح الداخلة عبر الأجنحة والخارجة منها يمثل قيمة الطاقة المفيدة التي يقدمها التوربين ، تكون قيمة الطاقة المستغلة من التوربين أعظم ما يمكن عندما تصبح سرعة الجريان الهوائي الخارج من التوربين مساوية للصفر و هذه حالة نظرية لا يمكن الوصول إليها عملياً . بالاعتماد على معادلة بيتز Betz التي وضعها عام 1919 فإن قيمة الطاقة المفيدة من الطاقة الكلية للجريان الهوائي لا تتجاوز 59% ويعرف المردود للتوربين الهوائي بعامل الأداء و يرمز له (C_p) و يعرف على أنه الطاقة الفعلية المقدمة من آلة هوائية مقسماً على طاقة الرياح في مكان عمل الآلة الهوائية .



(39 ج)

التوربينات الهوائية الفعلية تحول طاقة الرياح عند مردود أقل من حدود بيتز بسبب وجود المفاقيد الميكانيكية أثناء الدوران . الشكل (40) يوضح قيمة المردود لكل نوع من أنواع التوربينات .



الشكل (40)

10-3 اختبارات التوربين الهوائي في موقع التشغيل :

هناك سببان رئيسيان للاختبار في الموقع : الأول هو جزء من عملية الاختبار وتطوير التصاميم التي تقوم بها الشركات المصنعة عند طرح طراز جديد ، السبب الثاني هو وضع منظومة العمل والأداء المفصلة للتوربين وضمانة هذا الأداء في المستقبل بهدف التسويق التجاري.
لا بد من معرفة المعايير الدولية والهيئات الواضعة لهذه المعايير من أجل القيام بالاختبارات بالشكل الصحيح والدقيق .

- الهيئة الدولية للمواصفات الكهربائية International Electro –technical comission
ويختصر اسمها ب (IEC) حيث طورت هذه الهيئة حزمة من المعايير الخاصة بعمل التوربينات الهوائية مثل المشروع TC88 والذي يدرس منحنيات الأداء والتشغيل ،الانبعاثات الصوتية ، اختبارات الأجنحة ،الأحمال الميكانيكية ، جودة الطاقة المقدمة ،المعيار 61400-12-1998 مختص باختبارات الطاقة والمعيار البريطاني BS أيضاً متوافق ومنسجم مع المعيار السابق.

-الهيئة الأوربية CENELEC هذه الهيئة تعنى بالمواصفات الالكتروميكانيكية و قد وضعت برنامجاً لإدارة التناسق والتوافق بين السلامة و معايير الاختبارات بدعم من الاتحاد الأوروبي وهي تراقب الدقة في تطبيق معايير IEC .

- الوكالة الدولية للطاقة International Energy Agency
و يختصر اسمها ب IEA وهي من أوائل المنظمات والهيئات الدولية التي بدأت بوضع المعايير العملية مع بداية ظهور التوربين الهوائي IEA codes فيما يخص أداء الطاقة ،جودة الطاقة ، الانبعاثات الصوتية .

مشاريع إنشاء المزارع الريحية :

هناك ثلاثة نقاط رئيسية تستند عليها مشاريع المزارع الريحية :
1- الأمور المالية و الفنية .
2- التأثير على البيئة .
3- الحوار و الاستشارات مع السلطات و السكان المحليين.

إن إنشاء مزرعة ريحية يمر عبر عدة مراحل وهي :
1- الاختيار الأولي للموقع .
2- المردود الربحي المتوقع .
3- التخطيط و التحضيرات .
4- مرحلة البناء .
4- التشغيل .

1- الاختيار الأولي للموقع :

يجب ألا تدور التوربينات فوق الطرقات العامة أو السكك الحديدية ، يجب ان تكون أرض الموقع منبسطة و خالية من الأشجار ويمكن نصب التوربينات فوق التلال و الهضاب بحيث تتعرض لمجرى هوائي قوي و غير متقطع . في المناطق الباردة يأخذ تشكل الجليد على الأجنحة بعين الاعتبار فأثناء الدوران يتم قذف الجليد من على الأجنحة مما قد يؤذي الأشخاص أو يسبب أضراراً مادية في هذه الحالة يجب ترك مسافة أمان كافية .

يجب معرفة حركة الرياح بتفاصيلها على مدار العام في الموقع المختار وذلك بالرجوع للجهات الحكومية و من الممكن القيام بقياسات اختبارية في الموقع ، تضاريس الموقع و مدى إمكانية إنشاء القواعد الاسمنتية ، من المهم للموقع وجود الطريق المناسب أو إمكانية بناء طريق جديد بكلفة منخفضة و ذلك لنقل أجزاء التوربينات إلى أماكن التركيب، و يجب دراسة الشبكة الكهربائية الأقرب للموقع و معرفة الاستطاعة الكهربائية القصوى التي ممكن أن تستلمها الشبكة الكهربائية من المزرعة الريحية و الوصلات الكهربائية الواجب تركيبها : محولات ،كوابل أرضية ، خطوط هوائية و تكلفتها الإجمالية .
يراعى أيضاً عدم وجود أي مشاريع ستقام في الموقع و الأهم أن التوربينات لن يكون لها أي تأثير مزعج على السكان القريبين من الموقع .
يجب أيضاً التأكد من أن الموقع ليس أثرياً و لا يحتوي على معالم تاريخية ولا يستقطب السياح .
يأخذ بعين الاعتبار شبكات الاتصالات الموجودة .

2- المردود الربحي المتوقع :

بعد اختيار الموقع لابد من دراسة العائد الاقتصادي و الذي يعتمد بشكل رئيسي على معرفة سرعة الرياح على مدار العام في ذلك الموقع لابد من تقدير أو التنبؤ بسرعة الريح لمدة زمنية مقدارها عشرون سنة، وهنا التقديرات والتنبؤات الأولية لا يمكن الاعتماد عليها بل يجب اللجوء إلى وسائل تقنية متطورة لإجراء القياسات و الاختبارات و هذا يتطلب وجود مركز للأرصاد الجوية في الموقع .
يتم قياس سرعة الرياح في عدة مناطق متفرقة من الموقع بعد ذلك تقارن هذه القياسات مع السجلات الموجودة في مركز الأرصاد (سرعة الرياح على مدار العام) ، يجب أن تجرى القياسات في الموقع خلال مدة زمنية قدرها ستة أشهر على الأقل .

3- التخطيط والتحضيرات :

يجب إعداد **الورقة البيئية** للمشروع و هذا يتطلب عملاً دؤوباً من عدة خبراء في مجال البيئة وصرف الوقت مما يعني التكلفة الاقتصادية.
النقاط الرئيسية التي تتضمنها ورقة البيئة :
- المواصفات الفيزيائية للتوربين الهوائي ومتطلبات التشغيل اللازمة في الموقع .
- معرفة ودراسة الخصائص البيئية للموقع و المناطق المجاورة .
- التنبؤ بالأثر البيئي للمزرعة الريحية ضمن دراسة تقييم الأثر البيئي.
- التدابير المتخذة للحد من الآثار السلبية على البيئة .
- وصف الحاجة لإقامة المشروع و النفع المتوقع و ذلك لاتخاذ القرار من قبل السلطات و العموم .
- سلامة الأشخاص القاطنين في الموقع وحوله .
- عدم التشويش على الاتصالات .
- عدم التأثير على حركة الملاحة الجوية .
- الحفاظ على المظهر الجمالي للموقع قدر الإمكان أو تجنب التلوث البصري .

4- البناء و الإنشاء :

بعد الانتهاء من الأمور المالية و اعتماد المقاولين المنفذين للمشروع تبدأ مرحلة التصنيع و الإنشاء ويجب هنا على المقاول أن يتأكد من توفر الطرق اللازمة لنقل التوربينات ووجود مساحات غير مشغولة ضمن الموقع لإنشاء المستودعات و لنصب الرافعات اللازمة للمشروع.
الأجزاء التالية يتم شحنها للموقع :
- الأساسات الاسمنية .
- 3 أو 4 قطع من البرج الحامل .
- التجهيزات الكهربائية الأرضية : المحولة – لوحة التوزيع – الكوابل الكهربائية .
- نظام التحكم SCADA

- حجرة الميغانيزم مجمعة مع كامل محتوياتها .
- الأجنحة مع قاعدة الارتكاز الثلاثية و الدائر .

5- التشغيل :
بشكل عام التوربين الهوائي يعمل بشكل آلي ولا يحتاج لمشغلين في الموقع حيث تتم عملية التشغيل والتحكم و المراقبة بواسطة نظام تحكم لا سلكي يسمى SCADA و هو يعمل مع شبكة الانترنت أيضاً.
و يقوم نظام التحكم بتسجيل تقارير فنية عن الطاقة الكهربائية المنتجة و الأعطال التي وقعت و حالات التوقف الطارئة والعادية .
عادة تكون فترة ضمان للتوربين بحدود خمس سنوات من تاريخ استلام البضاعة / مكونات التوربين بعض المنتجين رفع سنوات الضمان إلى عشر سنوات .

6-الصيانة الدورية :
يحتاج التوربين الهوائي لصيانة وقائية مرتين في السنة ، إن عملية الصيانة المخطط لها مسبقاً تتطلب من 2 إلى 3 أيام و اثنين من المهندسين ، عملية الصيانة تشمل الفحص و الاختبار لنظام التحكم ونظام الحماية ، استبدال بعض القطع المعطوبة ، التزييت أو التشحيم لعلبة السرعة و الرولمانات المتوزعة في كل أجزاء الميغانيزم ، استبدال فلتر الزيت ، تنظيف الأجنحة .

3-11سلبيات استخدام التوربينات الهوائية :
عند التخطيط لإنشاء مزرعة ريحية أو حتى نصب توربين واحد فقط يجب أخذ الأمور التالية بعين الاعتبار :
1-**الطيور :** يجب الابتعاد عن الأماكن التي تعتبر مناطق تكاثر او مستعمرات للطيور حيث تكثر أسراب الطيور حيث اصطدام الطيور بجناح التوربين سيتسبب بمقتل الطائر و ربما إلحاق أذى بالتوربين .

2- **الأسماك :** بالنسبة للتوربينات المنصوبة على سواحل البحار ضمن المياه فإن القواعد الاسمنتية الضخمة لهذه التوربينات ستخرب من قاع البحر وبالتحديد الغطاء النباتي الذي هو مصدر غذاء لكثير من الأسماك و هذا يعني اختفاء أنواع من الأحياء البحرية و الإخلال بالتوازن البيئي في تلك المنطقة ، كذلك لن يسمح لسفن الصيد الكبيرة من الاقتراب من التوربينات العملاقة اي أن المنطقة هي منطقة حظر للصيد .

3- **الضجيج** : بشكل عام التوربين الهوائي يصدر ضجيجاً ، المحور الدائر له صوت خاص كذلك علبة السرعة (علبة المسننات) و المولدة الكهربائية لها ضجيج . لذلك يمكن تخفيف مستوى الضجيج بتصميم عزل صوتي للمولدة وعلبة السرعة ،كذلك لا بد من تأمين مسافة كافية بين موقع التوربينات و المناطق السكنية .

4- **الظل** : أجنحة التوربين المتحركة ستترك ظلاً متحركاً على الأرض و هو أمر مزعج إذا سقط هذا الظل على نوافذ البيوت السكنية أو الحدائق المنزلية ، لذلك عند اختيار الموقع يجب توجيه التوربين بحيث لا يلقي ظله على البيوت السكنية .

5- **المظهر في الطبيعة** : عند اختيار موقع نصب التوربينات يجب الأخذ بعين الاعتبار عدم تشويه المنظر الطبيعي قدر الإمكان ، مثلاً في حال وجود مجرى مائي نهر عندها يمكن نصب التوربينات

بشكل أنيق على طول النهر .و في سواحل البحر يجب نصبها بحيث لا تحجب منظر الشاطىء و لا البحر بالنسبة للموجودين على الشاطىء و السفن في البحر ، أيضاً مظهر التوربين يلعب دوراً مهماً فالتوربينات ذات المحور الدوار الكبير تكون حركتها أبطأ نسبياً و بالتالي أقل ضجيجاً .

6- **التشويش على الاتصالات**:

التوربين الهوائي واثناء عمله يسبب تشويشاً أو تداخلاً مع الأمواج الكهرومغناطيسية و التي هي أساس الاتصالات ، التوربين يؤثر على أمواج الراديو عالية التردد أو الأمواج القصيرة (VHF 30 -300MHz) وعلى أمواج البث التلفزيوني (UHF 300 MHz -3 GHz) و على الأمواج الميكروية (1-30 GHz) . و تأثيرها على رادارات الطرق موجود لكن لا يزال قيد الدراسة .

12-3المزرعة الريحية ضمن منظومة الشبكة الكهربائية :

قبل وصل التوربين مع الشبكة الكهربائية لا بد من إجراء دراسة مفصلة للتأثيرات التي سيسببها وصل التوربين مع الشبكة و على أساسه يتم منح أو عدم منح الإذن بعملية الوصل من قبل مشغلي الشبكة الكهربائية .

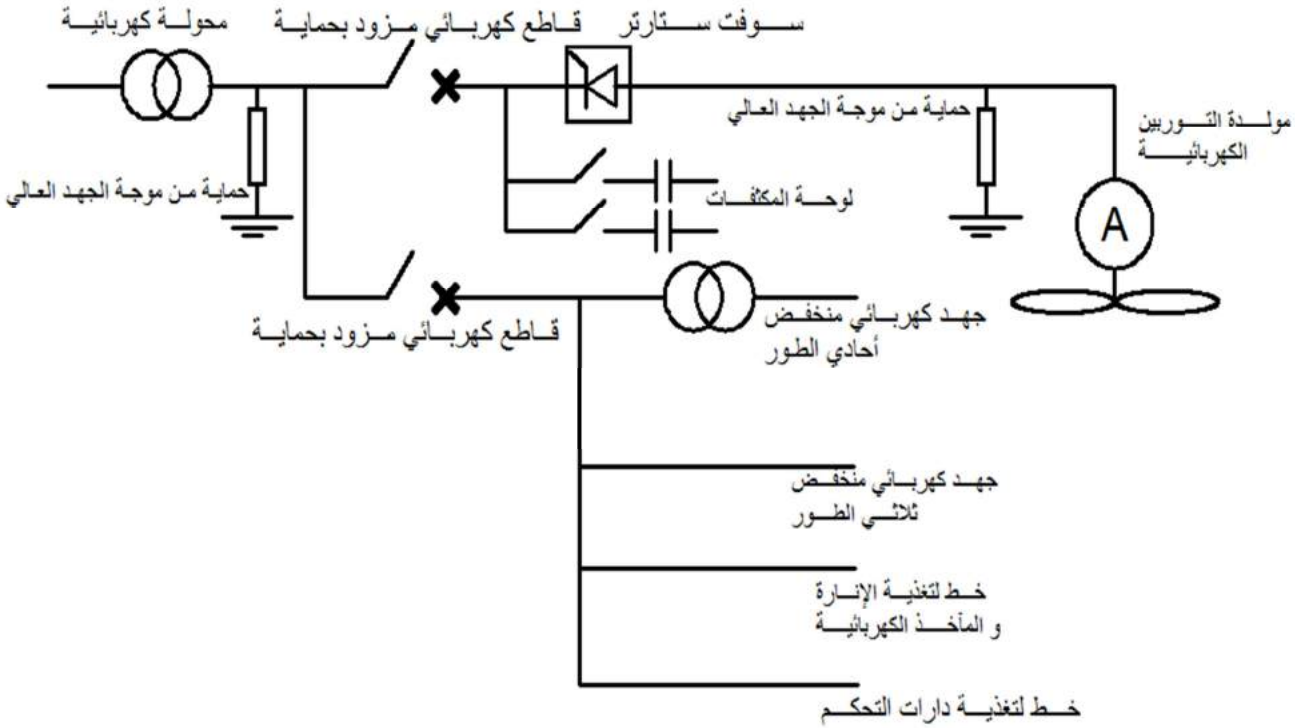
يجب ألا يؤثر وصل التوربين بأي شكل على جودة الطاقة الكهربائية power quality المقدمة من قبل الشبكة للمستهلكين مثل : تشوه في شكل الموجة الكهربائية ، انخفاض بطيء في قيمة الجهد الكهربائي ، تغير في قيمة التردد ، ظهور هارمونيات ، الخلل في توازن الأطوار الكهربائية الثلاث الزيادة في قيمة الاستطاعة الردية ، ارتفاع معدل حدوث الأعطال في الشبكة .

لإنجاز الدراسة السابقة لابد من استخدام برامج حاسوب متطورة مختصة بدراسة جريان الحمولة الكهربائية power flow .

استخدام التوربينات ذات مولدات بسرعة ثابتة يمنع من ظهور هارمونيات التشويش .

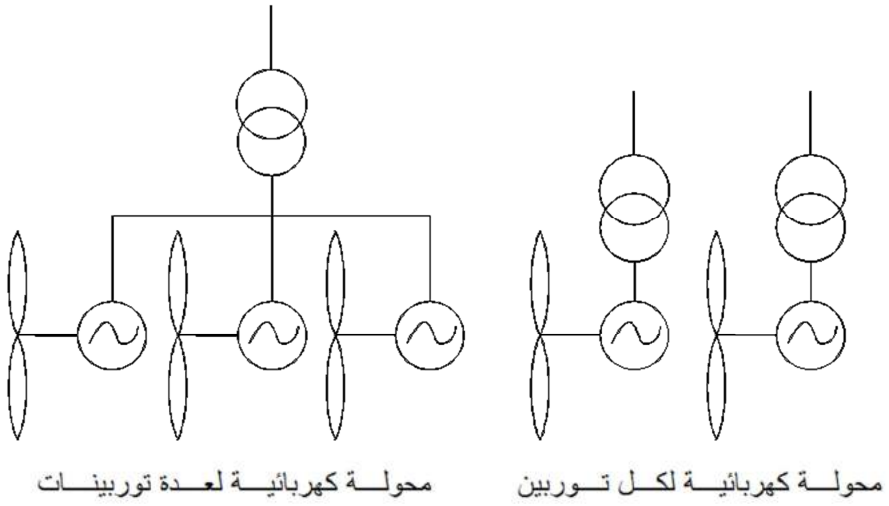
من جهة أخرى يمكن للشبكة الكهربائية ان تؤثر بشكل سلبي على أداء التوربين فالأطوار الكهربائية غير المتوازنة ستؤثر سلباً على عمل المولدة التحريضية و ستقلل من قيمة العزم الناتج كذلك ستؤثر سلباً على جهاز الكترونيات القدرة المستخدم (انفيرتر ، سوفت ستارتر) حيث ستحرضه لحقن هارمونيات مشوشة ضمن الشبكة . إن أجهزة الحماية ضمن التوربين تتحسس قيمة التيارات الكهربائية غير المتوازنة و عند الوصول لقيمة معينة تقوم بإيقاف التوربين عن العمل shut-down .

الشكل (41) يوضح مخطط الشبكة الكهربائية لتوربين هوائي مزود بمولدة كهربائية ثابتة السرعة الطاقة الكهربائية تصدر المولدة الكهربائية و يتم نقلها عبر كوابل معلقة لتصل إلى جهاز يسمى سوفت ستارتر ووظيفته تنظيم التيار الكهربائي للمولدة أثناء تغذيتها بتيار التهييج الكهربائي ويتم وصل و فصل جهاز السوفت ستارتر بواسطة كونتاكتور ، تنتقل الطاقة الكهربائية إلى القاطع الكهربائي و هو مزود بوظيفة الحماية الحرارية من زيادة تيار الحمل و حماية مغناطيسية ضد تيار القصر ، يتم وصل لوحة تحسين عامل الاستطاعة على التفرع و تتكون من مجموعة من المكثفات مربوطة بشكل مجموعات جزئية يتم إدخالها إلى الدارة الرئيسية أو إخراجها آلياً بواسطة كونتكتورات تتلقى إشارات الفصل و الوصل من عنصر تحكم الكتروني يقرأ قيمة الاستطاعة الردية REACTIVE POWER في المولدة و يعمل على تخفيض قيمتها بوصل مجموعات المكثفات ،يتم وصل عناصر الحماية من موجة الجهد الكهربائية الزائدة SURGE DIVERTERS عند مخرج المولدة مباشرة وقبل المحولة الكهربائية لتأمين الحماية بشكل كامل من خطر زيادة الجهد الكهربائي العابر،يتم أيضاً تأمين التغذية الكهربائية للدارات المساعدة ضمن منظومة التوربين حيث يتم تأمين جهد كهربائي منخفض أحادي الطور بواسطة محول كهربائي صغير و جهد كهربائي ثلاثي الطور بالإضافي لخطوط تغذية أجهزة الإنارة و مآخذ الجهد الكهربائي . غالباً ما يتم تغذية دارات التحكم والإنذار و الحماية بواسطة تيار مستمر.



الشكل(41)

إن قيمة الجهد الكهربائي من مخرج المولدة إلى قاعدة البرج الحامل تختار أقل من 1000 فولت و حسب المعايير الأوربية المتداولة هي بحدود 690 فولت (توتر خط line voltage) اي الجهد الكهربائي المقاس بين طورين كهربائيين (خطي فاز للمولدة two phases) .
خطوط الأطوار الثلاثة (الفازات الثلاثة) يرمز لها برموز عالمية (L1 ,L 2 , L3) أو (R,S,T) أو (U,V,W) أو (R,Y,B) و الرمز الأخير هو نظام ألوان عالمي : أزرق ، أصفر ، أحمر ، أما خط الحيادي (خط النتر Natural) فيرمز له بالحرف (N) وغالباً ما يكون لون السلك أسوداً .
التوتر الكهربائي 690 فولت هو توتر قليل نسبياً بالنسبة لمولدة ذات استطاعة عالية وهذا يعني ارتفاع قيمة التيار الكهربائي الذي تنتجه المولدة فعلى سبيل المثال مولدة توربين باستطاعة 600 كيلو واط و التوتر الكهربائي على مخرجها هو 690 فولت تكون قيمة التيار الكهربائي هي فوق 500 أمبير .
أسباب أخرى لاعتماد الجهد الكهربائي أقل من 1000 فولت هي السلامة المهنية أو سلامة العنصر البشري من أخطار الصدمة الكهربائية .
إن استخدام الجهد الكهربائي المنخفض يتطلب استخدام محولة كهربائية عند الوصل مع الشبكة الكهربائية العامة، بالنسبة للتوربينات ذات الاستطاعات الصغيرة يمكن وصل عدة توربينات (عدة مولدات) لمحولة كهربائية واحدة و هذا الأسلوب مفيد من حيث خفض التكلفة و هو أسلوب قديم تم استخدامه مع بدايات نشوء المزارع الريحية عندما كانت استطاعة التوربينات لا تزال ضمن نطاق صغير أما بالنسبة للتوربينات الحديثة ذات الاستطاعات العالية فلابد من وجود محولة كهربائية لكل توربين كما يوضح ذلك الشكل (42) .



الشكل(42)

بالنسبة لمزرعة ريحية محدودة مرتبطة بأحمال كهربائية صغيرة و قريبة منها يمكن الاعتماد على الجهد المنخفض ، اما عند الربط مع الشبكة الكهربائية العامة فلابد هنا من استخدام الجهد المتوسط ولذلك لمراعاة هبوط الجهد الكهربائي على طول الكبل الكهربائي المغذي، على سبيل المثال في بريطانيا الجهد المتوسط المستخدم هو 11 أو 33 كيلو فولت و في بلدان أوربية أخرى تستخدم الجهود 10 ، 15 ، 20 كيلو فولت . أحياناً يتم استتبدال الكوابل الأرضية بخطوط نقل هوائية للتقليل من التكلفة و الضياعات و هذا الأسلوب متبع في الولايات المتحدة الأميركية والهند .

التأريض الكهربائي للمزرعة الريحية :

إن تنفيذ شبكة تأريض مناسبة للمزرعة الريحية يجب أن تحقق الأهداف التالية :
1- التقليل ما أمكن من خطر الصعقة الكهربائية على الأشخاص و الحيوانات في تلك المنطقة .
2- ضمان عمل عناصر الحماية الكهربائية ضد تيار العطل الأرضي بتأمين مسار سهل للتيار الكهربائي إلى داخل الأرض .
3- تعزيز عمل منظومة الحماية من الصواعق و كذلك تقليل تأثير التوتر الكهربائي الكامن في أجزاء و عناصر الشبكة وتفريغ كل الشحنات الكهربائية المتجمعة إلى الأرض .

بالنسبة لعملية التأريض الكهربائي للمزرعة الريحية هناك عدة نقاط يجب أخذها بالحسبان : امتداد المزرعة لمسافات طويلة – غالباً ما يتم نصب التوربينات على الجبال والقمم حيث المقاومة الكهربائية للأرض الصخرية مرتفعة - الارتفاعات الكبيرة لحوامل التوربينات الحديثة و ضخامة الأجنحة تجعلها عرضة لضربات الصواعق .
تكون عملية التأريض بمد ناقل نحاسي عار (مرس نحاس) مع كوابل الكهرباء ضمن نفس المجاري أو القنوات مع غرس وتد تأريض أو أكثر إن لزم الأمر على عمق واحد متر تقريباً حول قاعدة كل برج حامل للتوربين مع وصله لحديد التسليح لأساسات التوربين ثم وصل كل الأجزاء المعدنية للتوربين مع الأوتاد و التي بدورها تتصل مع الناقل النحاسي الممدود . كذلك يجب وصل المحولة الكهربائية و لوحتها الكهربائية .

الحماية من خطر الصواعق :

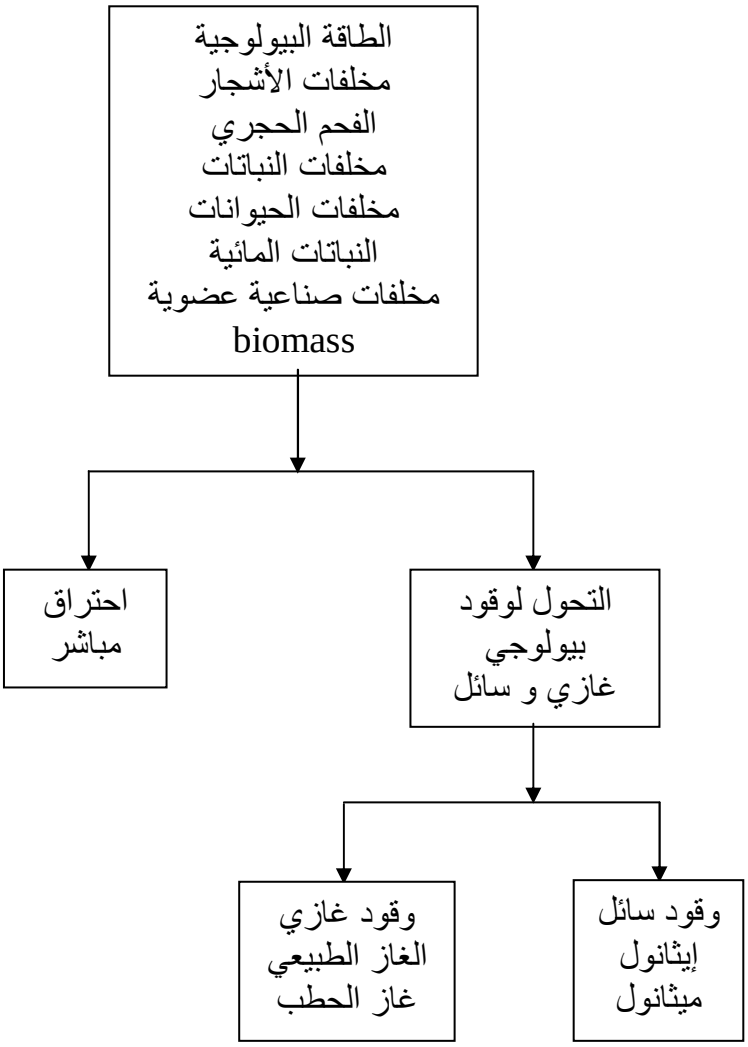
مع بدايات تطور المزارع الريحية ساد مفهوم خاطىء و هو أن الصاعقة لن تضرب جناح التوربين المصنوع من مواد غير ناقلة للكهرباء مثل الفيبر غلاس ، الإيبوكسي مع الخشب ..... غير أن التجارب العملية في مواقع التركيب أثبتت ان الصواعق تلحق أضراراً كبيرة بالأجنحة و بالطبع إذا كانت مادة الكاربون فيبر مستخدمة كمادة حشو وتقوية في الجناح والتي هي مادة ناقلة للكهرباء عندها يجب مضاعفة الاحتياطات الخاصة بالحماية من الصواعق ،أما الأسلوب المتبع لحماية الأجنحة من ضربات الصاعقة هو وضع سلك فولاذي داخل الجناح بارز النهاية أو على كامل حواف الجناح و يدعى بالمستقبل أو المتلقي receptor أو يمكن وضع شبك معدني فولاذي ليقوم بنفس الوظيفة حيث يلتقط الشرارة الكهربائية و ينقلها إلى الناقل المستخدم في منظومة الحماية من الصواعق ثم التفريغ في الأرض ،إن الخطر الأكبر يحدث عندما يتسبب التيار الكهربائي الناجم عن شرارة الصاعقة بحوث قوس كهربائي ضمن جسم الجناح و الذي بدوره يتسبب بحدوث تشققات كبيرة في جسم الجناح و أحياناً تفجير الجناح بأكمله .

الفصل الرابع

الطاقة البيولوجية
Bioenergy

مقدمة :
هي أقدم أنواع الطاقات التي عرفها واستغلها الإنسان و تمثلت بدايتها عندما عرف الإنسان الاستفادة من النار بحرق الأخشاب وباقي مخلفات الأشجار و النباتات لأغراض طهي الطعام و التدفئة و من ثم تشكيل المعادن كأدوات الصيد و الزراعة ، حتى يومنا هذا لا تزال مخلفات الأشجار مصدر وقود لكثير من الناس حول العالم هذا الشكل من استغلال المصادر العضوية الطبيعية قد تطور ليشمل الاستفادة من مخلفات المحاصيل الزراعية و المخلفات العضوية الصناعية .
إن استخدام الطاقة البيولوجية أو الطاقة الحيوية من شأنه أن يقلل من تأثير الانبعاثات الغازية الضارة بالغلاف الجوي ، الوقود الحيوي يصدر كمية من غاز ثاني أوكسيد الكربون تساوي نفس الكمية التي يصدرها الوقود التقليدي لكن ... كل نبات ينمو يمتص كمية من غاز ثاني أوكسيد الكربون أي دورة نمو كل نبات يقابلها إزالة جزء من غاز ثاني أوكسيد الكربون من الغلاف الجوي .
أي أن عملية زرع النباتات المختلفة ثم الاستفادة منها كوقود بيولوجي سيكون لها آثار تراكمية إيجابية تجعل من قيمة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي مساوية للصفر وهي من أفضل الخطوات العملية لمكافحة تلوث الهواء .
و للحصول على نتائج سريعة يتم اختيار أنواع من النباتات سريعة النمو و يستفاد منها أيضاً كمنتج زراعي سريع النمو يطلق على هذا النوع من المحاصيل feedstock.

4-1-1الوقود البيولوجي (الحيوي) :
يستحصل على الوقود البيولوجي من تحويل المخلفات العضوية المختلفة إلى وقود سائل ، خلافاً لمصادر باقي الطاقات المتجددة يمكن تحويل المخلفات العضوية لوقود سائل مباشرة يستفاد منه في وسائل النقل المختلفة ، النوعين الأكثر شيوعاً للوقود السائل البيولوجي هما :الإيثانول ethanol و الديزل الحيوي biodiesel .
الإيثانول هو نفسه مادة الكحول التي تتواجد في البيرة و النبيذ و يتم تحضيرها بعملية التخمر المعروفة ، يستخدم الميثانول كوقود إضافي لمنع انبعاث غاز الكربون و الغازات السامة الأخرى من عوادم وسائط النقل ، وسائل النقل الحديثة تعمل على وقود هو خليط من الغازولين و الميثانول ونسبة الميثانول قد تصل إلى 85%.
الديزل الحيوي يتم تحضيره بمزج الميثانول مع زيوت نباتية أو دهون حيوانية أو شحوم طهي مكررة حيث يستطيع الديزل الحيوي تخفيض الانبعاثات بنسبة 20 % مقارنة مع وقود الديزل العادي



4-1-2مخزون الطاقة في الوقود الحيوي :

كما ذكر سابقاً للوقود الحيوي مصادر مختلفة (أخشاب ،محاصيل زراعية ، مخلفات الحيوانات) التركيبة الكيميائية لكل منها تختلف عن الأخرى وهذا يعني تفاوت في مقادير الطاقة المختزنة في كل نوع من الوقود حسب مصدره ، لذلك عند اختيار وقود حيوي لتطبيق معين يجب معرفة المصدر الذي نشأ منه هذا الوقود، تتم عملية قياس الطاقة المختزنة في وقود ما بقياس كمية الحريرات ضمن هذا الوقود أي قياس كمية الحرارة ضمن الوقود، أي واحدة الطاقة الحرارية الختزنة ضمن واحدة الوزن . سيتم قياس كمية الحرارة بالجول joule ويرمز له J أو أحد مضاعفاته كيلوجول KJ ميغا جولMJ محتوى الوقود الحيوي من الأوكسجين ،الكربون ،الرطوبة ،الرماد تختلف حسب طبيعة وتركيبة الوقود ، وجود الكربون ضمن الوقود هو المصدر الرئيس للحرارة بينما الرطوبة والرماد لا تسهمان بتوليد أية حرارة على العكس المحتوى العالي من الرطوبة أو الرماد مؤشر على انخفاض نسبة الطاقة الحرارية في الوقود .

إذاً هناك ثلاثة عوامل تحدد مستوى الطاقة في الوقود عامل إيجابي هو الكربون وعاملان سلبيان هما الرطوبة والرماد .

مصدر الوقود	نسبة الرماد %	محتوى الوقود من الطاقة MJ/kg	
		نسبة رطوبة 0%	نسبة رطوبة 13%
الأخشاب	1	18.7	16
بقايا محاصيل	5 10 20	16.5 15.8 14.1	14.2 13.5 11.9
روث حيواني	20 25	17 16	14.5 13.6

3-1-4 توليد الطاقة الكهربائية من الوقود الحيوي :

الأنظمة الرئيسية لتوليد الطاقة الكهربائية من الوقود الحيوي هي :

- الإحراق المباشر direct-fired
- الإحراق المركب cofiring
- النظام الغازي gasification
- نظام الامتصاص الهوائي aerobic digestion

معظم مشاريع توليد الطاقة الكهربائية من وقود حيوي تعتمد على النظام الأول direct-fired حيث يتم إحراق المخلفات العضوية مباشرة لتوليد البخار المستخدم لتدوير العنفة الكهربائية ، في بعض التطبيقات يستفاد من البخار مباشرة لأغراض التدفئة أو أغراض صناعية أخرى و تعرف ب الحرارة المركبة combined heat ، في مصانع الورق يتم استخدام مخلفات الأخشاب لإنتاج الكهرباء و البخار بنفس الوقت .

في النظام الغازي يتم استخدام وسط شره للأوكسجين بدرجة حرارة عالية لتحويل المخلفات العضوية إلى غاز (مزيج من الهيدروجين ، أول أوكسيد الكربون ، الميتان) من ثم يتم فصل غاز الميتان ليتم استخدامه كوقود غازي حيوي، في الأراضي الغنية بالغازات العضوية يمكن حفر آبار لإخراج هذه الغازات و نقلها عبر أنابيب إلى محطات الفلترة و التنقية ليتم استخلاص غاز الميتان ومن ثم حرقه .

في نظام الامتصاص الهوائي يتم استخدام بكتريا خاصة لتحليل المركبات العضوية ضمن وسط خال من الأوكسجين ويصدر غازات حيوية مثل الميتان ،ثاني أوكسيد الكربون ،الهيدروجين ، النتروجين ، الأوكسجين .

يتم استخدام غاز الميتان كمصدر للطاقة بطرق متعددة ، يمكن حرقة مباشرة لتوليد البخار وتوليد الكهرباء و هي الطريقة التقليدية كما مر معنا ، و هناك طريقتين حديثتين تعتمدان على التوربينات المصغرة microturbines و على خلايا الوقود fuelcells الأخيرة ستدرس بالتفصيل في الفصول القادمة .

التوربينات المصغرة تستطيع تقديم طاقة كهربائية تتراوح بين 25 إلى 500 كيلو واط و هي بحجم الثلاجة الكهربائية المنزلية يمكن استخدامها و لا سيما في المواقع التي لا تتوفر فيها مساحة كافية.

خلايا الوقود تشبه في آلية عملها المدخرات الرصاصية (البطاريات) لكنها لا تحتاج لأي عملية شحن وتستمر بتوليد الكهرباء طالما أن هناك وقوداً.

بالإضافة للطرق السابقة هناك طريقة التسخين للمخلفات العضوية بغياب الأوكسجين وتسمى Pyrolysis تتحول بعدها المخلفات العضوية لزيت حيوي يسمى pyrolysis oil و هو قابل للاحتراق مثل النفط و هذا النوع من الوقود الحيوي بدأ يأخذ دوره في مشاريع توليد الطاقة الكهربائية

يتم حالياً استخدام وحدات توليد للطاقة الكهربائية بالاعتماد على الوقود الحيوي و تسمى small modulars و هي قادرة على توليد طاقة كهربائية حتى استطاعة 5 ميغاواط و هي عملية للاستخدام في البلدات الريفية و المزارع و بعض أنواع هذه الوحدات يمكن ربطه مع الشبكة الكهربائية الرئيسية

عملية التسييل الغازي :Gasification

يتم توليد الغاز من مصادر وقود صلب كالفحم الحجري أو المخلفات العضوية المختلفة باستخدام عملية كهروحرارية تسمى التسييل الغازي ،تتم هذه العملية تحت درجات حرارة تتراوح بين 500 و 800 درجة مئوية حيث يتم ضغط المخلفات العضوية ضمن حجرة أسطوانية حيث تحصل عملية احتراق داخلي بوجود الأوكسجين أو الهواء ، الغازات ضمن الحجرة الأسطوانية يمكنها التحرك من الأسفل للأعلى وبالعكس، تحت تأثير الحرارة والضغط تتحول الأجسام الصلبة إلى غازات قابلة للاحتراق الداخلي وتمتلك طاقة حرارية.
الغاز الناتج يحتوي بحدود 35% من غاز أول أوكسيد الكربون و65% من النتروجين ويختزن طاقة حرارية حجمية بحدود $4.35\ MJ/m^3$ وهذه القيمة تتأثر بتركيبة المخلفات العضوية ،سرعة الهواء ،قياس حوض التخمر، كمية العضويات المستخدمة، الوقود الغازي الناتج يمكن استخدامه لتحريك المحركات ذات الاشتعال والمردود يكون بحدود 15 إلى 20% من الوقود الصلب إلى محور دوران المحرك .

4-1-4 إنتاج الغاز الحيوي Biogas production

الغاز الحيوي يتكون من الميثان وغاز ثاني أوكسيد الكربون بشكل رئيسي، حيث يحتوي نسبة 60% من الميثان و35% من ثاني أوكسيد الكربون و يحتوى أيضاً نسب صغيرة من الهيدروجين، الآزوت ،الأوكسجين، الأمونيا ،الرطوبة...الخ ،في المناطق الريفية يستفاد من الغاز الحيوي لأغراض الطهي والإنارة غير الكهربائية ويمكن استخدامه لتدوير المحركات وتوليد الطاقة الكهربائية.
إن عملية إنتاج الغاز الحيوي هي عملية غير هوائية وتتم بدون وجود الأوكسجين مع وجود بكتريا لا هوائية ، التفاعل البكتيري مع المواد العضوية من خلال ثلاثة أطوار :
طور التحلل المائي hydrolysis phase ، الطور الحمضي acid phase و طور إنتاج الميثان .
في طور التحلل المائي الجزيئات الكربوهيدرية يتم تحطيمها وتحويلها لجزيئات أصغرثم يتم تحويلها لحموض عضوية بواسطة البكتريا المشكلة للحمض.
في طور إنتاج الميثان تحدث عملية تخمر للحموض بوجود الهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون لتنتج غاز الميثان .

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow 2H_2O + CH_4$$

$$\underset{\text{نواتج الطور الحمضي}}{CH_3CH(OH)COOH} + H_2O + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{حمض الخل}}{CH_3COOH} + \underset{\text{الميثان}}{CH_4}$$

الأطوار الثلاثة المذكورة تحصل على التوازي ضمن وحدة الغاز الحيوي كما يجب ان تتم العمليات الثلاث بكميات متساوية من أجل إنتاج وفير للغاز،درجة القلوية pH ضمن المزيج العضوي الموجود داخل حجرة التخمر يجب أن تتراوح بين 6.8 و 7.2.
عملية تحويل المخلفات العضوية بالتخمر اللاهوائي إلى غاز حيوي تأخذ عدة أسابيع و تكون فترة احتباس الوقود الحيوي داخل أسطوانة التخمر 50 يوماً في حال تم استخدام روث الأبقار.

إنتاج الإيثانول :
الإيثانول هو وقود سائل يمكن استحصاله من المخلفات العضوية الحاوية على :السكر ،النشاء والسيليلوز وذلك باتباع عملية تخمر هوائية ، يحتوي الإيثانول في مكوناته على الكربون ،الهيدروجين والأوكسجين ، ويمكن استخدامه كوقود سائل في وسائط النقل حيث يتم مزجه مع البنزين أو الديزل أو يستخدم بشكل منفرد.
عملية إنتاج الإيثانول من المواد العضوية تحتاج لمعالجة أولية لهذه المواد وتكون البداية بعملية تخمر وتنتهي بعملية تقطير، عملية التخمر لمواد كربوهيدراتية صغيرة الجزيئات مثل السكر تكون سهلة نسبياً لهذا عندما تكون المواد العضوية المستخدمة حاوية على نشاء فالمعالجة الأولية تتطلب عملية تحلل مائي لتحويل جزيئات النشاء كبيرة الحجم إلى جزيئات سكر صغيرة الحجم سهلة التخمر.
المواد العضوية كالسيللوز تكون أصعب من حيث المعالجة من مادة النشاء وحتى يتم تحويلها لجزيئات صغيرة سهلة التخمر تستخدم الحموض والأنزيمات.
مدة عملية التخمر هي بحدود يوم واحد إلى ثلاثة أيام نسبة الإيثانول من أصل المواد الناتجة هي 8 إلى 10%، المرحلة الأخيرة في إنتاج الإيثانول هي التقطير متعدد المراحل وذلك لرفع نسبة تركيز الإيثانول إلى 95%.
في حال الحاجة لمزج الإيثانول مع البنزين أو الديزل عندها يجب أن يكون تلركيزه أعلى من99%

إنتاج الميثانول :
يتم إنتاج الميثانول من المواد السيللوزية (الأخشاب) وتتم العملية على نطاق غير صغير والتقنية المستخدمة لإنتاج الميثانول تختلف تماماً عن تلك المتبعة لإنتاج الإيثانول.
يتم تحويل مواد خام أولية إلى مواد غازية يتم تركيب وتصنيع الميثانول منها.

استخدامات الغاز الحيوي :

الطهي :
الغاز الحيوي له مزايا إيجابية مقارنة مع استخدام الحطب ومخلفات المحاصيل الزراعية : فالغاز الحيوي نظيف ولايترك بقع كربونية على وعاء الطهي ولا الأقمشة، سريع الاشتعال وصحي و لا يصدر دخاناً ضاراً بالعينين والرئتين وله مردود احتراق جيد .

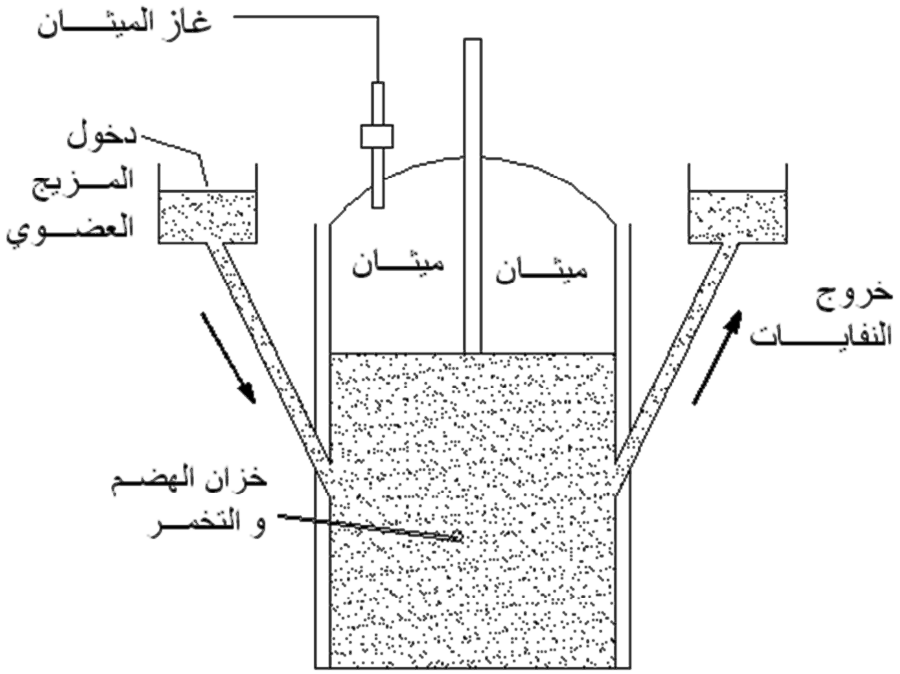
الإنارة :
في حال عدم توفر الكهرباء يمكن استخدام الغاز الحيوي حيث أن الإنارة تستهلك الغاز بنسبة كبيرة ويجب الحرص على بقاء المصباح في حالة احتراق مستمرة، مصباح إنارة واحد من نوع القميص الشبكي المتوهج والذي يعادل استطاعة مصباح كهربائي بسوية إضاءة تساوي 100 شمعة يستهلك كمية من الغاز بحدود 0.11 إلى 0.15 متر مكعب في الساعة الواحدة وهي تعادل استطاعة مصباح كهربائي 40 واط.

إدارة المحركات :
الغاز الحيوي يعتبر وقوداً ممتازاً لكل من محركات البنزين والديزل، محركات البنزين تحتاج لنسبة قليلة من الغاز أما محركات الديزل فهي بحاجة لبعض التعديلات في نظام السحب الهوائي لتصبح قابلة العمل على الغاز الحيوي ، نحتاج فقط لكمية قليلة من الديزل لإشعال المزيج الغازي ضمن المحرك ليعمل بالشكل الطبيعي ،بالنسبة لمحركات الديزل مزدوجة الوقود (تعمل على الديزل والغاز الحيوي معاً) فهي تحتاج بحدود 0.6 إلى 0.7 متر مكعب من الغاز الحيوي لواحد كيلوواط ساعي.

المحركات العاملة على الغاز الحيوي تستخدم كمضخات زراعية أو لتوليد الكهرباء، من أجل توليد واحد كيلوواط ساعي نحتاج ل 0.7 متر مكعب من الغاز الحيوي.

مفاعل الغاز الحيوي Biogas plant

الشكل(43) يوضح مكونات وطريقة العمل لمفاعل الغاز الحيوي



الشكل(43)

يتم مزج المخلفات العضوية والتي هي غالباً روث بقري مع الماء ومن ثم يتم إدخالها إلى خزان أو حجرة التفاعل، حيث يخضع المزيج العضوي لسلسلة من التفاعلات تنتهي بإنتاج الغاز الحيوي والذي يعتبرأساسه الميثان.
بعد إنتاج الميثان جميع المخلفات الناتجة تخرج من الخزان عبر فتحة تصريف خاصة وتتجمع ضمن خزان خاص بها ، هذه المخلفات العضوية تكون غنية بالمغذيات ويستفاد منها كسماد زراعي.
الغاز المتولد يتم حصره ضمن خزان علوي يسمى خزان حجز الغاز Gas holder tank يمثل القسم العلوي من المفاعل الذي يحتوي الميثان ،بناء على أساسات خزان الحجز.

المفاعلات تقسم لصنفين رئيسين :
المفاعل ذو القبة الثابتة Fixed dome plant
المفاعل ذو البالون العائم Floating drum plant

وحدة الهضم Digester : وهي تمثل خزان التخمر ويتم بناؤها تحت الأرض بشكل كامل أو جزئي وهي عادة أسطوانية الشكل وتبنى من القرميد والاسمنت، وهي تحتفظ بالمواد العضوية حتى انتهاء فترة التخمر.
خزان الحجز : بعد انطلاق غاز الميثان من وحدة الهضم يتم جمعه ضمن خزان الحجز من الممكن أن يكون من نوع البالون العائم فيأخذ شكل حاوية لها شكل الطبل يعوم فوق المزيج العضوي الموجود ضمن خزان الهضم أو من نوع القبة الثابتة ، الحاوية العائمة أو البالون تصنع من الفولاذ أو الحديد

بينما تصنع القبة الثابتة من الإسمنت ،في قمة خزان الحجز يتجمع الغاز الحيوي حيث يتم تركيزه في هذا الحيز الفراغي ثم نقله عبر أنبوب خاص إلى الحراق .

مزايا ومساوىء الطاقة الحيوية :

مزايا	مساوىء
متوفرة في كل مكان	الطاقة من المخلفات العضوية ذات تكلفة أعلى من الوقود التقليدي
المخلفات الزراعية والصناعية يمكن الاستفادة منها في توليد الطاقة	هي شكل من أشكال الطاقة قليلة التركيز
مصدر للطاقة لا ينضب في حال التوازن بين الإنتاج والاستهلاك	صدوربعض الانبعاثات الغازية عند حرقها بطريقة غير ملائمة
انبعاثات الكربون والنتروجين والكبريت يمكن تخفيضها باستخدام هذه الطاقة	

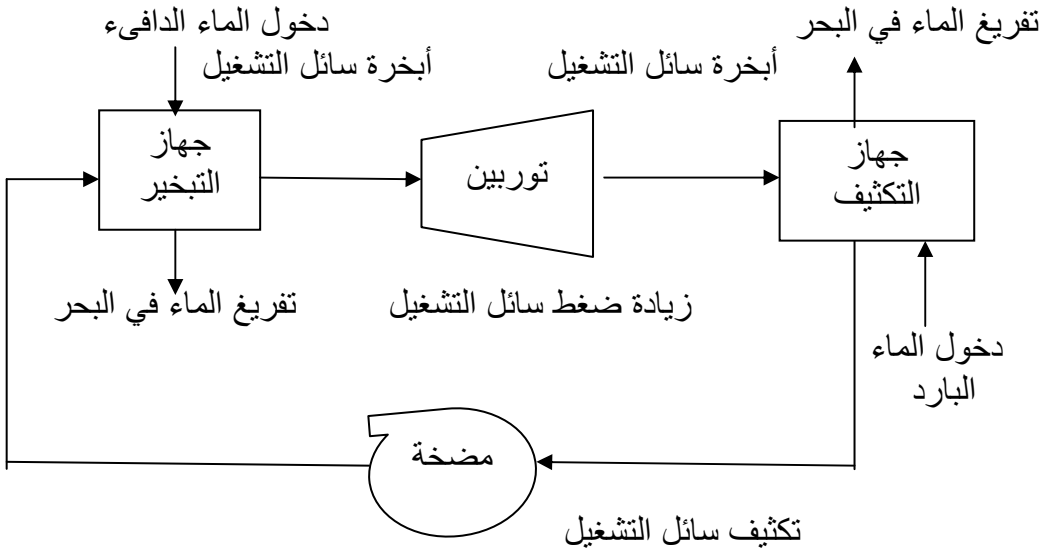
طاقة حرارة المحيط
Ocean Thermal Energy Conversion

مقدمة :
كما نعلم تغطي المياه مساحة قدرها 70% من إجمالي مساحة الكرة الأرضية مما يجعلها أكبر لاقط و مخزن للطاقة الشمسية ، ففي اليوم الوسطي من السنة فإن مساحة قدرها 60 مليون كيلو متر مربع من البحار المدارية تمتص من طاقة الشمس ما يعادل كمية قدرها 250 مليار برميل من النفط .
فلو كان بالإمكان تحويل واحد بالألف من هذه الطاقة الحرارية المختزنة إلى طاقة كهربائية لا ستطعنا تغذية عشرون بلداً بحجم الولايات المتحدة الأميركية بما يكفيها من الطاقة الكهربائية .
إن نظام عمل طاقة حرارة المحيط OTEC system يعتمد على مبدأ فيزيائي و هو أن طبقات مياه المحيط تمتلك درجات حرارة متفاوتة حيث يوجد فرق مقداره 20 درجة مئوية بين الأعماق الباردة والسطح الدافىء ،فمن الممكن لنظام OTEC أن ينتج مقداراً وفيراً من الطاقة الكهربائية حيث يمكن اعتبار المحيط على أنه مخزن ضخم جداً للطاقات المتجددة و يمكنه توليد طاقة تصل لعشرات الآلاف من الميغا واط. لأسباب اقتصادية تأخر استخدام أنظمة OTEC لإنتاج الطاقة الكهربائية لكن هذه الأنظمة تبشر بمستقبل واعد للمجتمعات المتواجدة على الجزر المدارية و التي يعتبر مصدر طاقتها الكهربائية الرئيسية هي النفط المستورد .

4-2-إيجابيات استخدام نظام OTEC :
هذه الإيجابيات تتحدد من خلال الفوائد الاقتصادية التالية :
1- تساعد فب إنتاج كيماويات مثل الهيدروجين ،الأمونيا ،الميثانول .
2- توليد طاقة كهربائية للأحمال الكهربائية الرئيسية .
3- إنتاج الماء المقطر المستخدم في الزراعة والصناعة .
4- دعم أنظمة التكييف المركزي للأبنية بواسطة الماء البارد المسحوب من أعماق البحر
5- توليد حرارة معتدلة للتبريد .
6- توليد طاقة كهربائية بجودة عالية و بتكلفة منخفضة .
7- دعم منظومة الأمن الكهربائي و الاستقلالية في التغذية الكهربائية خاصة لمجتمعات الجزر .
8- الحد من ظاهرة البيت الأخضر (الضارة بالبيئة) الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري .

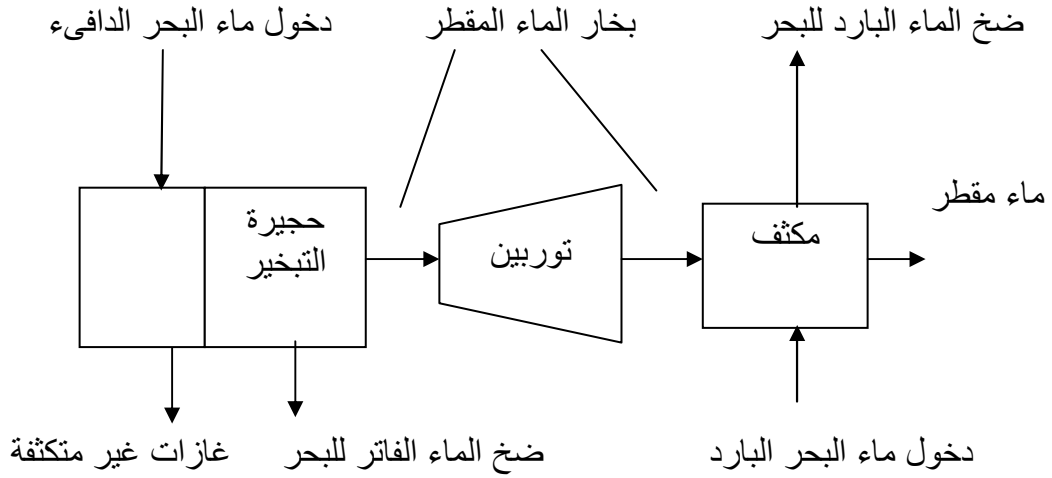
4-2-1إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام OTEC :
هناك نظامين رئيسيين لتوليد الطاقة الكهربائية : نظام الدورة المغلقة و نظام الدورة المفتوحة .
في نظام الدورة المغلقة يتم تمرير بخار مياه المحيط عبرمبادل حراري يحتوي سائل تشغيل مثل الأمونيا ،الأبخرة تتمدد تحت ضغط متوسط و تقوم بتدوير توربين متصل مع مولدة كهربائية ، بعدها يذهب البخار لمبادل حراري آخر يسمى المكثف حيث يتم تكثيفها بالاعتماد على برودة مياه المحيط التي يتم ضخها من الأعماق الباردة خلال أنبوب ماء بارد، سائل التشغيل المتكثف يتم ضخه من جديد إلى مكان التبخير لإعادة العملية من جديد .سائل التشغيل يبقى في مكان مغلق و يتم تدويره باستمرار

.الشكل (44) يوضح هذه الدورة .



----------الشكل(44)----------

في نظام الدورة المفتوحة يكون ماء البحر الدافىء هو سائل التشغيل يتم تبخير الماء بواسطة شرارة كهربائية ضمن حجرة مغلقة لإنتاج بخار الماء عند ضغط مطلق بحدود 2.4 KPa (كيلو باسكال).
بعدها يتمدد البخار من خلال توربين ضغط منخفض متصل بمولدة كهربائية، بخار الماء الخارج من التوربين يتم تكثيفه بواسطة ماء البحر البارد الذي يتم ضخه من الأعماق الباردة من خلال أنبوب ماء بارد .
إذا تم استخدام مكثف ضمن الدورة فإن بخار الماء المتكاثف يبقى مفصولاً عن مياه البحر الباردة و يشكل مورداً من الماء المقطر .
الطاقة الكهربائية المنتجة يمكن توصيلها للشبكة العامة مباشرة أو يتم استخدامها لصناعة الكيماويات مثل الهيدروجين ،الميثانول ، المعادن المكررة ..وغيرها.
الشكل (44 ب) في الأسفل يوضح آلية عمل الدورة المفتوحة .



طاقة جوف الأرض
Geothermal Energy

مقدمة :

طاقة جوف الأرض الحرارية هي مصدر حراري ضخم غير مستغل حتى الآن و هي تعتبر من أهم الطاقات النظيفة ذلك أنها لا تساهم أو تتسبب بحدوث ظاهرة البيت الأخضر المضرة للبيئة.

إن ظاهرة البيت الأخضر GreenHouseEffect باختصار هي ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض مع الطبقات السفلى من الغلاف الجوي و زيادة نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون و سندرسها بالتفصيل في الفصول القادمة .

كذلك فإن طاقة حرارة جوف الأرض ذات وثوقية عالية جداً و من الممكن الاعتماد عليها أكثر بكثير من النفط المستورد ، ومن الاستفادة منها مباشرة على شكل طاقة حرارية أو تحويلها لطاقة كهربائية ، مشاريع توليد الكهرباء من الحرارة الطبيعية قد بدأت في عدة دول من العالم وكانت أول تجربة في إيطاليا عام 1904.

إن مخزون طاقة جوف الأرض تتفاوت بين سطح الأرض الذي يتمتع بحرارة بسيطة نسبياً وبين أعماق الأرض حيث الماء و الحجارة شديدة السخونة وصولاً لطبقة الماغما و هي الحمم السائلة البركانية .

ضمن المنطقة الجيولوجية الواحدة يمكن وجود أكثر من نظام واحد لطاقة جوف الأرض فهناك النظام المائي الحراري و نظام الضغط الجوفي و النظام الحراري الجاف .

ففي النظام المائي الحراري يتم نقل الحرارة من الباطن إلى السطح عن طريق تدوير بخار الماء أو الماء الساخن . هناك مشروع قائم شمال مدينة سان فرانسيسكو الأميركية يولد بضع مئات من الميغا واط بالاعتماد على النظام المائي الحراري لجوف الأرض .

النظام الجاف لا يوجد فيه سائل الماغما و لا مياه ساخنة إنما فقط أحجار ساخنة وهذا النظام يختزن كمية هائلة جداً من الحرارة و تجرى التجارب على هذا النظام حالياً في العاصمة المكسيكية .

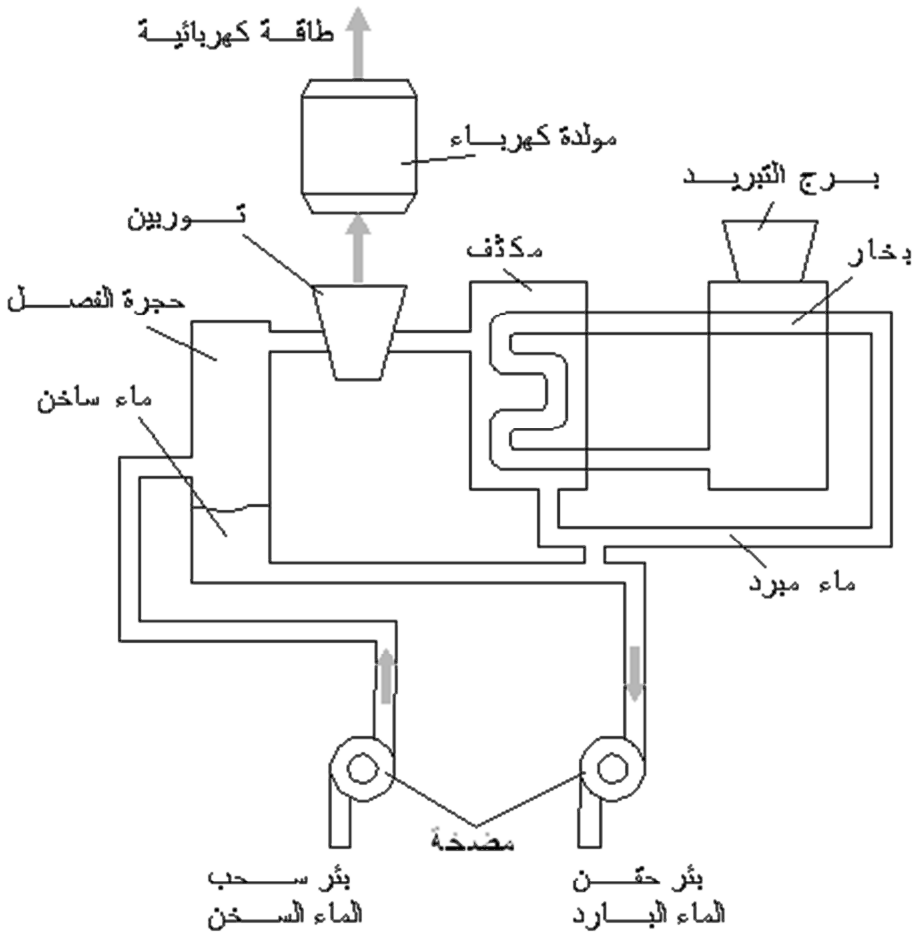
تظام الضغط الجوفي يظهر عند وجود طبقات من الطين أو الطين الآجري تغطي سطح الأرض حيث تلعب هذه الطبقات دور السطح العازل و تمنع الحرارة القادمة من جوف الأرض بالخروج بالإشعاع من سطح الأرض أي تكثيف الحرارة في الأرض .

إن درجة حرارة السائل الساخن في جوف الأرض يجب ألا تقل عن 260 درجة مئوية و هو الوضع النظامي وتوجد منشآت تعمل بدرجة حارة 200 مئوية .

تقريباً في كل مكان الطبقة العليا من سطح الأرض و التي تكون بعمق تقريبي عشرة أقدام تمتلك درجة حرارة ثابتة تتراوح بين 10 إلى 16 درجة مئوية .يمكن إنشاء نظام حراري بدفن أنابيب حرارية على عمق بسيط في التربة قرب الأبنية السكنية وو ضع مشعات حرارية و أنابيب نقل حراري معزولة ضمن المبنى ،ففي الشتاء تنتقل الحرارة من الطبقة الأرضية الدافئة نسبياً إلى داخل البناء و يتم إشعاعها عبر المشعات الحرارية، في الصيف يتم سحب الهواء الساخن عبر المشعات إلى الطبقة الأرضية الباردة نسبياً أو يمكن استخدام هذه الحرارة لتسخين الماء .

على عمق بضعة أميال من سطح الأرض هناك طبقة جيولوجية من الصخور الساخنة جداً و الجافة و التي تكون على تماس مع طبقة الماغما الملتهبة ،يتم تطوير التقنيات الخاصة بالحفريات للوصول لهذه الطبقة من الصخور و بناء بئر لحقن الماء البارد ضمن الصخور الساخنة ليتم تدويره و تسخينه و بئر آخر لسحب الماء الساخن .

الشكل (45) يوضح هذا المفهوم.



----------الشكل (45)----------

طاقة المد و الجزر
Tidal Energy

مقدمة :

تظهر حركة المد و الجزر على شواطىء البحار و المحيطات بمعدل مرتين يومياُ و هذه الظاهرة ناتجة عن تأثير الجاذبية للشمس والقمر ،بشكل عام الفارق في مستوى الماء بين المد و الجزر هو بحدود 0,5 متر ،المناطق الساحلية التي تمتلك خلجان ضيقة تكون فيها الفروقات في مستوى الماء أعلى ، على سبيل المثال خليج فاندي Fundy Bay في ولاية Nova Scotia الكندية يمتلك أعلى مد بحري في العالم حيث يصل الفرق بين المد و الجزر إلى 16 مترلهذا السبب عند بناء سد عبر الخليج فمن الممكن الاستفادة من حركة المد و الجزر لتوليد الكهرباء.

مبدأ توليد الطاقة الكهربائية من حركة المد و الجزر :

عند حدوث حركة المد و تقدم المياه باتجاه اليابسة يتم فتح البوابات المائية للسد مما يسمح بازدياد منسوب المياه في جانب السد المطل على اليابسة ، عند حصول حركة الجزر و تراجع الماء عن اليابسة يتم إغلاق بوابات السد كلها مما يجبر المياه المتراجعة على التدفق على مساقط السد (مثل الشلالات) حيث يتم وضع توربينات مناسبة تدور بفعل الماء المنحدر من السد أي توليد طاقة كهربائية .

الصعوبات التي تواجه هذا النوع من مشاريع الطاقة هو التكلفة العالية لإنشاء محطات التحويل الكهربائية على الشاطىء بإضافة لصعوبات متعلقة بالبيئة كصعوبة امتلاك المساحات حيث تصب الأنهار في البحر(مصبات الأنهار)حيث أن اختلاط ماء النهر العذب مع ماء البحر المالح ينتج عنه وسط طبيعي غني جداً بالمغذيات التي تقتات عليها المخلوقات البحرية أي يدعم ازدياد الثروة السمكية إن مصبات الأنهار عى البحار هي من أهم مقومات الحياة الطبيعية المائية .إن بناء السدود مقابل مصبات الأنهار يهدد أنواعاً كثيرة من الأسمال بالانقراض حيث أن كثيراً من أنواع الأسماك تسبح من مياه البحر باتجاه مياه النهر عكس التيار لتصل لمكان وضع البيوض أثناء موسم التكاثر .

للاستفادة بالشكل الأمثل من طاقة المد والجزر يجب اختيار موقع بناء السد بعناية فائقة بحيث لا يلحق أية أضرار بالحياة البحرية في موقع التشييد .

سلبيات طاقة المد و الجزر:

لم تعتمد من حيث المردود الاقتصادي بعد ، صعوبات في نقل الطاقة الكهربائية من مناطق التوليد ، عدم وجود تقنيات متطورة بعد .

إيجابات طاقة المد و الجزر :

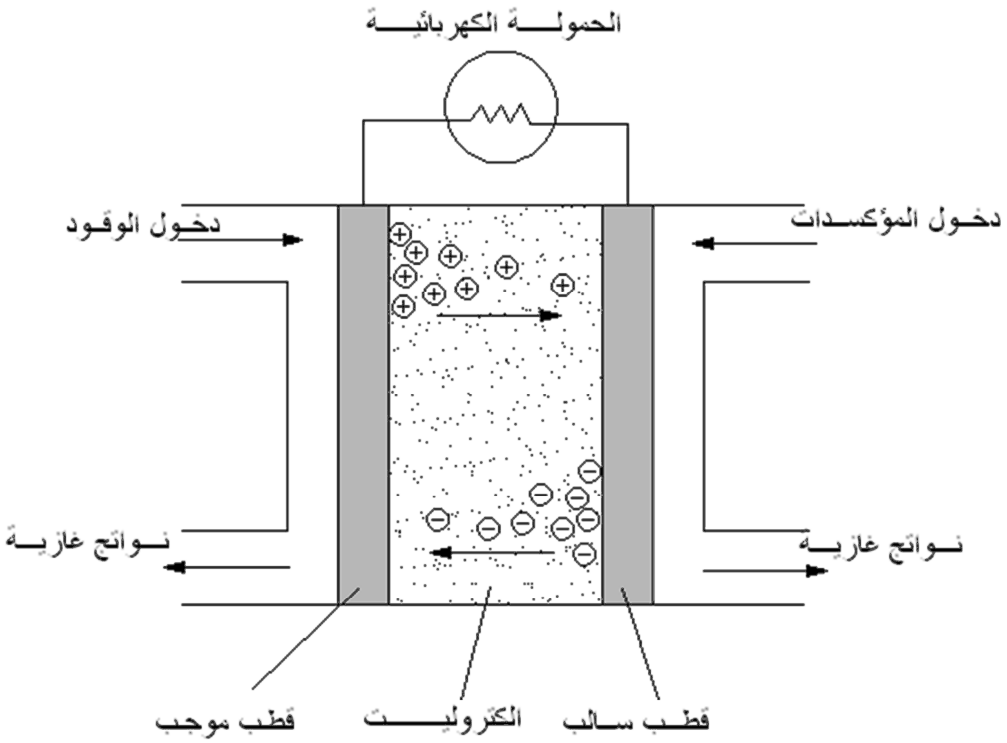
طاقة متجددة ، لاتصدر تلوثاُ يبئياً ، تعمل على مدار ساعات اليوم و أيام السنة دون توقف ، ساعات ذروة الانتاج للطاقة الكهربائية تتزامن مع زمن الطلب الأعظمي للطاقة (أي ساعة استهلاك الذروة من الطاقة الكهربائية) .

خلايا الوقود Fuel Cell

تكمن أهمية دراسة خلايا الوقود في الدور الكبير المتوقع لها في المستقبل كمصدر للكهرباء بنسب منخفضة من التلوث البيئي ، حيث تتم الدراسات والأبحاث لاستخدامها في مشاريع توليد الطاقة الكهربائية وتطوير صناعة وسائط النقل ولا سيما السيارة الكهربائية التي ستخدم فيها الهيدروجين أو الميثانول أو الغازولين.

ماهي خلية الوقود ؟؟

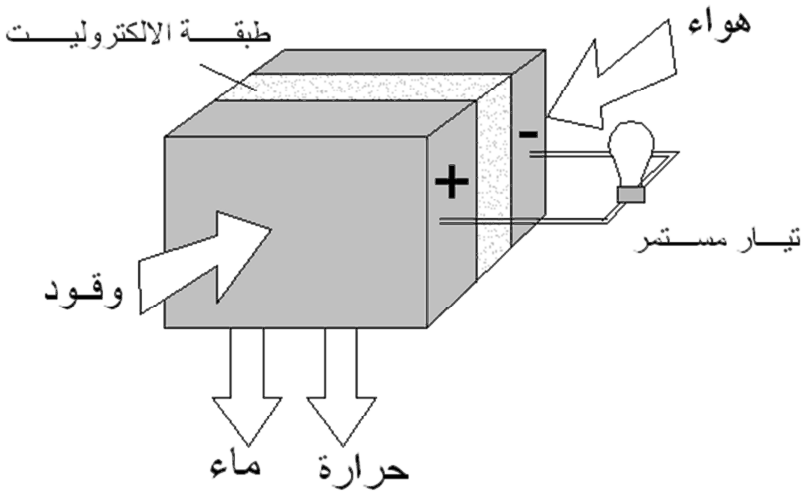
هي جهاز كهروكيماوي يحول الطاقة الكيميائية مباشرة إلى طاقة كهربائية ، تتكون خلية الوقود من محلول كهرليتي (الكتروليت) على تماس مع قطبين كهربائيين هما المصعد والمهبط على كل جانب الشكل (46) يوضح مكونات خلية الوقود والمواد الداخلة بالتفاعل و حركة الشوارد الكيميائية .



الشكل (46)

في خلية الوقود النظامية يتم حقن الوقود الغازي إلى حجرة الالكترود السالب كما يتم حقن مادة مؤكسدة إلى حجرة الالكترود الموجب،التفاعل الكهروكيماوي الحاصل عند سطوح الالكترودات ينتج عنه التيار الكهربائي، إن مبدأ عمل خلية الوقود يشبه لحد ما مبدأ عمل البطاريات مع وجود فارق فالبطارية هي جهاز لاختزان الطاقة بشكل كيماوي طالما أن هناك تفاعلاً كيماوياً يحدث داخل البطارية فإن هناك تياراً كهربائياً على مخارج البطارية و عندما يضعف التفاعل الكيميائي (ضعف التيار الكهربائي المقدم من البطارية) يتم إعادة شحن البطارية أي أن هناك مصدر خارجي لتزويد البطارية بالطاقة اللازمة ،

بالنسبة لخلية الوقود لا يتم اختزان الطاقة بل تحويلها من شكلها الكيميائي إلى الشكل الكهربائي طالما أنه يتم حقن الوقود والمؤكسدإلى الالكترودات أي لا نحتاج لمصدر كهربائي كما هو الحال في البطارية القابلة للشحن .



الشكل(46 ب)

إن مهمة طبقة الكهرليت electrolyte هي تأمين وسط الانتقال للشوارد أي نقل التيار الكهربائي عبرها بالإضافة لضمان عدم حدوث تماس بين الوقود و المادة المؤكسدة .
أما وظيفة الالكترودات فهي تأمين سطح لحدوث تفاعلات التأين أو توليد الشواردionization كذلك تأمين نقل الشوارد المتولدة عبر الوسط ذو الأطوار الثلاثة لذلك يجب تصنيع الالكترود من مادة ذات ناقلية كهربائية عالية و نشيطة كيميائياً لضمان حدوث التفاعل الكيماوي و لا سيما في بيئة تنخفض فيها درجة الحرارة .
يتم استخدام الهيدروجين كوقود في معظم أنواع خلايا الوقود بسبب قدرته العالية على إحداث التفاعل الكيماوي و سهولة الحصول عليه من المواد الهيدروكربونية بالإضافة لكثافة الطاقة القابلة للاختزان عندما يتطلب الأمر اختزان الطاقة مثل مشاريع رحلات الفضاء .
المادة المؤكسدة المستعملة هي الأوكسجين الغازي المتوفر في الجو والذي من السهل اختزانه في حاويات خاصة ، هناك توازن في عمل مكونات خلية الوقود الالكترودات و الطبقة الكهرليتية و الغازات المتدفقة عبر طبقة الكهرليت فإذا كان الكهرليت ضمن حجرة الالكترود زائداً فاضت هذه المادة و أعاقت أو أوقفت عمل الخلية .
خلايا الوقود الحديثة تمتاز بصغر حجم المكونات الداخلية و بمردود عالي للتفاعل الكهركيماوي و بتكلفة إنتاج منخفضة نسبياً.

5-4 -1تصنيف خلايا الوقود :

هناك عدة عوامل تؤخذ بالحسبان عند تصنيف خلية الوقود منها طريقة معالجة الوقود داخل الخلية أم خارجها (تنقية داخلية أو تنقية خارجية) ،نوع الالكتروليت أو الكهرليت ، درجة حرارة التشغيل.
الطريقة الأكثر اتباعاً لتصنيف خلايا الوقود هي بالاعتماد على نوع الالكترود المستخدم لذلك نصنفها حسب الفئات التالية :
1- خلايا الوقود البوليميرية polymer electrolyte fuel cell (PEFC), .
2- خلايا الوقود القلوية alkaline fuel cell (AFC), .

3- خلايا وقود حمض الفوسفور ,phosphoric acid fuel cell (PAFC) .
4- خلايا وقود الكربون المصهور ,molten carbonate fuel cell (MCFC) .
5- خلايا وقود الأكاسيد الصلبة ,solid oxide fuel cell (ITSOFC) .
6- خلايا وقود أوكسيدية أنبوبية . tubular solid oxide fuel cell (TSOFC) .

الأنواع السابقة من خلايا الوقود لها درجات حرارة تشغيل مختلفة .
درجات حرارة التشغيل للأنواع الستة السابقة هي بالترتيب : (1) 80 ،(2)100، (3)200، (4)650 ،(5) 800 ، (6) 1000 درجة مئوية .
بالنسبة لخلايا الوقود التي تعمل عند درجات حرارة منخفضة يكون الهيدروجين هو الوقود الحصري المستخدم أما الأنواع التي تعمل بدرجات حرارة عالية فيمكن استخدام غاز أول أوكسيد الكربون أو غاز الميتان كوقود.

2-5-4 وصف موجز لبعض خلايا الوقود :

1- خلايا الوقود البوليميرية :
الالكتروليت في هذا النوع هو حاجز مسامي membrane لتبادل الشوارد و هو على الغالب من بوليميرات حمض فلورالكبريت أو مادة شبيهة بها ذات ناقلية عالية للبروتونات ، السائل الوحيد في هذه الخلية هو الماء فقط لذلك فإن عامل التآكل يكون ذو تأثير ضعيف ، يجب أن تعمل الخلية بظروف تشغيل لا تسمح بتبخر الماء بسرعة و بحيث يبقى الحاجز المسامي رطباً ، تكونة درجة حرارة التشغيل أقل من 120 درجة مئوية ، بسبب صعوبة الحفاظ على كمية الماء يستخدم غاز غني بالهيدروجين وخال من غاز الكربون والمواد السامة .

2- خلايا الوقود القلوية :
الالكتروليت في هذا النوع هو ماءات البوتاسيوم المركز و تعمل الخلية عند درجات حرارة عالية نسبياً 250 درجة مئوية و ذلك عندما يكون تركيز ماءات البوتاسيوم بحدود 85% وعند تركيز أقل 35-50% تكون درجة حرارة التشغيل أقل من 120 درجة مئوية ،يتم استخدام صفائح من الاسبيستوس ضمن الالكتروليت كما يمكن استخدام العديد من العناصر الكيميائية كمنشط تفاعل ضمن الالكتروليت مثل النيكل ،الفضة ، أكاسيد المعادن ،المعادن الثمينة وغيرها ،الوقود المستخدم غالباً هو الهيدروجين ، لا يسمح باستخدام أحادي أوكسيد الكربون بسبب سميته و لا ثنائي أوكسيد الكربون لأنه يتفاعل مع ماءات البوتاسيوم وينتج وسطاً كيماوياً جديداً لا يناسب مواصفات عمل الخلية .

3- خلايا حمض الفوسفور:
يتم استخدام حمض الفوسفور بكامل التركيز في هذا النوع من الخلايا،درجة حرارة التشغيل تتراوح بين 150 إلى 220 درجة مئوية ،عندر درجة حرارة أقل يصبح الحمض ضعيفاً في نقل الشوارد الكيماوية ،استخدام الحمض عالي التركيز يخفف من ضغط بخار الماء الناتج لذلك لا يوجد صعوبات فنية فيما يخص الماء المستخدم في الخلية .

4- خلايا وقود الكربون المصهور :
الالكتروليت المستخدم هنا هو من مركبات الكربون القلوية والذي يتوضع ضمن مصفوفة من السيراميك من مادة $LiAlO_2$ ، الخلية تعمل بدرجة حرارة تشغيل تتراوح بين 600 و 700 درجة مئوية ،حيث تسمح أملاح الكربون المتشكلة بناقلية عالية للشوارد ،القطب الموجب للخلية يصنع غالباً من معدن النيكل و القطب السالب من أوكسيد النيكل و لا داعي لاستخدام المعادن النفيسة .

منشآت خلايا الوقود لتوليد الطاقة الكهربائية :

تقوم خلية الوقود بتركيب الهيدروجين المأخوذ من الوقود مع الأوكسجين المأخوذ من الهواء لإنتاج تيار كهربائي مستمر بالإضافة للماء والحرارة ،في حال استخدام غاز الميتان في التفاعل لتوليد الهيدروجين اللازم يكون من النواتج الغازية غاز ثاني أوكسيد الكربون، يجب أن يتم التفاعل الكيماوي عند ضغط ودرجة حرارة مناسبين ،يتم بناء المنشأة حول مجمع خلايا الوقود لتزويدها بالهواء والوقود النقي ، الطاقة الكهربائية الناتجة على شكل تيار مستمر يتم معالجتها بحيث تصبح مناسبة للاستخدام في الشبكة الكهربائية ،الحرارة الناتجة عن التفاعل الكيماوي يتم سحبها و الاستفادة منها .

تبدأ مراحل العمل بمعالجة الوقود الداخل (غاز طبيعي ،ميثانول ،فحم حجري ،غازات كربوهيدرية) حيث يتم تنقية الوقود وتصفيته بعدها يتم تحويله لغاز يحتوي على الهيدروجين، يتولد التيار الكهربائي المستمر من مجموعة الخلايا المصطفة والمتراصة في كتلة واحدة تشبه الخلايا المكونة لبطارية السيارة حيث تصطف صفائح الرصاص لجانب بعضها البعض ، مجموعة الخلايا المتراصة في كتلة واحدة تسمى stack (رفوف التجميع) عدد هذه الرفوف يحدده قيمة التيار الكهربائي المطلوب الحصول عليه ،المرحلة الأخيرة تكون بمعالجة التيار المستمر وتحويله لتيار متناوب بتردد مناسب يمكن حقنه للشبكة العامة .

3-5-4 دراسة تفصيلية لبعض أنواع خلايا الوقود :

1- خلية الوقود البوليميرية PEFC :

تمتاز هذه الخلية بالقدرة على تقديم كثافة تيار كهربائي عالية ، صغر الحجم والوزن ،تكلفة منخفضة نسبياً .الحاجز المسامي غير القابل للتحريك الموجود ضمنها والذي يشكل طبقة الالكتروليت يسهل من تشكيل تصميم كتيم ضد التسرب أثناء عملية التصنيع كذلك يخفض من عوامل التآكل الداخلي ويعطي عمراً أطول للخلية . تمتاز هذه الخلية أيضاً بالإقلاع السريع و تجاوب متوسط للتغير في الطلب على الطاقة على مخرجها المغذي للأحمال الكهربائية ،تستخدم هذه الخلية في وسائط النقل الصغيرة . لاحظ الشكل (47) .

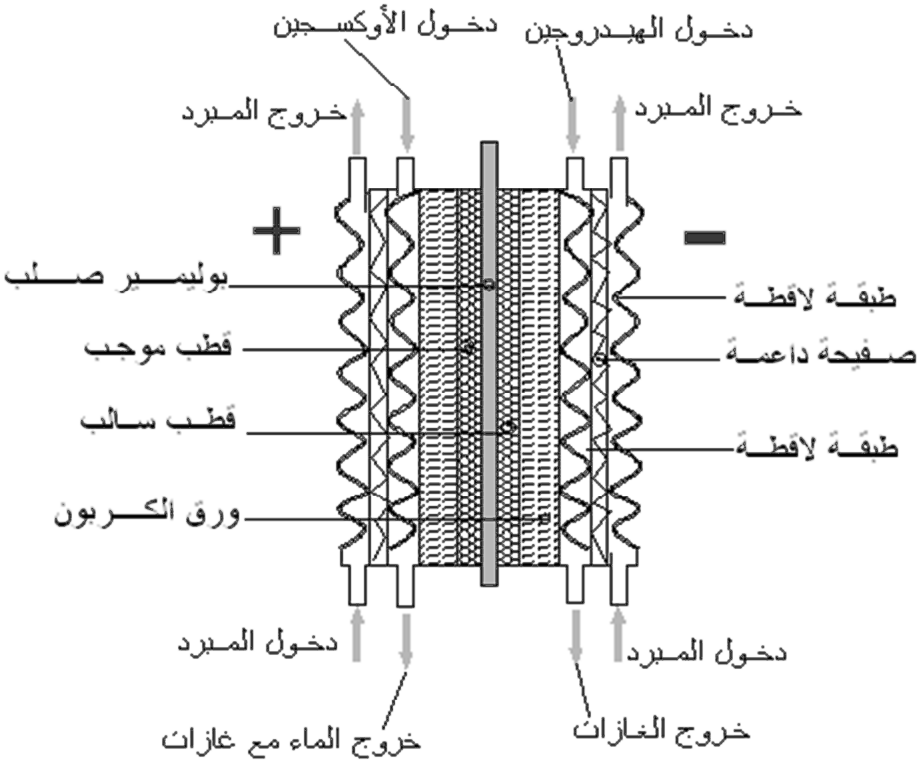
الحاجز المسامي ضمن الخلية يلعب دوراً هاماً في تأمين حركة الشوارد وحجز الغازات الناجمة عن التفاعل ، يستخدم حمض قوي لتأمين الاحتكاك والتفاعل بين جانبي الحاجز المسامي و سطوح عناصر التنشيط الكيماوي ، الدراسات الحديثة أثبتت أن الخلية تعمل وبشكل جيد حتى بدون إضافة الحمض ولا تحتاج سوى لحاجز مسامي رطب ، طبقة الالكتروليت (الحاجز المسامي) متوضعة كشريحة (تشبه في توضعها السندويش) بين شريحتين مساميتين هما القطبان الكهربائيان الموجب والسالب مصنوعان من البلاتينيوم ،أحد سطوح القطب تطلى بمادة التفلون لتسهيل انتشار الغاز .

التفاعل الكهروكيماوي في الخلية يسير بالشكل التالي : غاز الهيدروجين عند المصعد (القطب الموجب) يولد البروتونات المتجهة عبر الالكتروليت نحو القطب السالب (المهبط) و تتفاعل مع الأوكسجين و ينتج عن ذلك الماء وبشكل متعاقب عند المهبط .

لدى استخدام هذا النوع من الخلايا في وسائط النقل فإن الوقود المستخدم على الأغلب هو الميثانول يمكن استخدام الهيدروجين المضغوط ضمن حاويات خاصة قابلة للنقل ،كذلك يستخدم الغازولين المؤكسد جزئياً كوقود ،يمكن استخدام هذه الخلية لمشاريع توليد الطاقة الكهربائية ويستخدم كوقود الغاز الطبيعي أو أي غاز غني بالهيدروجين .

العمل بدرجة تشغيل منخفضة نسبياً يعتبر صفة إيجابية وسلبية بنفس الوقت ،فهو ميزة إيجابية حيث تستطيع الخلية العمل بظروف المحيط و تقلع للعمل بسرعة حتى بظروف عمل بوقود فقير بالهيدروجين ،وبنفس الوقت صفة سلبية حيث من الضروري توفر عنصر البلاتينيوم لتحقيق التفاعل الكهروكيماوي ، غاز أحادي الكربون يرتبط بقوة إلى موقع البلاتينيوم عند درجات حرارة أقل من 150 درجة مئوية و يأخذ موقع غاز الهيدروجين على القطب ،لذلك لا بد من آلية لإنقاص نسبة أحادي الكربون في الوقود الغازي المستخدم .

كذلك درجة حرارة التشغيل المنخفضة تعني الحصول على كمية صئيلة من الحرارة الممكن الاستفادة منها بمراحل التنقية .



الشكل(47)

وظيفة الماء في الخلية :

يتم إنتاج الماء في الخلية ليس كبخار فقط إنما كسائل من النقاط المهمة الاحتفاظ بنسبة معينة من الماء ضمن طبقة الالكتروليت لـتأمين الناقلية الجيدة للشوارد ، الناقلية للشوارد تكون أعلى عندما يكون الحاجز المسامي مشبعاً بالماء و هذا يعني مقاومة كهربائية صغيرة في وجه حركة التيار الكهربائي وبالتالي زيادة مردود الخلية .

يجب المحافظة ضمن الخلية على التوازن بين الماء المتشكل والماء المتبخر، فإذا كان الماء المستهلك كبخار وغيره أكثر من الماء المتشكل عندها يجب تعريض الغاز الداخل للمصعد للرطوبة، أيضاً إذا كانت نسبة الرطوبة عالية عندها ستفيض الأقطاب مما يمنع حركة الغاز عند الأقطاب .

عندما تكون كمية الماء دون الحد المطلوب ينتج : تياركهربائي أقل ،حركة جريان أكبرللعناصر المتفاعلة ، رطوبة أقل ،درجة حرارة أعلى ، ضغط أقل .

عندما تكون كمية الماء زائدة عن الحد المطلوب ينتج : تيار كهربائي أعلى ،حركة جريان أقل للعناصر المتفاعلة ، رطوبة أعلى ،درجة حرارة أقل ، ضغط أعلى .

معظم الخلايا من هذا النوع مزودة بصفائح لاقطة من الغرافيت لالتقاط التيار الكهربائي وتوزيعه و توزيع الغازات و التحكم بالحرارة ، التبريد يتم باستخدام سائل تبريد (المبرد) و عل الأغلب يستخدم الماء لهذا الغرض .

إن وجود نسبة من أحادي أوكسيد الكربون ولو 1% ضمن الوقود الهيدروكربوني المستخدم ستنعكس سلباً على عمل الخلية حيث سيمنع حركة الهيدروجين لمواقع عناصر التفاعل ،لذلك يجب تعريض الوقود لعملية معالجة خاصة لتخفيض كمية أول أوكسيد الكربون ،إن استخدام أنظمة معالجة سيزيد من

تكلفة الخلية ، الأبحاث جارية لاستخدام عناصر تفاعل من البلاتينيوم و الريثينيوم التي تمتلك خاصة التفاعل الضعيف مع الهيدروجين .
هناك عدة أنواع لعملية تنقية الوقود أشهرها : التنقية بتغيير الضغط ، التنقية باستخدام الميثان ، الأكسدة الانتقائية .
تعتبر طريقة الأكسدة الانتقائية الطريقة الأقل استهلاكاً للطاقة مقارنة بالطرق الأخرى ، هنا يتم مزج الوقود بالهواء أو الأوكسجين قبل دخوله للخلية أو يمكن وضع عناصر مؤكسدة بين مدخل مجرى الوقود وبين عناصر التفاعل على المصعد .
الحاجز المسامي المستخدم في هذا النوع من الخلايا مرتفع الثمن و يتوفر بسماكات محدودة مع ناقلية محدودة للشوارد ،هناك أيضاً مشكلة تشكل طبقة من النتروجين عند مدخل الغاز للمهبط والتي تضعف من حركة الشوارد لذلك لابد من تطوير المواد المشكلة للمهبط .

2- خلية الوقود القلوية AFC :

هذا النوع من الخلايا بدأ تطويره منذ عام 1960 حيث ظهرت الحاجة لمصدر طاقة متحرك محمول لاستخدامه في سفينة الفضاء أبولو ،تمتاز هذه الخلية بالقدرة الجيدة على العمل مع غاز الهيدروجين أو الأوكسجين .
المصعد يتكون من طبقة مضاعفة (قطب مزدوج) من النيكل والمهبط مكون من أوكسيد النيكل .
الشكل (48) يوضح تركيبة هذه الخلية .

عند المهبط ينحل الأوكسجين في الماء وتتشكل شوارد الهيدروكسيد

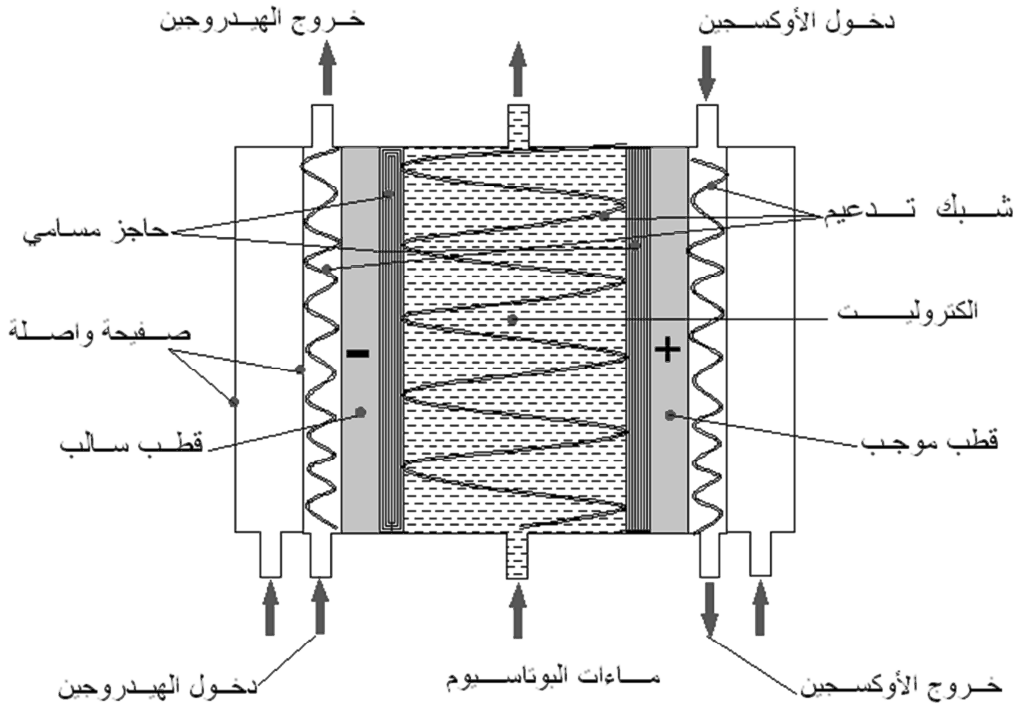
$$O_2 + {}_2H_2O + 4e^{--} \longrightarrow 4OH^{--}$$

عند المصعد يتفاعل الهيدروجين مع شوارد الهيدروكسيد ويتشكل الماء وتتحرر الكترونات

$$H_2 + 2OH^{--} \longrightarrow 2H_2O + 2e^{--}$$

+

في معظم الخلايا القلوية الالكتروليت يكون قابلاً للتدوير (مثل عملية تدوير الماء في نظم التبريد والتدفئة) للاستفادة من الحرارة أو التخلص منها ، بتدوير الالكتروليت السائل يمكن التخلص من الحرارة غير المرغوبة وتبخير الماء الزائد .
خلية الوقود القلوية التي استخدمت في مكوك الفضاء Orbiter كانت مستطيلة الشكل بعرض 38 سم وطول 101 سم و ارتفاع 35 سم ووزن 91 كغ باستطاعة كهربائية قصوى 12 ك واط بجهد كهربائي 27,5 فولت وتعمل باستطاعة وسطى قدرها 7 ك واط ، تعمل بمجال حراري بي 80 إلى 90 درجة مئوية و كثافة تيار كهربائي قدرها 470 ميللي أمبير لكل سم مربع .
عندما يتم استخدام الخلية القلوية لأغراض الفضاء أو أعماق البحار أو لأغراض عسكرية فإن التكلفة المادية لا تكون بالأمر المهم ، لكنها تكون العامل الأهم عند الاستخدام لأغراض صناعية ، استخدام الكربون المسامي في تصنيع الأقطاب ساهم في تخفيض تكلفة الخلية .



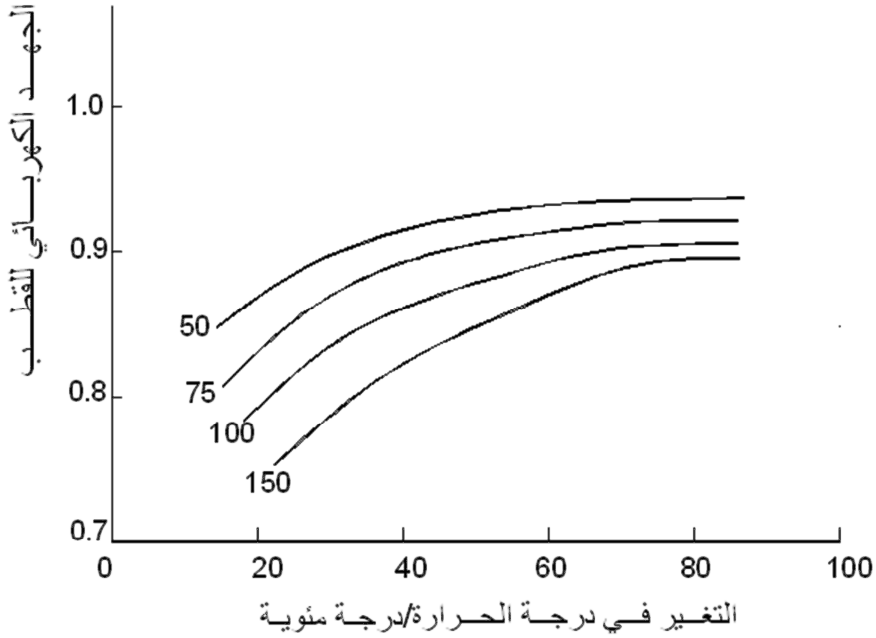
الشكل(48)

تأثير درجة الحرارة في عمل الخلية :
إن الزيادة في درجة الحرارة يحسن أداء الخلية حيث يقل الاستقطاب و تقل المقاومة الكهربائية إن التحسن في أداء عمل المهبط المسامي باختلاف درجات الحرارة موضح بالشكل (49) عند قيم لكثافة التيار الكهربائي هي 50 ، 75 ،100، 150 ميللي أمبير لكل سم مربع ،الطاقة الكهربائية الكامنة للالكترود تتناقص عند كثافة تيار كهربائي محددة و حدة التناقص تزداد كلما زادت كثافة التيار.

تأثير وجود الشوائب :
ينخفض أداء الخلية في حال وجود نسبة من غاز ثاني أوكسيد الكربون في الوقود المستخدم أو في الهواء المحيط ، الأثر السلبي لوجود غاز ثاني أوكسيد الكربون يكون بتفاعله مع شوارد OH^- حسب التفاعل التالي :

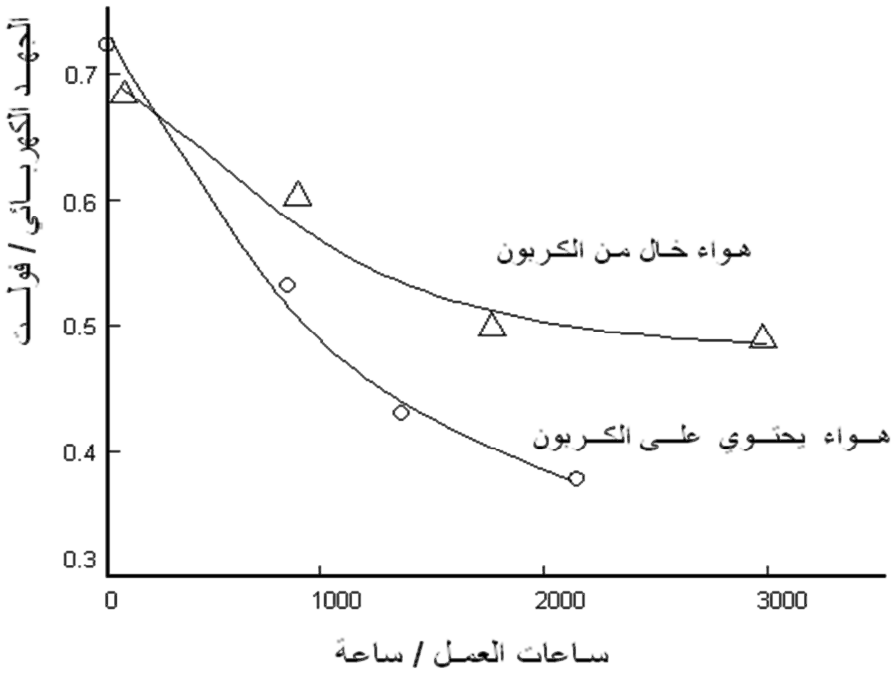
$$CO_2 + 2OH^- \longrightarrow CO_3^{--} + H_2O$$

يترتب على ماسبق النتائج التالية :
1- انخفاض كمية الشوارد OH^- يؤثر على قيمة الطاقة الحركية للشوارد .
2- ازدياد قيمة لزوجة الالكتروليت مما يخفض من معدل الانتشار لحركة العناصر و انخفاض معدل الحد من التيار .
3- ترسيب أملاح الكربون عند الالكترودات المسامية .
4- انخفاض معدل انحلال الأوكسجين .
5- انخفاض ناقلية الالكتروليت .



الشكل(49)

لمعرفة تأثير وجود غاز ثاني أوكسيد الكربون على أداء الخلية تم تشغيل الالكترودات الهوائية في حالتين : مع هواء يحتوي غاز ثاني أوكسيد الكربون وهواء خال من غاز ثاني أوكسيد الكربون حيث لوحظ أن قيمة الجهد الكهربائي يبقى محافظاً على قيمته في حال العمل مع هواء خال أو قليل الاحتواء على غاز ثاني أوكسيد الكربون كما يوضح ذلك الشكل (50).



الشكل(50)

خلايا الوقود ذات الأكاسيد الصلبة SOFC :

يمتاز هذا النوع من الخلايا بالعمل بدرجات حرارة عالية نسبياً وهو لا يحتوي الكتروليت سائل بل طبقة صلبة و لا مشاكل ناجمة عن التآكل داخل الالكتروليت .العمل بدرجات حرارة أعلى من 800 درجة مئوية يسمح بحصول نوع من التنقية الداخلية دون الحاجة لاستخدام مواد ثمينة و ينتج كمية كبيرة من الحرارة يمكن الاستفادة منها ،إن تصميم خلايا من هذا النوع ذات هيكل من السيراميك المنخفض الكلفة هو مفتاح التطور لهذا النوع من الخلايا .

بنية هذه الخلية تتكون من مواد صلبة و هذا يعني مجال واسع من إمكانية التعديلات في التصميم حيث يمكن التحكم بشكل الخلية وحجمها بحسب التطبيق الذي ستستخدم من أجله ،يتم تطوير الخلية على نوعين : الأول هو الخلية الأنبوبية Tubular Cell حيث تقوم شركتين بالأبحاث هما Siemens و Westinghouse حيث قامتا بتطوير خلايا باستطاعة 100 كيلو واط .

انظر الشكل (51) في.

الشكل (51 ب) يوضح طريقة توضع مجموعة من الخلايا الأنبوبية (Stack) ضمن حاوية صندوقية .

عند المصعد يحدث تشكل للماء مع تحرير الكترونات حسب التفاعل التالي :

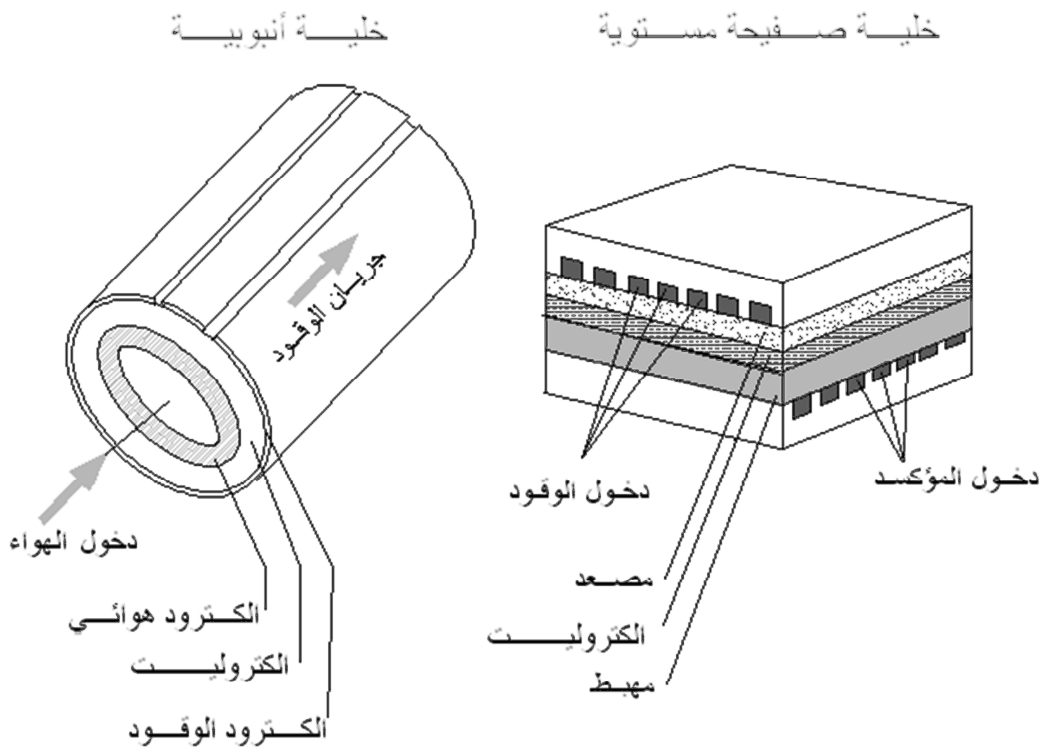
$$H_2 + O^{--} \longrightarrow H_2O + 2e^-$$

عند المهبط يتحلل الأوكسجين إلى شوارد حسب التفاعل التالي :

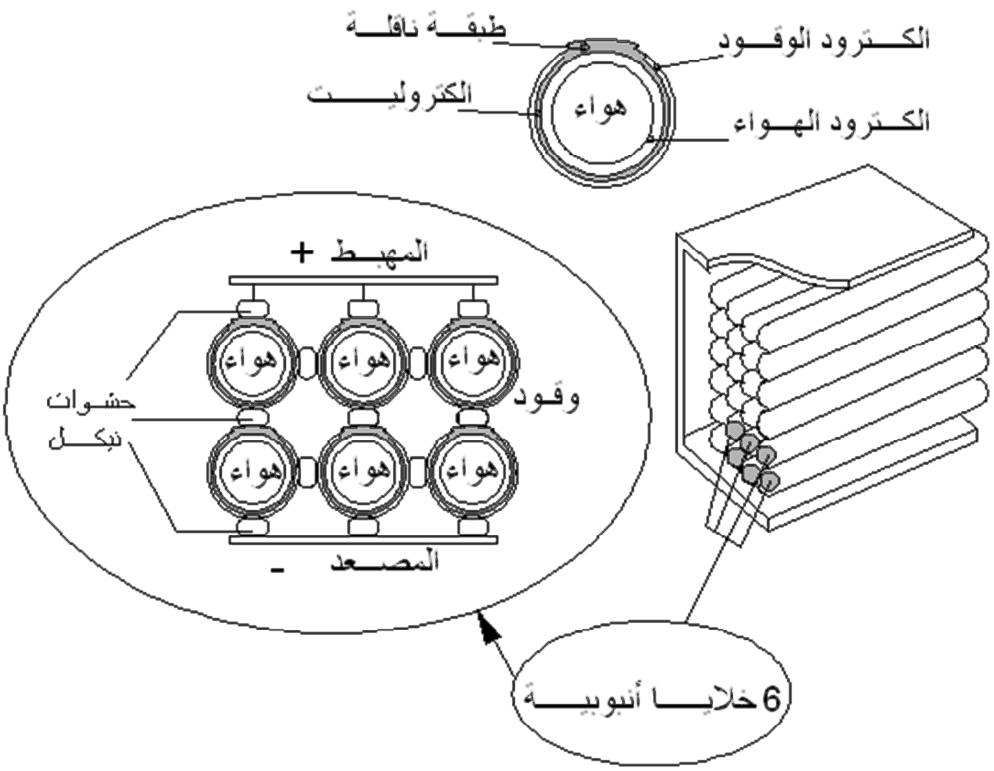
$$1/2O_2 + 2\,e^- \longrightarrow O^{--}$$

التفاعل الإجمالي ضمن الخلية هو :

$$H_2 + 1/2O_2 \longrightarrow H_2O$$



الشكل (51)



الشكل (51 ب)

يمكن استخدام غاز أحادي الكربون أو غاز الميتان في هذا النوع من الخلايا ،إن درجة الحرارة المرتفعة تسهل من توليد غاز الهيدروجين الذي يتأكسد بسهولة عند المصعد .
التصاميم الحديثة لخلايا الوقود ذات الأكاسيد الصلبة تستخدم طبقات رقيقة film كأقطاب كهربائية ووسط الكتروليت ،يجب أن تكون طبقة الأوكسيد الصلبة (الالكتروليت) خالية من المسامات بحيث لايمكن للغاز أن يتغلغل من أحد جانب الطبقة إلى الجانب الآخر، كذلك عدم سماكة طبقة الالكتروليت عامل مهم لخفض قيمة المقاومة الأومية .
المواد التي تصنع منها الخلية يجب أن تكون مستقرة عند العمل بدرجات حرارة عالية و يجب الأخذ بالحسبان عامل التمدد نتيجة الحرارة فعند التصميم هناك عامل التمدد الحراري بحيث لا تنشأ إجهادات ميكانيكية داخل الخلية أثناء التشغيل .
تمتاز الخلايا الأنبوبية عن الخلايا المسطحة بالمتانة ضد تسرب الغازات كم تمتاز بطبقات رقيقة جداً تصل إلى 10 ميكرو مترأي عشرة بالمليون من المتر $10\mu m$.

تأثير الضغط على عمل الخلية SOFC :
زيادة الضغط يحسن من قيمة الجهد الكهربائي المتولد ضمن الخلية حسب العلاقة التالية :

$$\Delta V = 59 \log(P_2/P_1)$$

الزيادة في الجهد الكهربائي للعلاقة السابقة مقدرة ب ميللي فولت mv .

الشكل (52) يوضح أداء أحد الخلايا عند ضغوط جوية مختلفة حتى قيمة 15 وحدة ضغط جوي (15 atm) ، الوقود المستخدم 89 % هيدروجين و 11% ماء ، و المؤكسد المستخدم هو الهواء العادي المحور العامودي هو الجهد الكهربائي للخلية مقدراً بالفولت(cell voltage / volt) والمحور الأفقي هو كثافة التيار الكهربائي ميللي أمبير لكل سم مربع (current density m A/cm^2) .

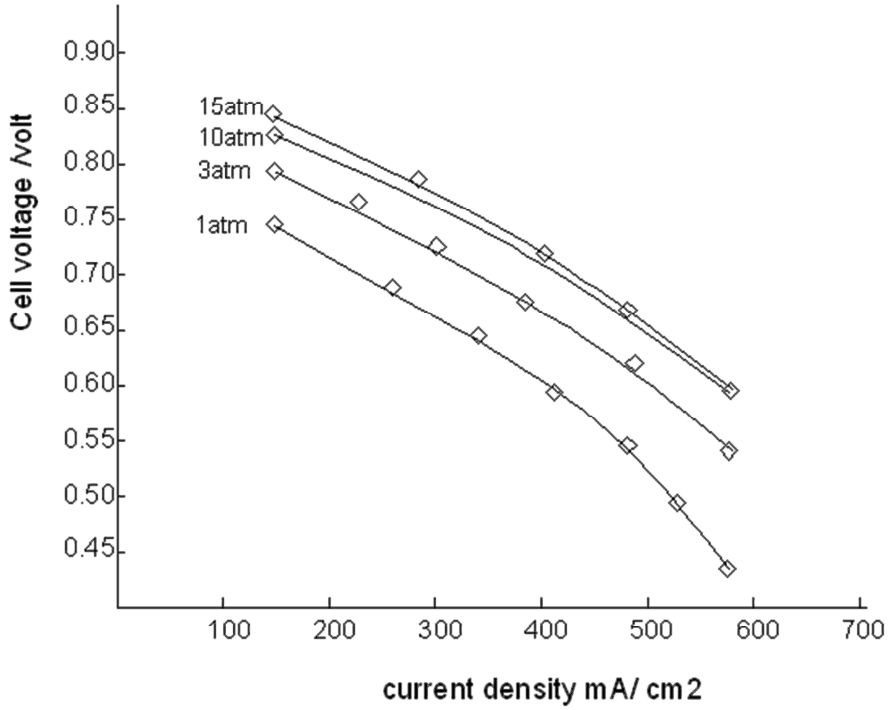
تأثير درجة الحرارة على عمل الخلية SOFC :

الشكل (53) يوضح العلاقة بين الزيادة في الجهد الكهربائي للخلية volt مع كثافة التيار الكهربائي mA /cm^2 وذلك ضمن تجارب بدرجات حرارة مختلفة تتراوح بين 800 حتى 1050 درجة مئوية التجارب أجريت على ستاك stack مكون من خليتين ، وقود الخلية مكون من الهيدروجين بنسبة 67% و غاز أحادي الكربون بنسبة 22% والماء بنسبة 11% و الهواء كمؤكسد. الانخفاض الشديد في جهد الخلية عند درجة حرارة 800 يفسر بضعف الناقلية للشوارد أو زيادة معدل الاستقطاب ضمن الالكتروليت .

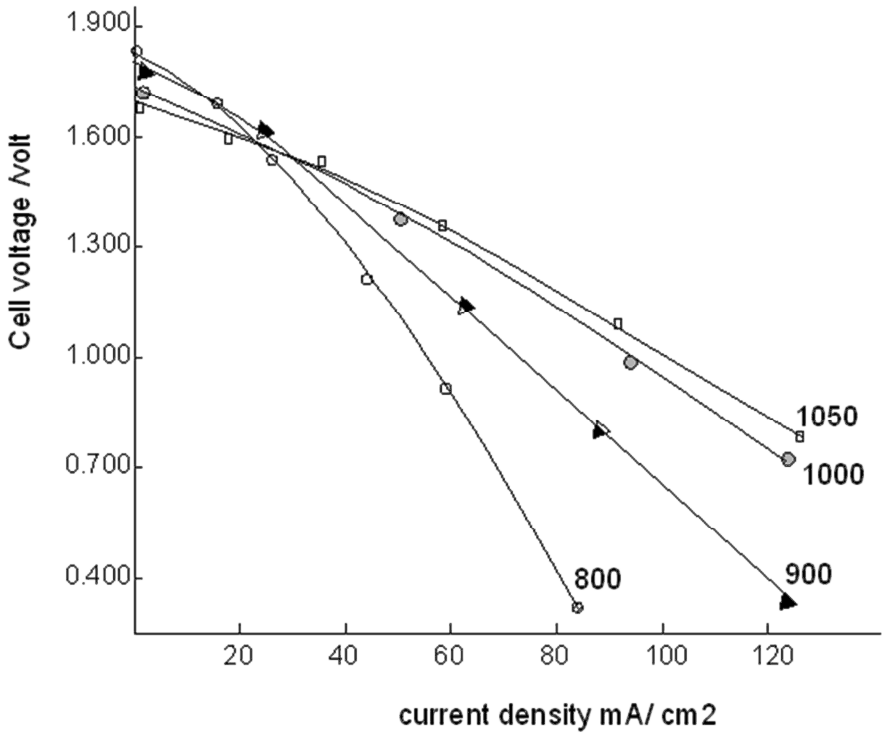
عندما يكون المجال الحراري بين 900 و1050 درجة مئوية الزيادة في الجهد الكهربائي للخلية مقدراً ب ميللي فولت يحسب وفق القانون التالي :

$$\Delta V = 0.008\ (T_2 - T_1) x\ J$$

حيث المقدار J هوقيمة كثافة التيار الكهربائي mA /cm^2



الشكل (52)



الشكل (53)

4-5-4 أنظمة الطاقة العاملة على خلايا الوقود :

تحتاج نظم الطاقة العاملة على خلايا الوقود إلى مجموعة من العناصر المتكاملة في وظيفتها إضافة لخلايا الوقود حيث أن خلية الوقود تعطي تياراً مستمراً ولا يمكن استخدامه بشكل مباشر في الشبكة الكهربائية .

بشكل عام يتألف نظام الطاقة العامل على خلية الوقود من : وحدة معالجة الوقود ، قسم خلايا الوقود، وحدة تعديل التيار الكهربائي و وحدة التدوير الحراري للاستفادة من الحرارة الناتجة .

معالجة الوقود :

تعرف عملية معالجة الوقود بأنها تحويل الغاز السائل أو الوقود الصلب الخام إلى وقود غازي منقى يمكن حقنه في خلية الوقود وكأمثلة على عمليات المعالجة :

- تنظيف الوقود الخام وإزالة شوائب الكبريت والأمونيا لمنع عوامل التسمم في الخلية .
- تحويل الوقود الخام : تحويل الوقود الهيدروكربوني إلى غاز منقى غني بالهيدروجين .
-تحويل أول أوكسيد الكربون والماء الموجودين في الوقود الغازي المنقى إلى هيدروجين وغاز ثاني أوكسيد الكربون من خلال تفاعلات الإزاحة حيث يتم انتقاء الأوكسجين للتقليل من نسبة أحادي أوكسيد الكربون للحدود الدنيا أو إزالة الماء بطريقة التكثيف لزيادة تركيز الهيدروجين .

هناك عدة عوامل تتحكم بوحدات معالجة الوقود نذكر منها :

الوقود المتوفر في السوق والمناسب لاستخدامات خاصة ، مواصفات الوقود الغازي المنقى اللازم لخلايا الوقود ، حجم خلية الوقود ، عملية التبخير للمواد الهيدروكربونية الثقيلة .

المواد الهيدروكربونية الثقيلة مثل الديزل تحتاج لدرجة حرارة بحدود 350 إلى 400 درجة مئوية ليتم تحليل مكونات هذه المواد .

الدراسات المتعلقة بمعالجة الوقود تركز على الوقود المستخدم من أجل وسائط النقل الصغيرة، التركيز على معالجة وقود الميثانول كخطوة أولى والخطوة الثانية هي معالجة الغازولين.

من المنظور البيئي يعتبر الهيدروجين هو الوقود الأنسب فيما يخص وسائط النقل لكن هناك مسألة تخزين ونقل هذا الغاز ضمن حاويات خاصة حيث المساحة والحجم عنصر مهم لذلك سمح باستخدام الهيروجين في وسائط النقل الكبيرة كالحافلات والقطارات ومنع في السيارات السياحية.
يعتبر الميثانول هو أنسب وقود ممكن تحويله لهيدروجين ليتم استخدامه في وسائط النقل ،وهو لا يتفاعل مع أحادي الكربون في درجات حرارة أقل من 400 درجة مئوية لكن من حيث المردود يأتي الميثانول بعد الغازولين من حيث الاستخدام في وسائط النقل .
الغازولين يمتلك عدة ميزات تفضلع عن الميثانول لكن المشكلة تكمن في عملية تحويله لهيدروجين حيث يتطلب درجات حرارة تتجاوز 650 درجة مئوية .

5-4 -5 عملية تحويل الوقود :

تتم عملية تحويل الوقود الغازي أو السائل المكون من مواد هيرروكربونية خفيفة إلى هيدروجين و أحادي الكربون بمرحلة تسمى التصفية أو التنقية reforming وهناك ثلاث طرق شائعة لتنقية الوقود وهي :
1- التنقية بالبخار .
2- التنقية بالأكسدة الجزئية .
3- التنقية الحرارية التلقائية .

1-التنقية بالبخار :Steam reforming

هذه الطريقة قديمة الاستخدام والأكثر شيوعاً في تحويل الكربوهيدرات الخفيفة إلى أوكسجين ،يتم هنا تسخين الوقود وتبخيره ثم يتم حقنه مع بخار شديد الحرارة إلى حجرة التفاعل ،الوقود الهيدروكربوني الثقيل يحتاج لدرجات حرارة أعلى مع البخار ،التنقية بالبخار تتم باستخدام عنصر النيكل كعنصر تفاعل كما يمكن استخدام الكوبالت والمعادن الثمينة لكن هذا فيه تكلفة عالية كل الهيدروكربونات الثقيلة يتم تحويلها لخليط غازي يحتوي الهيدروجين والميثان وغازأوكسيد الكربون ،كذلك لعنصر التفاعل دور في حصول تفاعلات الإزاحة shift reaction من نوع ماء –غاز .
هذا النوع من التنقية هو عملية بطيئة وتتطلب بنفس الوقت حجرة تفاعل بحجم كبير ويتم استخدام أفران تسخين بدرجات حرارة عالية ، يزداد مردود وحدة المعالجة إذا تم الاستفادة من الحرارة الناجمة عن التسخين .
التنقية بالبخار مناسبة للهيروكربونات الثقيلة حيث ينتج عنها عنصرالميثان المناسب لعمليات التنقية الداخلية لخلايا الوقود عند درجات حرارة عالية .

2- التنقية بالأكسدة الجزئية Partial Oxidation Reforming :

هذا النوع من التنقية هو احتراق داخلي ناقص وغبر كامل للوقود حيث يتم استخدام الهواء في هذه العملية لرفع درجة حرارة المفاعل لقيمة عالية ،يتم تمرير بخار مرتفع الحرارة لضمان حصول تفاعل إزاحة ماء –غاز و تفاعل التنقية بالبخار، عند درجات حرارة أقل يمكن استخدام عنصر التنشيط الكيماوي لتسريع التفاعل .
إن عملية المعالجة للغازولين بدون منشط كيماوي يتطلب درجة حرارة 1000 درجة مئوية ، استخدام درجات حرارة منخفضة في عملية التحويل تعطي مقادير أقل من أول أوكسيد الكربون وهذه نقطة مهمة للخلايا التي تعمل بدرجات حرارة منخفضة كذلك العمل بدرجات حرارة منخفضة يزيد من مردود المفاعل .
بالنسبة لوقود الديزل الحاوي على عنصر الكبريت يحتاج المفاعل لدرجة حرارة مقدارها 925 درجة مئوية و بالنسبة لوقود الديزل العادي تستخدم حرارة 1175 درجة مئوية .
على الرغم من أن الدراسات أثبتت أن المردود في عملية التنقية بالأكسدة الجزئية هو أعلى منه في عملية التنقية بالبخار إلا أن كمية الهيدروجين في الأخيرة هي أكبر .

3- التنقية الحرارية التلقائية Autothermal Reforming :

هي مزج بين الطريقتين السابقتين وتتم باستخدام عنصر تنشيط التفاعل يتحكم بمجرى التفاعل وبالتالي يحدد نسبة التفاعل لكل من التنقية بالبخار والتنقية بالأكسدة الجزئية ،أن تفاعل التنقية بالبخار يمتص قسماً من الحرارة الناجمة عن التفاعل بالأكسدة الجزئية و هذا يعني الحد من قيمة درجة الحرارة ضمن المفاعل .

هذا النوع من التنقية أفضل من الأكسدة الجزئية من حيث الحاجة لدرجة حرارة أقل وصغر حجم المفاعل و مقارنة مع التنقية بالبخار له ميزة الإقلاع السريع والتجاوب السريع مع التغيرات لظروف وعناصر التشغيل مما يعني تركيز أفضل للهيدروجين ومردود أعلى .

يجب استخدام عنصر التنشيط الكيماوي لإنقاص درجة حرارة التفاعل للأكسدة الجزئية بحيث تتوافق هذه الحرارة مع متطلبات التشغيل لعملية التنقية بالبخار.

معالجة الغاز الطبيعي :

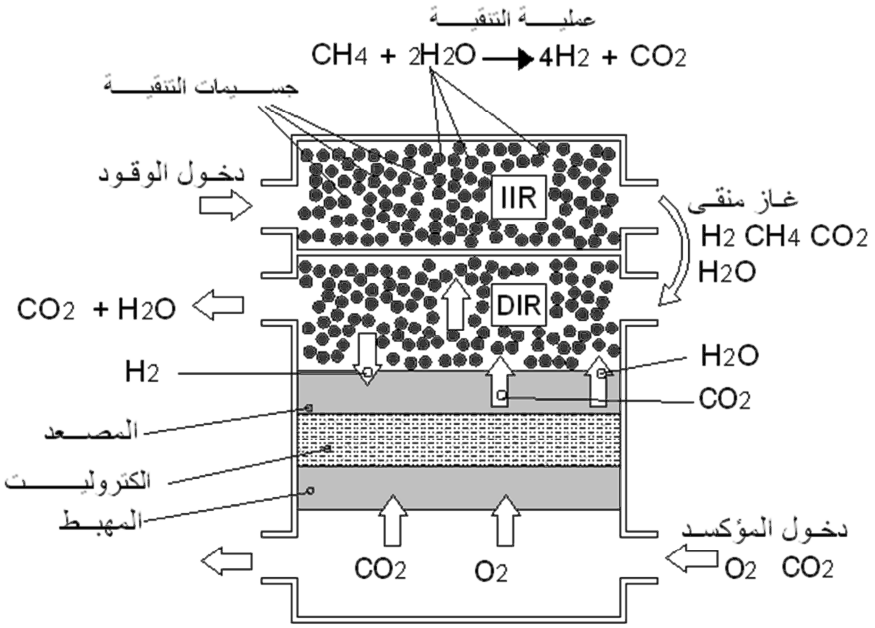
المكونات الرئيسية للغاز المنقول ضمن أنابيب نقل الغاز هي : الميثان ،الإيتان ،البروبان ، ثاني أوكسيد الكربون وفي بعض الحالات النتروجين والكبريت الحاوي على مركبات كيميائية (ملونات) للكشف عن حالات التسريب للغاز ، حيث أن كافة أنواع الوقود المستخدمة للخلايا لا تتقبل وجود عنصر الكبريت كان من الضروري التخلص من هذا العنصر ،وهذا يتم باستخدام مادة طلاء مكونة من أوكسيد التوتياء الذي يمكن استخدامه ضمن مجال حراري واسع لكن عند درجة حرارة 350 درجة مئوية يمكن الحصول على طبقة صغيرة الحجم من الطلاء .

غاز الميتان الموجود في الغاز الطبيعي يمكن تحويله لهيدروجين وأول أوكسيد الكربون ضمن مفاعل التنقية بالبخار، نفاعل الأكسدة الجزئية يمكنه أيضاً تحويل غاز الميتان إلى غاز الهيدروجين لكنه سيعطي فقط 75% من كمية الهيدروجين التي سينتجها مفاعل التنقية بالبخار لهذا السبب فإن مفاعلات الأكسدة الجزئية تستخدم فقط للوقود السائل .

التنقية الداخلية لخلايا الكربون المسبوك MCFC Internal Reforming

في نظام خلية الوقود التقليدي يتم حقن الوقود إلى وحدة معالجة وتنقية مستقلة حيث تتم المعالجة بوجود البخار للحصول على الهيدروجين الضروري ومن ثم يتم تحويل الوقود المعالج إلى خلية الوقود حيث يتفاعل مع المؤكسد (أوكسجين الهواء)،بالنسب لخلية الوقود نوع الكربون المسبوك لا حاجة لوجود وحدة معالجة مستقلة لمعالجة الوقود الحاوي على الكربون حيث يتم الاستفادة من درجة الحرارة العالية لإنجاز تفاعل التنقية بالبخار ضمن جسيمات التنقية أو عناصر تنشيط التفاعل الكيماوي .

تتم عملية التنقية الداخلية بدمج تفاعل التنقية بالبخار مع تفاعل الأكسدة ضمن الخلية دون الحاجة لوجود مفاعل وقود خارجي ،هذا النوع من التنقية يزيد من كفاءة عمل الخلية و لا داعي لوضع تصاميم معقدة ذات تكلفة عالية بالإضافة للوثوقية العالية (التغذية الكهربائية من الخلية دون انقطاعات بسبب أعطال أو غيرها).الشكل(54) يوضح عملية التنقية الداخلية للخلية MCFC



الشكل(54)

هناك نوعان رئيسان للتنقية الداخلية داخل خلية الكربون المسبوك :
التنقية الداخلية غير المباشرة Indirect Internal Reforming IIR
التنقية الداخلية المباشرة Direct Internal Reforming DIR

في النوع الأول قسم المعالجة يكون منفصلاً لكنه مجاور لمصعد الخلية وهنا يستفاد من الحرارة داخل الخلية في تنشيط تفاعل التنقية ،وهناك ميزة إيجابية أخرى لهذا النوع وهي أن قسم المعالجة وباقي تركيبة الخلية ليس لهما تأثيرات فيزيائية على بعضهما البعض ، لكن من سلبيات هذا النوع من التنقية أن عملية تحويل الميثان إلى هيدروجين لا تتم بشكل فوري .
في عملية التنقية المباشرة استهلاك الهيدروجين يساعد في تنشيط تفاعل التنقية للميثان.
الميثان هو وقود شائع الاستعمال في التنقية الداخلية لخلايا الكربون المسبوك حيث يتم تفاعل التنقية ببخار الماء وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$$

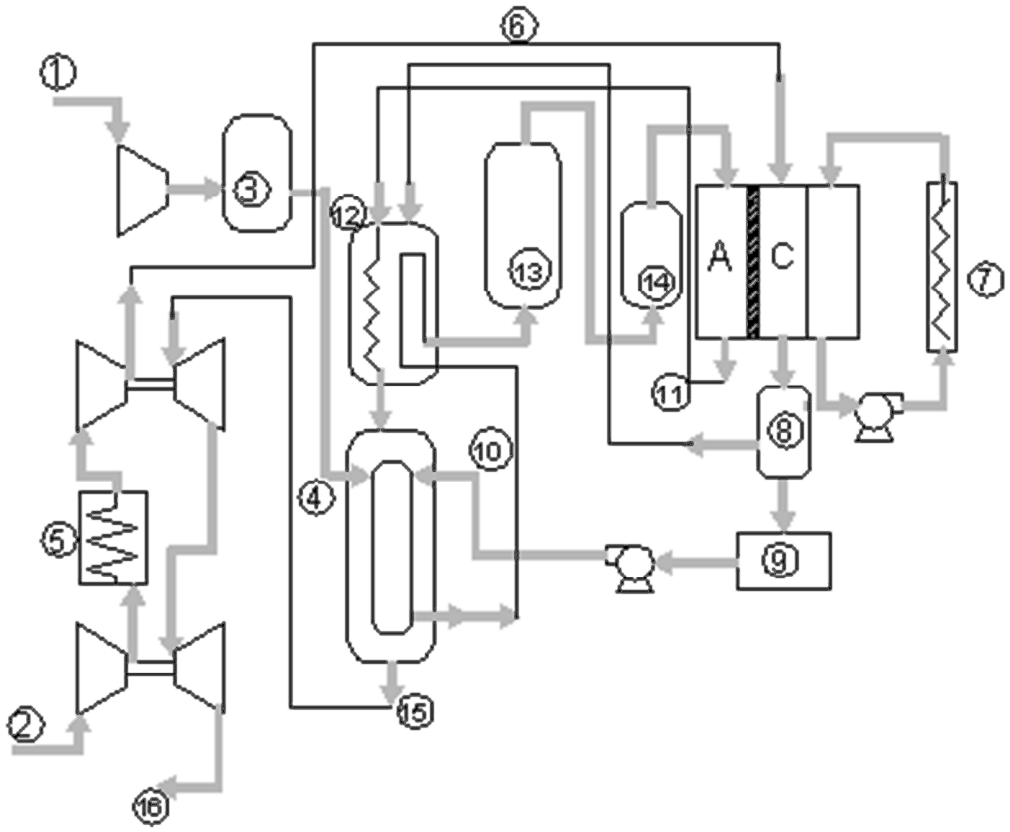
تتم عملية تنقية الميثان بالبخار عند درجة حرارة بحدود 750 إلى 900 مئوية
يمكن استخدام النيكل الموجود ضمن المصعد (Ni based anode) كعنصر تنشيط لتفاعل التنقية بالبخار عند درجة حرارة 650 مئوية لإنتاج كمية جيدة من غاز الهيدروجين بما يلبي حاجة الخلية

6-5-4 نظام الطاقة PEFC العامل على الغاز الطبيعي :

الشكل (55) يوضح مكونات هذا النوع من أنظمة الطاقة لخلايا الوقود، حيث أن الخلايا نوع PEFC تتمتع بحساسية منخفضة تجاه غاز الكربون والميثان، الوقود المكون من الغاز الطبيعي يدخل إلى ضاغط ثم حجرة التنقية والتنظيف من الشوائب (التخلص من الكبريت) ثم يتم مزج الغاز المنقى مع الماء ضمن حجرة التبخير الذي يحول الماء السائل إلى بخار الماء مستفيداً من الحرارة الضائعة في وحدة المعالجة ،هذا الوقود الذي تم ترطيبه ينقل إلى وحدة المعالجة بالبخار ،حيث أن الغاز المعالج الناتج غني بغاز أول أوكسيد الكربون يتم إرساله محول إزاحة shift convertor و جهاز أكسدة

انتقائيselective oxidizer لتخفيض نسبة أول أوكسيد الكربون للحدود المقبولة ، الوقود المعالج الغني بالهيدروجين يتم حقنه لمجمع خلايا الوقود PEFC stack حيث يتفاعل كهروميكانيكياً مع الهواء المضغوط .

الهواء المحيط يتم ضغطه ضمن حاقن توربيني Turbocharger وهذا الأخير يعمل بفعل تمدد الغازات المضغوطة الساخنة الناتجة عن المفاعل، بعد هذه المرحلة من مراحل ضغط الغاز تأتي المرحلة الثانية حيث يتم تبريد الهواء بوسطة مبرد (مروحة) ومن ثم يتم حقنه لحاقن توربيني ثان الهواء المضغوط يحقن مباشرة لمجمع خلايا الوقود،الماء الناتج عن خلايا الوقود يتم إطلاقه لتيار الغاز المؤكسد بواسطة جهازفصل الماء Water separator الذي يعطي الماء اللازم لمرحلة ترطيب الوقود قبل دخوله وحدة المعالجة ،المؤكسد والوقود يتم حرقهم ضمن حراق وحدة المعالجة لتوفير الحرارة اللازمة للتفاعل ،العوادم الناتجة من المعالج يستفاد منها لجهاز التبخيرVaporizer أخيراً الحرارة والضغط المتبقيان يتم الاستفادة منهما في الحاقن التوربيني لتدوير ضاغط الهواء.



1 وقود غازي
2 دخول الهواء
3 إزالة الشوائب
4 وقود غازي
5 مبرد
6 هواء
7 مبرد
8 حجرة فصل الماء
9 خزان ماء
10 ماء
11 وقود غازي
12 حجرة معالجة وتنقية
13 محول الإزاحة
14 حجرة الأكسدة الانتقائية
15 جهاز التبخير
16 خروج النفايات

الشكل(55)

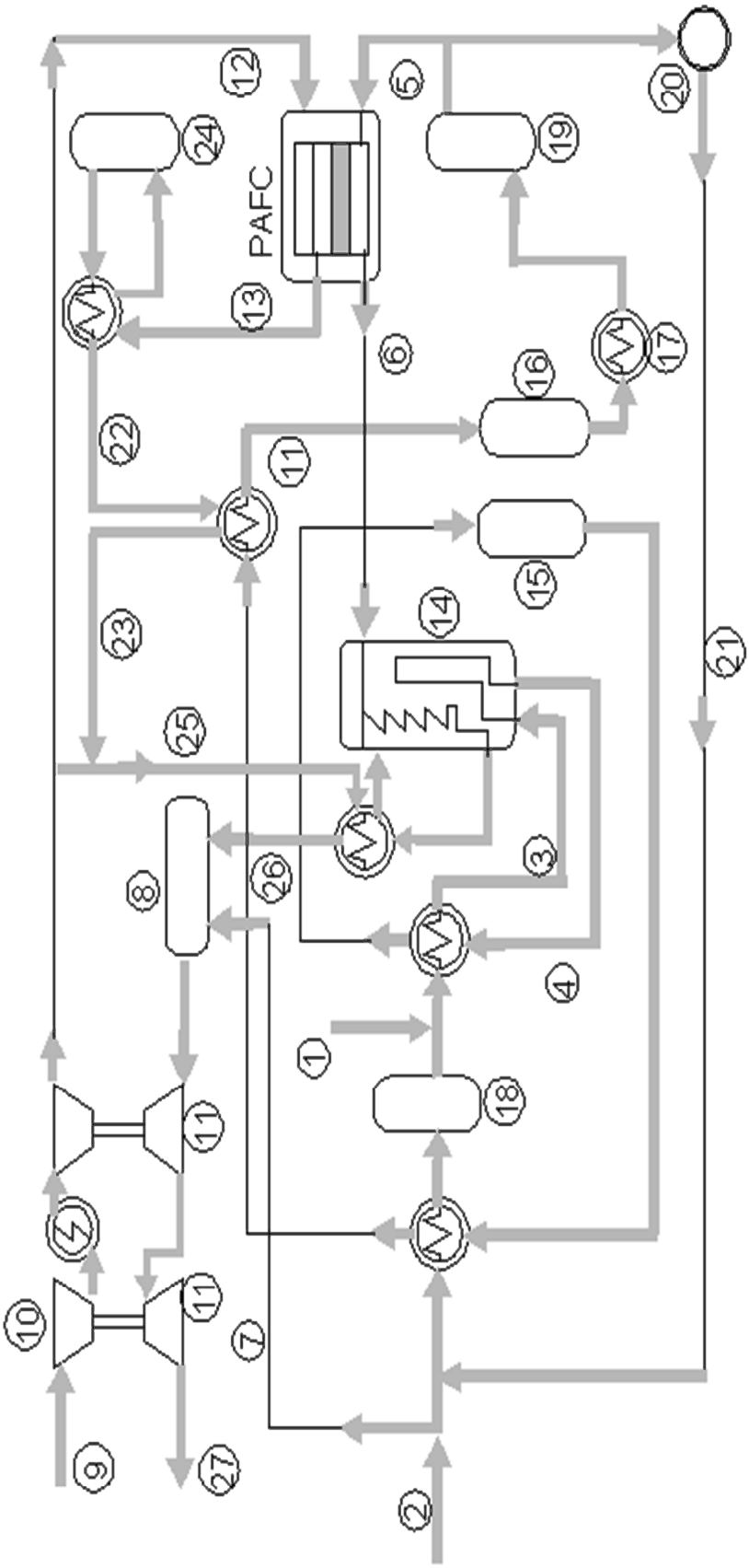
7-5-4 نظام الطاقة PAFC العامل على الغاز الطبيعي :

الشكل(56) يشرح مكونات وعناصر وسسير التفاعل لهذا التظام الخاص بالخلايا نوع PAFC
مكونات النظام و العمل بالأرقام هي :
(1) البخار اللازم للتنقية والمعالجة ،(2) دخول الغاز الطبيعي ،(3) تغذية وحدة المعالجة والتنقية ، (4) فضلات بشكل سائل ،(5) دخول التغذية للمصعد ،(6) خروج النواتج من المصعد ،(7) دخول الغاز الطبيعي للحراق المساعد،(8) حراق مساعد(إضافي) ،(9) دخول الهواء ،(10) ضاغط هواء (11) جهاز توربو للتمدد،(12) دخول التغذية للمهبط ،(13) نواتج المهبط ،(14) حجرة التنقية والمعالجة ،(15) محول إزاحة حرارة عالية HTSC، (16) محول إزاحة حرارة منخفضة LTSC (17) سخان البخار، (18) حجرة إزالة الكبريت ،(19) مبرد الوقود الغازي،(20) نافث هواء (21)إعادة تدوير الوقود الغازي،(22) دخول غاز المهبط إلى المبادل الحراري،(23)دخول غاز المهبط إلى الحراق الرئيسي ،(24) مبرد نواتج المهبط ،(25)دخول غاز المهبط المبادل الحراري (26)مخلفات عملية التنقية ،(27) طرد المخلفات والعوادم .

يتم دخول الغاز الطبيعي عند ضغط معين وهو يحتوي ملونات كبريتية للكشف عن حصول التسرب يتم مزج الغاز الداخل مع وقود معاد التدوير غني بالهيدروجين وذلك لهدرجة الكبريت الموجود بهدف إزالته ،الوقود يتم تسخينه حتى الدرجة 300 مئوية قبل دخوله وحدة إزالة الكبريت ، البخار المسخن تحت الضغط يتم مزجه مع الوقود المسخن وذلك لتأمين نسبة الرطوبة اللازمة لعملية الإزاحة ماء-غاز المزيج يتم تسخينه لدرجة حرارة 700 مئوية قبل دخوله وحدة المعالجة والتنقية .
الوقود السائل الناتج يغادر وحدة المعالجة بدرجة حرارة 760مئوية ويتم تبريده ضمن مبادل حراري بعدها يدخل تيار الوقود محول الإزاحة بحرارة عالية HTSC بدرجة حرارة 360 مئوية نواتج محول الإزاحة يتم تبريدها ضمن مبادلين حراريين قبل دخولها لمحول الإزاحة منخفض الحرارة وهذا الأخير يساعد في زيادة تركيز الهيدروجين .

نواتج محول الإزاحة LTSC يستفاد منها لتسخين البخار اللازم لوحدة المعالجة وتفاعل إزاحة الماء،الغاز ،البخار الذي يتم تسخينه يأتي من دارة تبريد خلية الوقود بالماء ،تيار الوقود المبرد يخضع لعملية تبريد ثانية لتخفيض نسبة الرطوبة وهذه العملية ترفع الضغط الجزئي للهيدرجين ضمن الوقود قبل الدخول لخلية الوقود،يتم إعادة تدوير جزء من الوقود الغني بالهيدروجين
حيث يتجه لمدخل الغاز الطبيعي ومعظم نسبة الوقود تحقن لمصعد خلية الوقود، بحدود 86% من الهيدروجين الموجود في الوقود يتفاعل ضمن خلية الوقود وينتج عن التفاعل حركة للالكترونات بين المصعد والمهبط كما يتفاعل مع الأوكسجين في الهواء لينتج الماء .

الهواء المحيط يتم ضغطه ضمن ضاغط بمرحلتين ثم يخضع لعملية تبريد ضمن مبرد خاص عند درجة حرارة 193 مئوية وضغط جوي 8,3 atm ،القسم الأكبر من هذا الهواء المضغوط يتجه لمهبط خلية الوقود، قسم من الهواء يتجه لحراق وحدة المعالجة والتنقية، المؤكسد يذهب لمبادل حراري قبل دخوله وحدة التبريد الخاصة بالمهبط ،التيار الناتج غير الرطب يتم تسخينه من جديد ويمزج مع الهواء ويرسل إلى حراق وحدة المعالجة، نواتج حراق وحدة المعالجة تقوم بعملية تسخين أولية للمؤكسد القادم وترسله للحراق المساعد حيث يصل هناك نسبة صغيرة من الغاز الطبيعة
الفضلات والعوادم الكلية لكل دورة النظام يتم طردها بدرجة حرارة 177 مئوية .

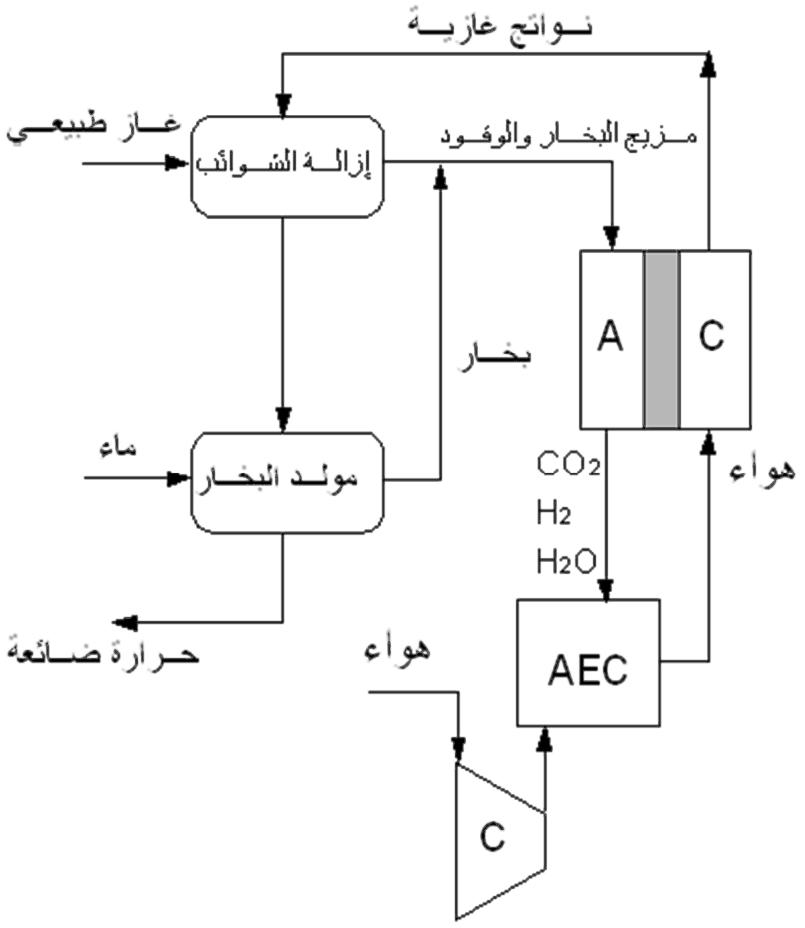


الشكل(56)

نظام الطاقة لخلايا الوقودMCFC العامل على الغاز الطبيعي :

الشكل (57) يوضح مخطط نظام الطاقة استطاعة 3 ميغاواط لخلايا وقود نوع الكربون المسبوك في البداية تتم إزالة الشوائب من الغازالطبيعي (إزالة الكبريت) ضمن وحدة التصفية، الوقود المصفى وهوغاز طبيعي يتم مزجه مع البخار ثم يحقن لخلايا الوقود التي تمتلك خاصية التنقية الداخلية حيث يتفاعل الوقود ضمن الخلية مع المؤكسد لينتج تياراً كهربائياً مستمراً باستطاعة 3 ميغاوات .

الوقود الناتج و الفائض من الخلية يتم حرقه ضمن محول نواتج أو مخلفات المصعد AEC Anode Exhaust Convertor النواتج من وحدة AEC يتم حقنها للمهبط C ، الحرارة المتولدة في المهبط تستخدم في وحدة إزالة الشوائب توليد البخار، الحرارة المتبقية يمكن الاستفادة منها لتطبيقات حرارية كالتدفئة وغيرها .



الشكل(57)

8-5-4 نظام الطاقة متعدد المراحل العامل على الغاز الطبيعي :

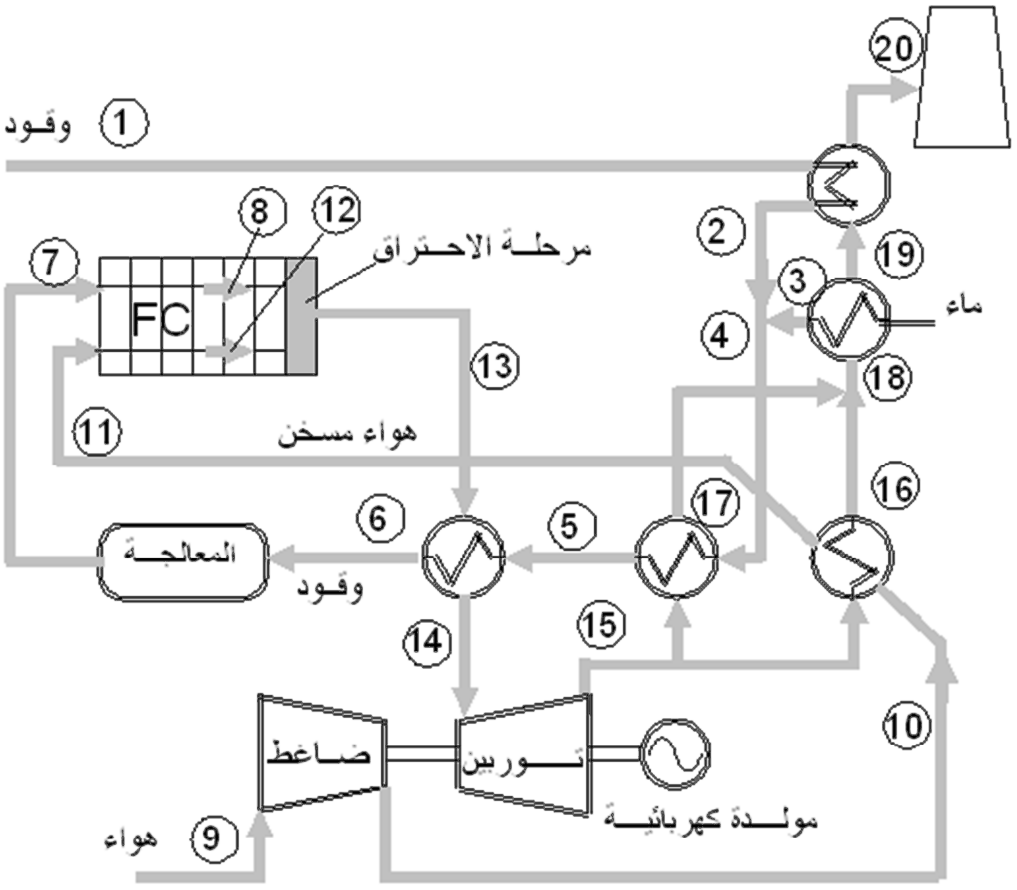
في هذا النوع من الأنظمة تم تصميم عدة مراحل بحيث كل مرحلة تعمل بدرجة حرارة خاصة بها مما يعني عدم الحاجة لوجود مبادل حراري لتبريد الغازات الناتجة بين المرحلة والمرحلة التي تليها إن عدد المراحل وكمية استهلاك الوقود هي مسألة اختيارية تخضع لطبيعة التصميم.

الشكل(58) يمثل نظام طاقة باستطاعة 4 ميغا واط لخلايا وقود من 6 مراحل.

تم وضع عدة نقاط مرقمة من 1 إلى 20 على الشكل(57) ضمن دوائر لتسهيل شرح العملية

من النقطة (1)يتم دخول الغاز الطبيعي المطابق من حيث الجودة للغاز المنقول ضمن الأنابيب والذي يحتوي الملونات الكبريتية والهيدروكربونات الثقيلة إلى وحدة إزالة الكبريت قبل دخوله الخلية حيث أن وجوده سيتسبب بنقصان عمر التشغيل للخلية، الهيدروكربونات الثقيلة يفترض أن تعالج مسبقاً بحيث تتحول لهيدروجين و أول أوكسيد الكربون،وحيث أن عمليتي إزالة الكبريت ومعالجة الهيدروكربونيات تتطلب حرارة معينة لذلك يتم حقن الوقود عبر سلسلة من المبادلات الحرارية والتي تمتص الحرارة الناجمة من مخرج خلية الوقود (النقاط 13 إلى 20)، يتم إضافة البخار المرطب للوقود للحصول على نسبة الرطوبة اللازمة لحصول تفاعلات الإزاحة ماء - غاز (النقطة 3)
الوقود المسخن والمرطب يخضع لعملية إزالة الكبريت ضمن معالج متوسط ،الوقود الممنقى من الكبريت والمعالج جزئياً يدخل إلى مصعد الخلية عند النقطة (7)

درجة حرارة الوقود عند دخوله مصعد الخلية هي بحدود 500 درجة مئوية ،الهواء يدخل للضاغط من النقطة (9) حيث يتم ضغطه لقيمة 3,5 ضغط جوي (3.5 atm) وعند درجة حرارة 175 مئوية النقطة (10) لاحقاً يتم تسخينه لدرجة 500 مئوية قبل دخوله إلى مهبط خلية الوقود النقطة(11)
الوقود المعالج والهواء المضغوط يتحدان مع بعض ضمن تجمع خلايا الوقود من خلال تفاعل كهركيماوي و ترتفع درجة حرارة الوقود والمؤكسد إلى 1000 درجة مئوية النقاط (8)،(12)
خلية الوقود قادرة على استغلال الهيدروجين وأول أوكسيد الكربون كوقود بنسبة 94% .



الشكل(58)

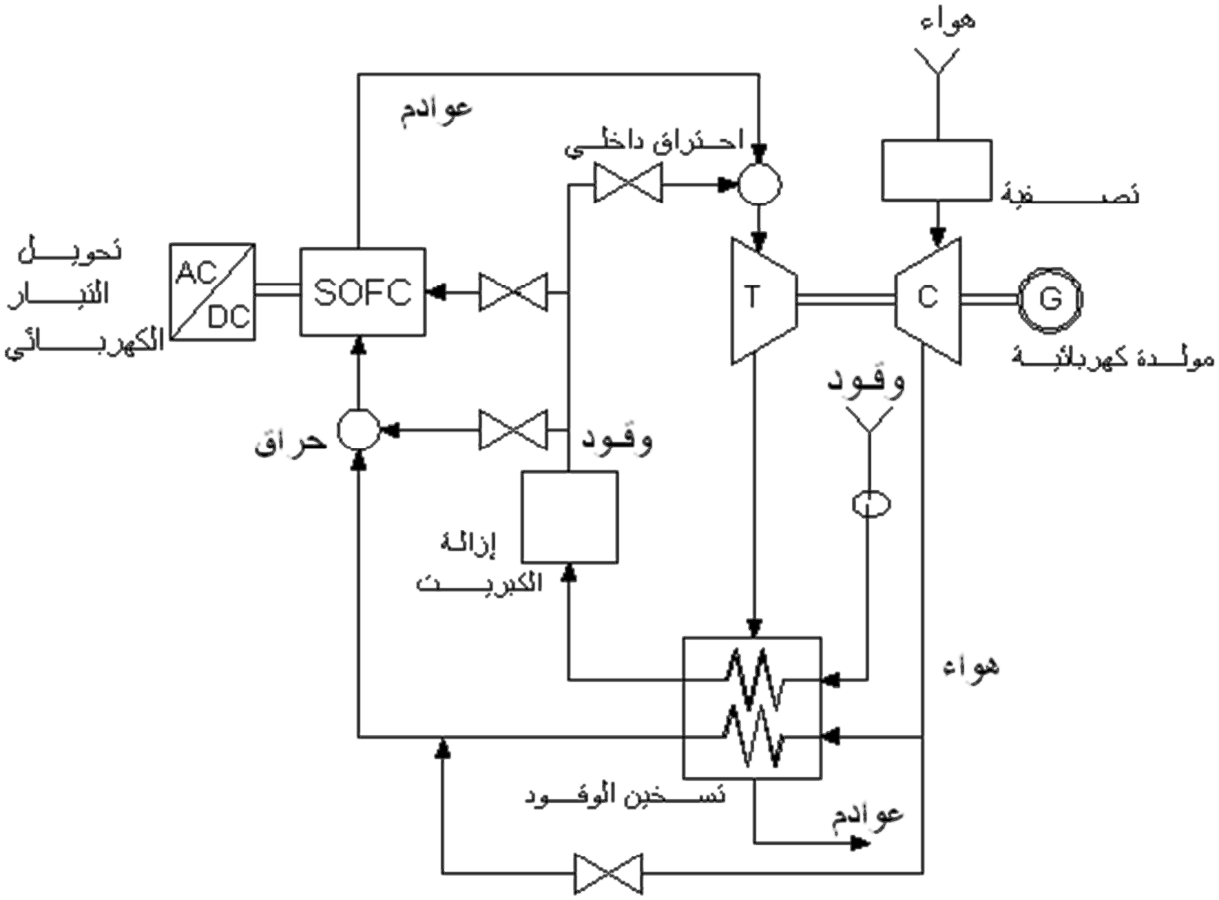
الوقود المستهلك والناتج عن تجمع الخلايا عند النقطة(8) والمؤكسد النقطة(12) يتم حرقهم لدى خروجهم تجمع الخلايا ذات المراحل المتعددة عند النقطة (13) وتكون درجة حرارة المزيج بحدود 1120درجة مئوية ، ثم يتم تبريد المزيج وتمديد حجمه عند ضغط جوي 1.04 atm النقطة(15) يمر بعدها عبر عدة مبادلات حرارية قبل أن يغادر دارة النظام بدرجة حرارة 147 مئوية .

من المزايا الإيجابية لهذا النوع من الأنظمة هو عدم الحاجة لمبادلات حرارية بين خلايا الوقود المرحلة والأخرى وهذا يعني التقليل من تعقيدات التصميم وتخفيض التكلفة وتخفيض الضياعات
من المزايا أيضاً هو تقليل نسبة الوقود غير المتفاعل والمغادر لخلية الوقود حيث توجد عدة مراحل كل مرحلة لها جهد كهربائي وكثافة تيارخاصين بها وهذا معناه استغلال الوقود لمستوى عالي دون أن يؤثر ذلك سلباً على أداء تجمع الخلايا .
الصعوبة في هذا النظام هو عدم اختباره عملياً مع عدد كبير من المراحل حيث لم تجرى تجارب على نظم بعدد كبير من المراحل .

9-5-4 نظم الطاقة المختلطة Hybrid Power Plant :

يقصد بالكلمة (Hybrid) الهجين أو المكون من شيئين رئيسين ومن الممكن تسميتها بالنظم المركبة لكن حتى لايكون هناك التباس مع الدارة المركبة والتي تستخدم بنظم الطاقة التقليدية سنسميها النظم المختلطة .
يتم استخدام خلايا الوقود في مشاريع الطاقة ضمن الأنظمة المختلطة (خلية وقود – توربين) Hybrid FuelCell/ Turbine PowerPlant ،حيث يتم استخدام العنفات مع خلايا الوقود ضمن نفس النظام ، والخلايا الأكثر استخداماً هنا هي من النوعين : MCFC , SOFC
هذه الأنظمة ذات نسبة انبعاثات غازية قليلة مقارنة مع نظم الطاقة التي لا تحتوي خلايا وقود وبالتالي فهي تساهم في تخفيض نسبة التلوث البيئي .
هناك نقطة مهمة أخرى هي قيمة المردود ففي نظام توليد الطاقة العادي العامل على الفحم الحجري هو بحدود 35% ونظام توليد الطاقة العامل على الغاز الطبيعي يتراوح بين 40 إلى 50% ، نظام توليد الطاقة المختلط له مردود بحدود 70 % وأكثر أحياناً .
الشكل (59) يوضح مبدأعمل هذا النوع من الأنظمة .
يتم تدوير التوربين (العنفة الغازية) بواسطة الحرارة والوقود المتبقيان من خلية الوقود،الغازات الناتجة عن خلية الوقود يتم مزجها و حرقها رافعة بذلك درجة الحرارة عند مدخل التوربين و هي تأخذ دور الحراق الداخلي في الأنظمة التقليدية ،بواسطة مبادل حراري نوع غاز--غاز يتم نقل الحرارة من مخرج التوربين إلى الوقود والهواء المستخدمين في خلية الوقود .

خلية الوقود تلعب دور الحراق الداخلي في النظام التقليدي .
النظام المختلط سيخفض تعرفة استهلاك الطاقة الكهربائية بحدود 10 إلى 20% من تعرفة النظم التقليدية وكما يمكن التحكم بهذا النظم بالكامل بشكل آلي مع إمكانية قيادة عدة أنظمة من مكان واحد .
من التقنيات الجيدة هنا استخدام خلية نوع SOFC مع خلية خاصة تسمى خلية ذات غشاء تبادل البروتونات proton exchange membrane fuel cell (PEM FC)
الخلية SOFC سوف تنتج الطاقة الكهربائية والهيدروجين ،هذا الهيدروجين سيستخدم من قبل الخلية PEM FC لتوليد الطاقة الكهربائية .



الشكل(59)

10- 5-4 مشاريع حول العالم :

1- أنظمة PEFC :

في كندا وفي مدينة فانكوفير قامت شركة Ballard لتوليد الطاقة الكهربائية ببناء نظام توليد خلايا وقود PEFC باستطاعة قدرها 250 KW كما قامت نفس الشركة بتسليم نظام توليد خلايا PEM لشركة Cinergy Technology و هو منشأة تجريبية تعتمد وقود الغاز الطبيعي.

قامت الشركة ببناء منشأة ثالثة في ألمانيا Bewag Treptow Heating Plant حيث بدأ تشغيل المنشأة مع نهاية 1999.

تم بناء منشأة في النمسا في مدينة بازل(Basel) يتم تشغيلها من قبل شركة EBM وواحدة أخرى في مدينة طوكيو اليابانية لصالح مخبر NNT لبحوث الطاقة .

في اليابان أيضاً تم بناء منشأتين باستطاعة 30 KW , 2 KW و ذلك ضمن برنامج الطاقات المتجددة The New Sunshine المنشأة 2KW تم تطويرها من قبل شركة Sanyo Electric .

في الولايات المتحدة قامت شركة Plug Power ببناء منشأة باستطاعة 7KW تعتمد وقود الهيدروجين وهناك نماذج مستقبلية تعتمد وقود الغاز الطبيعي والبروبان .

2- أنظمة PAFC :

في مدينة ميلان الإيطالية تم بناء منشأة باستطاعة 1.3 MW بواسطة عدة شركات، مردود التشغيل كان 38% حيث تم اختباره لمدة 5000 ساعة .

في اليابان قامت شركة Fuji Electric باختبار نظام طاقة باستطاعة 100KW و بمردود 40% ، كما قامت شركة Mitsubishi Electric ببناء وتطوير نظام طاقة باستطاعة 200KW استفيد منه لتغذية منشأة صناعية وتم اختباره لمدة 2000 ساعة تشغيل .

3- أنظمة AFC :

في بريطانيا قامت شركة ZeTek Power بتطوير نوع من خلايا الوقود القلوية واستخدمتها في الحافلات و القوارب و هذه الخلايا تتمتع بمردود يتجاوز 50% .

4- انظمة MCFC :

في اليابان وضمن برنامج The New Sunshine تم بناء واختبار منشأتين باستطاعات 200 KW 1000 KWحيث شاركت في هذه المشاريع 10 شركات عالمية متخصصة في الطاقة :ثلاثة منها شركات غاز وسبع شركات مصنعة بالإضافة لمشاركة مختبرين للأبحاث.

المنشأة 200KW في مدينة أماغازاكي و الأخرى في مدين كاواغو .

هناك تعاون مشترك بين إيطاليا وإسبانيا ضمن برنامج يسمى MOLCARE وهو ممول بنسبة 65% من قبل إيطاليا و35% من قبل إسبانيا حيث سوف يتم اختبار منشأة باستطاعة 100KW لمدة 1000 ساعة تشغيل .

في الولايات المتحدة الأميركية تقوم هيئة FCE (Fuel Cell Energy) بتطوير نظام خلايا نوع MCFC مع نافث عوادم (manifold) خارجي ونظام معالجة وتنقية داخلي حيث تم اختبار نظام مكون من 16 stack باستطاعة 2MW في مدينة سانتا كلارا بولاية كاليفورنيا لفترة تشغيل استمرت 4000 ساعة .

5- أنظمة SOFC :

في اليابان اختبرت شركة Kansai Electric نظام من نوع أربعة خلايا لفترة تشغيل 10529 ساعة عند كثافة تيار كهربائي عالية و أكملت 101 دورة حرارة .

شركة Tokyo Gas قامت بتطوير خلايا مسطحة و في عام 1993 اختبرت بنجاح وحدة خلايا باستطاعة 1.7 KW مع أداء مستقر وجيد .

في كندا قامت شركة Ontario Hydro قامت باختبار خلية أحادية من صنع شركتي Siemens Westinghouse لمدة 1725 ساعة منها 1425 ساعة تشغيل عند ضغط 5 atm .

في الولايات المتحدة أقامت شركة Siemens Westinghouse مشروعاً لنظام خلايا SOFC أنبوبية باستطاعة 250 KW عند موقع جامعة إيرفين في كاليفورنيا و تم تشغيله من قبل شركة Edison عند ضغط 3.5 bar يعمل مع الخلايا ميكروتوربين ويعطي استطاعة إضافية 50 KW

تشكلت مجموعات تجارية مختصة بتصنيع وتشغيل نظم الطاقة العاملة على خلايا الوقود بمختلف أنواعها.

ومن أشهرهذه المجموعات :

PAFC ,IFC ……The North American FuelCell Owner Group

MCFC ,FCE……...The Fuel Cell Commercialization Group
SOFS,Siemens Westinghouse……..SOFC Commercialization Association

تم وضع عدة معايير عالمية فيما يخص خلايا الوقود ونظم الطاقة الهجينة نذكر منها :

معايير التصميم والتصنيع .....ANSI Z21.83/CGA12.10
اختبارات الأداء .....ASME PT C50
معايير المولدة الكهربائية الاحتياطية.....NFPA 70.110
معايير الإنشاء والتركيب .....NFPA TC 850

المنظمة الدولية	المعيار	توصيف
ASME American Society of Mechanical Engineering	PTC50	تحديد طرق الاختبار لأداء نظم خلايا الوقود
IEEE Institute of Electrical & Electronics Engineers	IEEE SCC21	معايير خاصة بخلايا الوقود واللوحات الكهرضوئية وتخزين الطاقة
IEEE	IEEE P1547	المتطلبات للربط مع الشبكة الكهربائية العامة
ANSI American National Standrs Institute	ANSI Z21.83 1998	الاختبارات اللازمة لنظم الطاقة ذات خلايا الوقود
NFPA The National Fire Protection Association	NFPA 853	معايير التركيب والإنشاء لنظم الطاقة ذات خلايا الوقود
NFPA	NFPA 691	معايير خاصة بخلايا الوقود
IEEE	IEEE SCC 36	معايير بخصوص تبادل المعلومات والاتصالات
UL Underwriters Laboratories Inc	UL 1741	معايير الاختبار والسلامة المهنية الخاصة بالانفيرتر
SAE Society of Automotive Engineers	SAE Forum	اختبارات لوسائط النقل الأداء ، السلامة الشخصية
IEC	IEC TC 105	تكميلية للمعيار ANSI Z21.83

ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية

1-التدفئة و التبريد للأبنية :
يتم زيادة المردود في استخدام الطاقة الكهربائية لأغراض التدفئة و التبريد باستخدام التقنيات الحديثة لا سيما نظام أتمتة التبريد و التكييف و هو جزء من نظام التحكم بالمباني BMS .
Building Mangement System ،كذلك استخدام مجاري التهوية عالية العزل الحراري و وضع مادة العزل الحراري للجدران .

2- تسخين الماء :
استخدام سخانات الماء ذات المردود العالي (المعزولة حرارياً بشكل جيد) مما يعني توفير الكهرباء والماء و المال .

3- الإنارة :
استخدام أجهزة الإنارة ذات التوفير ولاسيما مصابيح التوفير الكهربائية compact fluorescent
أيضاً استخدام نظام التحكم بالمباني السابق الذي يتحكم بعمل أجهزة الإنارة حسب قوة السطوع الشمسي .

4- التجهيزات المنزلية الكهربائية :
عند شراء أي جهاز كهربائي منزلي يجب معرفة مدى استهلاكه للطاقة الكهربائية و يوجد شركات و مخابر عالمية مختصة تقوم بحساب المردود الكهربائي للجهاز و على أساسه يتم منح المصنع شهادة جودة خاصة .

5- الأعمال الصناعية :
حتى اليوم لا تزال معظم الصناعات تعتمد على مصادر الطاقة التقليدية و التي كما مرمعنا ترتبط ارتباط و ثيق بالتلوث البيئي ، الصناعات التي تتطلب صهر المعادن تستهلك كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية لذلك تركز الأبحاث الحالية على دراسة تحسين المردود لهذه المنشآت .
من الإجراءات المتبعة للمصانع استخدام محطات تحسين عامل الاستطاعة power factor
و هي عبارة عن مجموعة من اللوحات الكهربائية تحوي بداخلها مكثفات (على الأغلب اسطوانية و مصنوعة من الألمنيوم) هذه المكثفات متصلة مع بعضها بشكل مجموعات ،يتم إدخال المكثفات و إخراجها من الشبكة بواسطة كونتاكتورات خاصة ، الكونتاكتورات تتلقى إشارات التشغيل من وحدة تحكم خاصة تثبت على اللوحة الكهربائية و تقرأ الاستطاعة الكهربائية الردية (var meter)
و تعمل على إنقاصها للحد الأدنى بإدخال مجموعات المكثفات ضمن الدارة الكهربائية المغذية للمنشأة الصناعية .

6- المحركات الكهربائية :
تستهلك المحركات الكهربائية بحدود 65% من إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة في الوسط الصناعي ،المحركات الحديثة Energy-efficient motors يمكن أن تخفض من قيمة الاستهلاك بنسبة 12% .

7- أنظمة البخار :
أكثر من 45% من الوقود المستهلك بالمصانع هو لتوليد البخار. أية منشأة صناعية تعتمد على البخار بصناعتها يمكنها تخفيض الاستهلاك بنسبة 20% تحسين جودة عمل نظام البخار لديها من التطبيقات البسيطة عزل خطوط البخار و التكثيف الراجعة لمنع حدوث أي تسريب للبخار وتحقيق عملية الخنق أو الحصر للبخار، البخار المتكاثف العائد لمرجل الغليان هو عنصر مهم في عملية رفع مردود الطاقة الكهربائية المستهلكة .

8- أنظمة الهواء المضغوط :PNUMATIC :
من الممكن رفع المردود لاستهلاك الطاقة الكهربائية بحدود 20 -50% بتحسين جودة عمل أنظمة الهواء المضغوط للصناعات التي تعتمد هذا النوع من الأنظمة (نظام البنيوماتيك لتشغيل الآلات مثل صناعات المنتجات الورقية الصحية) ، الضواغط الهوائية التي يتم تنظيم سرعتها بواسطة متحكمات السرعة variable-speed driver أو soft driver تستطيع توفير الطاقة بشكل جيد ، تبقى الصيانة الدورية الوقائية مثل تفقد أماكن تسرب الهواء ضرورية .

9- استخدام مادة فايبر- سيراميك (CFCC):
Continuous Fibre Ceramic Composites هذه المركبات من السيراميك تمتاز بخفة الوزن والصلابة و مقاومة عوامل الحت الجوي كما يمكنها أن تعمل تحت درجة حرارة عالية جداً و ليست هشة مقارنة بالسيراميك العادي .

10- الناقلية الفائقة :Superconductivity
المواد ذات الناقلية الفائقة هي المواد التي تنقل التيار الكهربائي بدون وجود مقاومة كهربائية لحركة الالكترونات (مقاومة كهربائيةصغيرة جداً) و بالتالي ضياعات كهربائية معدومة.
هذه المواد تستخدم في التجهيزات التي تحمل تيارات كهربائية كبيرة و لا سيما مشاريع نقل و توزيع القدرة الكهربائية.

11- الطاقة المختزنة :
في أوقات الذروة للاستهلاك في الطاقة الكهربائية تعمل الشبكة الكهربائية بأقصى طاقتها لتأمين الطلب على الطاقة الكهربائية أي كل محطات التوليد تدخل بالخدمة باستثناء المولدات الاحتياطية .
إن اختزان كميات جيدة من الطاقة الكهربائية بوسائل متعددة ثم حقنها في الشبكة الكهربائية أوقات ذروة الاستهلاك من شأنه أن يخفف من وتيرة عمل المولدات الكهربائية أي توفير في الوقود المستهلك لتدويرها ، من وسائل اختزان الطاقة: البطاريات ذات السعات الكبيرة ، المغناطيس ذو الناقلية الفائقة ، خزانات الهواء المضغوط ، تروس الدوران الميكانيكية ، الطاقة الهيدروليكية للماء المضخوخ ، ، المكثفات الكهربائية عالية التخزين .
إن فكرة اختزان الطاقة يشجع على استخدام الطاقات المتجددة بشكل أوسع و يمنح استقراراً أفضل للشبكة الكهربائية .

12- وسائط النقل :

وسائط النقل الحديثة يتم تصميمها بحيث تخفض الانبعاثات الغازية الناجمة منها و هي تعمل على وقود مدعم بالوقود الحيوي ليكون الاحتراق داخا المحرك بأفضل طريقة .

كذلك يجب العمل على حث و توعية الناس لاستخدام وسائط النقل الجماعي بدلاً من الوسائط الفردية .

استخدام الديزل المطور Improved diesel fuel سوف يحسن من أداء وسائل النقل ويقلل من الانبعاثات الغازية الضارة .

استخدام التقنيات الحديثة لوسائط النقل مثل وسائط النقل الكهربائية المختلطة hybrid electric vehicles ووحدات الوقود يمكن أن يضاعف المردود لتلك الوسائط .

يمكن استخدام الإيثانول كوقود لبعض وسائط النقل .

تلوث الهواء
Air Pollution

مقدمة :
الهواء هو أحد أهم عوامل وجود الحياة البشرية، دلت الدراسات أن الإنسان يقوم ب 22000 عملية تنفس في اليوم ويستنشق بحدود 16 كغ من الهواء لذلك وجود الهواء النقي والنظيف أمرمهم جداً لبقاء الإنسان، أي تغيير في تركيبة الهواء النوعية أو الكمية يمكن أن تؤثر سلباً على النظام البيئي .
إن النشاط البشري المتنوع هو المسبب الأول لتلوث الهواء .
يمكن تعريف تلوث الهواء بأنه المواد المختلفة الموجودة ضمن الغلاف الجوي وبتركيز كبير مما يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على سلامة العنصر البشري أو يؤثر بشكل سلبي على حياته اليومية .
باختصار تلوث الهواء يعني وجود ملوثات مختلفة ضمن الغلاف الجوي .

1-3-5مصادر تلوث الهواء :
الصناعات المختلفة ، منشآت توليد الطاقة ،أفران صهر المعادن ،المناجم ،مصافي النفط والفحم بالإضافة لحركة وسائط النقل المختلفة هي كلها المصادر الرئيسة لتلوث الهواء .
النواتج الغازية من العمليات الصناعية ، نواتج الوقود المحترق لتوليد الطاقة ،الكيماويات المستخدمة في الحروب ،التسريبات للمواد الكيماوية من مصانع الكيماويات ولا سيما المبيدات الحشرية وهذه التسربات تصل للغلاف الجوي .
وفقاً لآخر الدراسات :
200 مليون طن من غاز ثاني أوكسيد الكربون..
146 مليون طن من غاز ثاني أوكسيد الكبريت ..
53 مليون طن من غاز أوكسيد الآزوت ....
يتم حقنها إلى الغلاف الجوي كل سنة .
يدخل الغلاف الجوي من كل 1000 غالون من الوقود المحترق ضمن محركات وسائط النقل :
1.5 طن من أول أوكسيد الكربون ، 136 كغ من المواد الكربوهيدراتية ،45 كغ من أكاسيد الآزوت

أكاسيد الكربون :
غازي ثاني أكسيد الكربون وأول أوكسيد الكربون هما من الملوثات الرئيسية ومصدرهما الرئيسي احتراق الوقود ضمن المحركات واحتراق الفحم ،إن وجود غاز ثاني أوكسيد الكربون ضمن الهواء يعني صعوبة في عملية التنفس.
أما غاز أول أوكسيد الكربون فهو نشيط جداً في التفاعل مع خضاب الدم (الهيموغلوبين) لذلك فهو يشكل خطراً فعلياً على الصحة ولوكان بنسب قليلية ،فهو يتحد أسرع من الأوكسجين ب 300 مرة مع الهيموغلوبين ويشكل مركباً يسمى كاربوكسي هيموغلوبين وهذا الأخير يعيق ويضعف عملية نقل الأوكسجين ضمن الدم .
التسمم بكميات قليلة من أول أوكسيد الكربون له أعراض مثل : تأخر التجاوب وردة الفعل ، صداع في الرأس ،الدوار ،الخمول والتعب.
التسمم بنسب أكبر سيسبب :الدوار الشديد ، تسرع خفقان القلب ، صعوبة في التنفس ، وأحياناً الوفاة.
بالنسبة للمرأة الحامل تعرضها لغاز أول أوكسيد الكربون قد يتسبب بوضع مولود مشوه .

أكاسيد الآزوت (النتروجين) :

الآزوت أوالنتروجين ضمن الغلاف الجوي يتحد مع الأوكسجين عند درجة حرارة عالية ويشكل أوكسيد الآزوت NO وهو غير مؤذ عند نسب قليلة ولكن عند تركيز عال يمكن أن يسبب اختناقاً والموت والسبب أنه أسرع من الأوكسجين ب 300000 مرة في الاتحاد مع الهيموغلوبين.

أوكسيد الآزوت يتحد مع الأوكسجين الموجود في الهواء ويشكل ثاني أوكسيد الآزوت NO_2 وهذا المركب له مخاطر على الصحة البشرية فهو مسؤول عن حدوث الأمراض المزمنة وأحياناً قد يتسبب بسرطان الرئة .

الألدهيدات :

هذه المواد لا تتواجد بتركيز مرتفع ضمن الغلاف الجوي ،لكنها جزء ومكون رئيس من الضباب الدخاني smog ،هذه المواد تتسبب بتهييج للعيون وآثار فيزيولوجية أخرى ،كما أنها تسهم في تفاعلات كيميائية تنتج مواداً ضارة، عند تركيز أعلى من المعتاد تتسبب بحدوث تهيج للغشاء المخاطي في الأنف والحنجرة .

الألدهيدات تنتج من الاحتراق الداخلي للغازولين ،الديزل ، الوقود ،الغاز الطبيعي لذلك تعتبر وسائط النقل ضمن التجمعات العمرانية المصدر الأول للتلوث بالألدهيدات كما أن هذه الوسائط تصدر الكربوهيدرات التي من ثم تتحول إلى ألدهيدات بفعل العملية الكهرضوئية، بالإضافة لوسائط النقل جميع عمليات حرق المواد العضوية تطلق ألدهيدات إلى الغلاف الجوي.

المواد المسرطنة Carcinogens :

هي تلك المواد الملوثة والمسببة لمرض السرطان، حيث بينت الدراسات ازدياد نسبة سرطان الرئة في المناطق السكانية التي تشهد كثافة مرورية وانبعاثات كثيفة من وسائط النقل ،من هذه المواد المسرطنة مادة البنزون Benzon ، مادة الأمينيات العطرية aromatic amines وهي مسببة لسرطان المثانة.

مواد مسرطنة أخرى لكن غير عضوية مثل :الزرنيخ ، الكادميوم ، الكوبالت ،الرصاص ،الزئبق، النيكل ،السيلينيوم ،السيليكون ،الفضة ،التوتياء و الأسبيستوس، هذه المواد يمكن أن يحملها الهواء على شكل ذرات غبار معلقة .

الضباب الدخاني Smog:

الكلمة smog مركبة من كلمتين smoke أي دخان و fog أي ضباب، الضباب الدخاني له نوعان الكهروكيماوي و الفحمي ،الظروف المساعدة لتشكل الضباب الكهروكيماوي هي : ركود الهواء ، ضوء شمس كثيف ، تركيز مرتفع للهيدروكربونيات وأكاسيد الآزوت ضمن الغلاف الجوي.

أول مشاهدة للضباب الكهرضوئي كانت في مدينة لوس أنجلوس الأميركية عام 1940 ثم لوحظت هذه الظاهرة في معظم المدن المكتظة سكانياً حول العالم .

الضباب الدخاني يتسبب بتولد مادة (بيروكسي استيل نترات PAN) وهي مادة كيميائية خطرة ومكوناتها الرئيسة هي :أوكسيد الآزوت ،أول أوكسيد الكربون ،الهيدروكربونات، الأوزون .

وقعت حادثة ضباب دخاني في مدينة لندن بين الخامس والثامن من ديسمبر عام 1952 حيث لقي 4000 شخص مصرعهم بسبب الاختناق ، حينها عرف أن الحادثة كان سببها اجتماع عاملين في آن واحد الضباب والتلوث بثاني أوكسيد الكبريت عندما تم إحراق كبريت يحتوي فحماً حجرياً وصادف ذلك قدوم موجة من الضغط المرتفع تسببت بركود الهواء البارد شكلت غطاءً فوق المدينة.

الآثار الناجمة عن تلوث الهواء :

1- التأثير على مواد معينة.
2- التأثير على النباتات .
3- التأثير على الحيوان.
4- التأثير على الصحة البشرية.
5- التأثير على المواصفات الفيزيائية للغلاف الجوي.

الجدول في الأسفل يلخص مصادر تلوث الهواء وآثاره العامة

المادة الملوثة	مصدر التلوث	التأثير
ثاني أوكسيد الكربون	احتراق داخلي للنفط ،للفحم الحجري للبنزين ، للديزل	ظاهرة البيت الأخضر أو البيت الزجاجي .
أول أوكسيد الكربون	احتراق داخلي غير كامل للنفط للفحم الحجري ، للبنزين ، للديزل	الضباب الكيماضوئي وحرمان الجسم من التزود بالأوكسجين
مركبات الرصاص	البنزين الحاوي نسبة من الرصاص	إعاقة نمو الأنسجة العصبية عند الأطفال
أكاسيد الآزوت	الاحتراق الداخلي مرتفع الحرارة في السيارات وبعض محطات الطاقة	تشكل الأمطار الحامضية حساسية لأنسجة الرئة فرط التحسس ضد هجوم الفيروسات
ثاني أوكسيد الكبريت	الاحتراق الداخلي للفحم والنفط ضمن محطات الطاقة	تشكل الأمطار الحامضية
المخلفات النووية	آثار الحروب النووية ، المفاعلات النووية	مواد مشعة تسبب السرطان ، خلل وراثي ، الموت

المادة	المادة الملوثة	عوامل أخرى	التأثيرات
مواد البناء	ثاني أوكسيد الكبريت غازات حمضية	الرطوبة	إزالة الألوان
المعادن	=	الرطوبة الحرارة	فقدان البريق ، تآكل ونقصان المعدن
النسيج	=	الرطوبة ضوء الشمس	نقصان في متانة النسيج
المطاط	المؤكسدات	ضوء الشمس	التشقق
الطلاء	ثاني أوكسيد الكبريت الكبريت الهيدروجيني	الرطوبة الفطريات	إزالة اللون

الـتأثير على مواد خاصة :
هناك خمسة طرق تؤثر بها الملوثات على المواد :
الكشط والحك ، الترسيب والإزالة ، التفاعل الكيماوي المباشر ، التفاعل الكيماوي غير المباشر ، الحت والـتآكل .

التأثير على النباتات :
المواد الملوثة للهواء والتي لها تأثير واضح على النباتات هي : ثاني أوكسيد الكبريت ، فلور الهيدروجين ، كلور الهيدروجين ،الكلور ،الأوزون ،أكاسيد النتروجين ، الأمونيا ،الزئبق ،الإيثيلين كبريتات الهيدروجين ،حمض الكبريت ،المبيدات الزراعية ،الضباب الدخاني .
يتركز الضرر الناجم عن ملوثات الهواء في تركيبة ورقة النبات حيث أن هذه الملوثات تعمل على سد شراييين التغذية للورقة وتخفض من نسبة سحب غاز ثاني أوكسيد الكربون وبالتالي إضعاف عملية التركيب الضوئي .هذه التأثيرات تتراوح بين تخفيض معدل النمو إلى موت النبات .

الـتأثير على عالم الحيوان :
تأثير ملوثات الهواء على حيوانات المزرعة تأخذ خطوتين :تراكم ملوثات الهواء فوق الغطاء النباتي النباتات العادية والتبن ،الثانية :التسمم الغذائي للحيوانات عندما تقتات النباتات والتبن الملوث.
الملوثات التي تؤثر بغذاء الحيوانات النباتي هي :الفلور ،الزرنيخ ،الرصاص ،وهذه العناصر الثلاث تنشأ إما من المنشآت الصناعية المتوضعة بالقرب أو تكون ذرات محمولة في الهواء ناتجة عن منشآت صناعية بعيدة .مركبات الفلور لها الأثر الأخطر على قطعان الأبقار والخرفان ومن أعراض التعرض لهذه المركبات عند الحيوان : فقدان الشهية ،الإعياء والتعب الشديد للحيوان بسبب نقص التغذية ، ، ،انخفاض معدل الإخصاب ، انخفاض كبير بمعدل إنتاج الحليب .
وجود مادة الزرنيخ على شكل رذاذ سائل أو ذرات غبار ناعمة على سطوح النباتات قد تؤدي لتسمم الأبقار و من الأعراض : السيلان اللعابي ، العطش الشديد ، التقيء، الإعياء والتعب الشديدين ، ،اضطراب النبض والتنفس .
محتوي الهواء من مادة الرصاص مصدره بعض الصناعات المعتمدة على الكربون مثل أفران صهر واستخراج المعادن أفران خاصة لاستخراج الكوك من الفحم الحجري، من أعراض التسمم بالرصاص على الحيوان : الضعف الشديد وعدم القدرة على النهوض ،فقدان كامل للشهية ،شلل في عمل جهاز الهضم .

تأثير ملوثات الهواء على الصحة البشرية :
إن استنشاق بعض أنواع الغازات الموجودة ضمن وسط الغلاف الجوي قد ترك آثاراً ضارة جداً على العنصر البشري، وهذه الآثار يمكن تصنيفها لمجموعتين رئيستين :الآثار المزمنة ،الآثارالحادة .
الآثار الحادة تظهر خلال فترة وجيزة من التعرض للمادة الملوثة الموجودة بتركيز عال في الهواء أما الآثار المزمنة فلا تظهر إلا بعد مدة طويلة من التعرض للمادة الملوثة منخفضة التركيز ضمن الهواء .فيما يلي بعض الآثار للملوثات على الصحة البشرية :
1- تهيج شديد للأذن والأنف والحنجرة .
2- تهيج شديد للمجار التنفسية .
3- تخريب حاسة الشم بسبب التعرض لكبريتات الهيدروجين والأمونيا ولو بنسب قليلة .
4- أمراض رئوية مزمنة تتفاقم بسبب التركيز المرتفع لثاني أوكسيد الكبريت وثاني أوكسيد الآزوت والضباب الدخاني .
5- غبار الطلع المنتشر بالهواء يمهد للإصابة بأمراض الربو .

6- ملوثات جوية مسببة للسرطان .
7- أمراض المجار التنفسية سببها ذرات غبار كيماوية المنشأ، فمرض سيليكوسيس Silicosis سببه مادة أو غبار السيليكات المنبعث من مصانع الإسمنت ومرض أسبيستوسيس Asbestosis ينشأ من المنشآت التي تستخدم مادة الأسبيستوس.
8- التسمم بالرصاص يحدث بسبب دخول الرصاص عبر المجار التنفسية والرئتين.
9- أمراض في العظام والأسنان يسببه فلور الهيدروجين.
10-التعرض لغاز أول أوكسيد الكربون من الممكن أن يتسبب بحدوث الوفاة عن طريق الاختناق وهو أيضاً يرفع من مستوى التوتر عند الأشخاص الذين يعانون من أمراض الأوعية الدموية و الرئتين.
11- بشكل عام تلوث الهواء يرفع من نسبة الإصابة بالأمراض ونسبة الوفيات .
12- التسرب الإشعاعي من المحطات والمفاعلات النووية يمكن أن يسبب السرطان ،تقصير فترة الحياة ، خلل في التركيبة الوراثية.

3-3-5معالجة المنشأ للحد تلوث الهواء Source Correction Method :

وهي تعرف أيضاً بطريقة منع تلوث الهواء عند المنشأ ويمكن تحقيق ذلك بواسطة :
1- تغيير المواد الأولية المستخدمة في الصناعة .
2- التغيير في مراحل وطرق التصنيع.
3- تعديل أدوات الصناعة أو استبدالها.
الصناعة على أنواعها تلعب دوراً كبيراً في تلوث الهواء، تشكل الملوثات الجوية أثناء عملية التصنيع يمكن منعه أو تقليله ، انبعاثات الملوثات يمكن تقليلها عند مصدرها في بداية العملية الصناعية وذلك باستخدام التصاميم والتقنيات الحديثة في الصناعة.

طرق معالجة المنشأ هي :

التغيير في المادة الأولية :عند استخدام مادة أولية في الصناعة ينجم عن استخدامها حصول نسبة من التلوث في الهواء لذلك من الأفضل لسلامة البيئة استبدال هذه المادة ببديل يكون له تأثير أقل ضرراً على الهواء بشكل خاص والبيئة بشكل عام.
من الممكن أيضاً أن المادة الأولية المستخدمة في الصناعة تحتوي في تركيبتها مواد غير أساسية في عملية التصنيع لكنها تساهم في تلوث الهواء هذه المواد غير الأساسية يجب التخلص منها عبر عملية تنقية للتقليل من مستوى التلوث الجوي.
- الوقود قليل نسبة الكبريت يمكن استخدامه كبديل للوقود مرتفع نسبة الكبريت.
- استخدام الغاز السائل المنقى LPG أو استخدام الغاز الطبيعي المسيل LNG كبدائل للوقود التقليدي .
التعديل في عملية التصنيع : انبعاثات الملوثات إلى الغلاف الجوي يمكن الحد منها باعتماد عمليات تصنيع مطورة وجديدة :
إذا خضع الفحم الحجري لعملية غسيل قبل أن يتم طحنه فإن كمية الشوائب الطيارة (الرماد) يمكن أن تقل بشكل كبير.
إذا تمت معايرة صمام سحب الهواء لأفران ومراجل الماء في محطات توليد الطاقة فإن نسبة الرماد المتطاير سوف تنخفض.
استخدام الأغطية والأنابيب والمجار لبعض الأفران الصناعية لم يساهم بتخفيض نسبة الملوثات فقط بل منع بعض أنواع المذيبات الكيميائية من التحول إلى مواد ملوثة للهواء.
بشكل مشابه المواد الطيارة يمكن معالجتها وإعادة تركيبها بعملية التكثيف أما الغازات غير قابلة للتكثيف فيمكن إعادة تدويرها من أجل حصول تفاعلات إضافية.

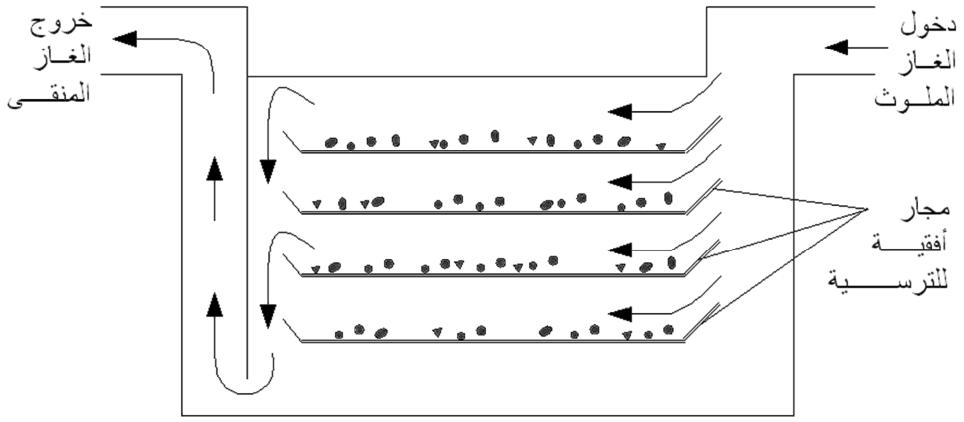
تعديل أو استبدال الأدوات :
على سبيل المثال الأبخرة ،الدخان ، أول أوكسيد الكربون يمكن تخفيض نسبتها إذا تم استبدال الأفران المفتوحة التقليدية بأخرى تعمل على الأوكسجين أو الأفران الكهربائية.
في مصاف البترول نقص الأبخرة الهيدروكربونية من الخزانات بسبب التبخر، التغير في درجات الحرارة أو عمليات الإزاحة أثناء التعبئة يمكن تقليلها بتصميم خزانات ذات أغطية فواشة floating roof covers .
أيضاً إخضاع الخزانات السابقة لضغط معين يمكن أن يعطي نفس النتائج.
إن ضعف الصيانة الدورية والوقائية للتجهيزات تتسبب بحصول تلوث هوائي فالتسريبات من وصلات الأنابيب والمجار والصمامات والمضخات تساهم في انبعاث الملوثات للغلاف الجوي لذلك لابد من القيام بالفحوصات الدورية للعوازل الكوشوكية O-ring Seals المستخدمة في وصلات الأنابيب (الجوانات) .

مكافحة التلوث بالوسائل عند المنشأ Control at Source by Equipment
إن أكثر الطرق فعالية في الحد من التلوث الهوائي هي منع حدوث انبعاثات للملوثات عند المنشأ نفسه لهذه الملوثات .
عند اختيار الوسائل والتجهيزات اللازمة فإن معلومات معينة يجب توافرها وهي :
1- كمية الغاز التي سوف يتم معالجتها وتغيرها مع الزمن.
2- طبيعة وتركيز المادة التي سيتم التخلص منها.
3-درجة الحرارة والضغط للتيار الغازي.
4- طبيعة الطور الغازي.

يمكن تلخيص وسائل مكافحة التلوث الهوائي عند المنشأ كالتالي :
وسائل للمحتوى الغازي : الامتصاص الرطب – الامتصاص الجاف .
وسائل للمحتوى من الجزيئات الصلبة : حجرة الترسية الوزنية – الفلاتر الليفية - جهاز الفصل الالكتروستاتيكي – برج نفث الرذاذ .

حجرة الترسية الوزنية Gravity Settling Chamber :
في حجرة الترسية الجزيئات ذات الكتلة الحجمية العالية تتجه بفعل الجاذبية الأرضية نحو قعر الحجرة حيث يتم لاحقاً إزالتها،يتم وضع رفوف أفقية تصطف فوق بعضها ضمن الحجرة بهدف تسريع عملية الترسية للشوائب بتقصير زمن الوصول للقعر.
هذه الطريقة في معالجة تلوث الهواء هي الأبسط حيث أنها وسيلة بسيطة التصميم والتشغيل والصيانة و من الممكن أن تؤدي وظيفة الكشط من السطح بشكل تمهيدي، يتعلق مردود التنقية للحجرة بحجم الشوائب فكلما كان حجم الشوائب أكبر كان المردود أعلى .
الشكل (69) يوضح بنية هذه الحجرة.

الحجرة مزودة بمساحات موسعة وذلك لتقليل السرعة الأفقية لجزيئات الشوائب و زيادة السرعة العمودية اللازمة لوصول جزيئات الشوائب للقعر.
الحجرة تعمل عادة بسرعة ترسية تتراوح بين 0.5 و 2.8 م/ثا و للحصول على مردود جيد يجب أن يتدفق الغاز الملوث بسرعة منتظمة أقل من 0.3 م/ثا ،
تصميم حجرة الترسية يعتمد على مبدأ الجريان الطبقي laminar flow و هو يتطلب وجود رفوف أفقية بمساحة كبيرة أو بعدد كبير مع شكل خاص للحجرة، معظم جزيئات الشوائب ضمن الحجرة ستتدفق بشكل غير منتظم أي ليس بجريان طبقي لذلك فإن تصميم الحجرة على هذا الأساس هو تصميم عملي وأكثر كفاءة من التصميم على أساس الجريان الطبقي.



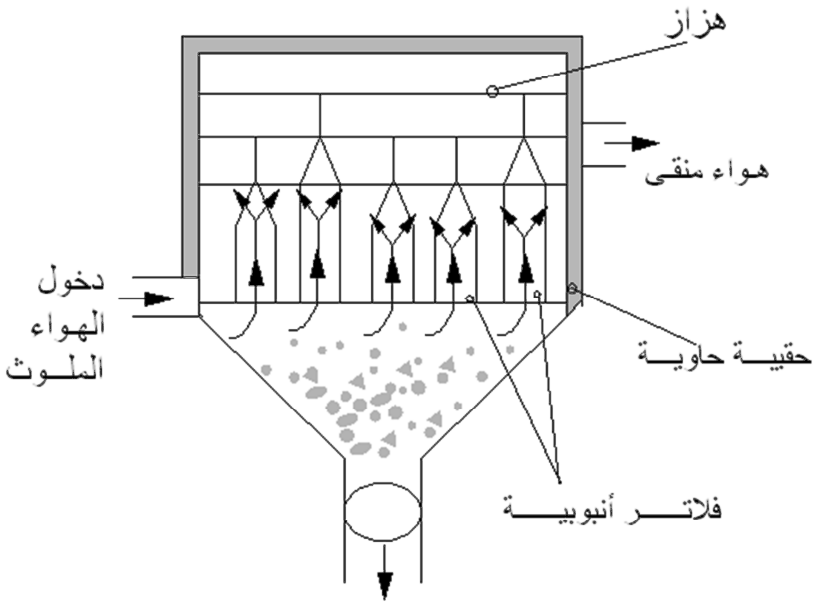
الشكل(69)

يجب أن تكون حجرة الترسية مصممة لإزالة 99% من الشوائب عند تصميم حجرة الترسية ذات الجريان غير المنتظم هناك نقطتان تؤخذان بعين الأعتبار : أولاً الطبقة القريبة من القعر والتي لاتصلها دوامات الجريان الإعصارية وأي جزيئة شوائب تمر عبر هذه الطبقة سيتم التقاطها في الحال.
ثانياً الحركة الإعصارية الناتجة عن الجريان غير المنتظم سوف تبعثر الجزيئات من كافة الأحجام.

الفلاتر الليفية Fabric Filters:

تعتبر عملية الفلترة أو الترشيح واحدة من أقدم الوسائل المستخدمة لفصل الشوائب عن الغاز الذي يحملها، هذا الفلتر عبارة عن وعاء مسامي مكون من مواد حبيبية أو ليفية بحيث تحتفظ بجزيئات الشوائب وتسمح للغاز بالعبور عبرفجوات الفلتر.
الجزيئات صغيرة الحجم يتم احتجازها عل جدار الفلتر بواسطة الاعتراض المباشر،الإبطاء القسري الانتشار والانتثار ،الترسية الوزنية .
يمكن تركيب وبناء الفلتر من أي مادة تتوافق مع الجزيئات الشائبة والغاز الحامل لها والتي يمكن تحويلها لنسيج ليفي ،الفلاتر القماشية والفلاتر السريرية .
الشكل(70) يوضح مبدأ عمل الفلتر الليفي .

الفلاتر السريرية تمتلك مساحات فتحات واسعة تصل لحدود 97% من الحجم الأصلي، الفلاتر الليفية تتكون من حاويات أو حقائب أنبوبية أو حاويات قماشية وهي مناسبة لالتقاط الغبار بتركيز 1 غرام في المتر المكعب وهي قادرة على إزالة الشوائب حتى حجم 0.1 ميكرون.
الحقيبة الحاوية أو الحقيبة المغلفة Bag house تتألف من حقيبة بطول 2 إلى 6 سنتمتر النهايات العلوية تكون مغلقة والنهايات السفلية متصلة مع مدخل الدخول، القمع السفلي يفيد في جمع الشوائب المزالة، الغاز الداخل عبر فتحة الدخول يصطدم بصفيحة التحكم بالجريان والتي تتسبب بسقوط الجزيئات الكبيرة إلى أسفل القمع تحت تأثير الجاذبية بعدها الغاز يتدفق باتجاه الأعلى عبر الأنابيب ويخرج من فتحة الخروج كغاز منقى تاركاً جزء من الشوائب على شكل الكعكة المخبوزة cake داخل الحقائب الأنبوبية.
من أجل ضمان المردود الجيد وفترة تشغيل طويلة يجب تنظيف الحقائب من الشوائب و بشكل دوري بواسطة هزاز ميكانيكي لمنع تشكل طبقات سميكة من الشوائب على السطح الداخلي للحقائب.



الشكل(70)

جهاز فصل الشوائب الالكتروستاتيكي Electrostatic Percipitators :

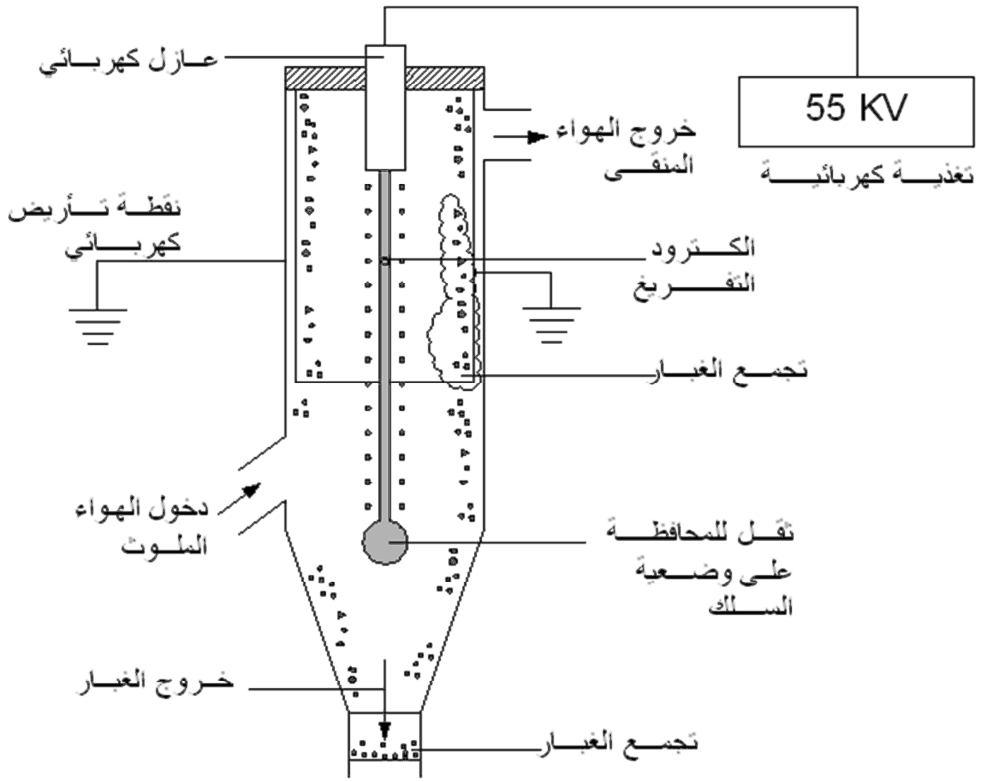
هذا الجهاز يعتمد على استخدام الطاقة الكهربائية بشكل مباشر لإزالة الشوائب .
هنا جزيئات الشوائب يتم شحنها بتطبيق حقل كهربائي ومن ثم يتم فصلها عن التيار الغازي تحت تأثير الحقل الكهربائي المطبق، المكونات الرئيسة لهذا الجهاز هي :

1- سطح تجميع ذو قطبية موجبة متصل بقطب التأريض الكهربائي .
2- سلك الكترود للشحن الكهربائي يعمل بتوتر كهربائي عال 50 كيلو فولت.
3- عازل عبور للتوتر العالي يخترقه الالكترود عند أعلى الجهاز.
4- ثقل أو كتلة توضع عند أسفل الالكترود لضمان عدم تغير وضعيته بتأثير التيار الغازي.

مبدأ عمل الجهاز كالتالي : عندما يمر الغاز الحامل للشوائب بين قطبين كهربائيين (الكترودات) يصنعان بينهما حقلاً كهربائياً فإن الشوائب المتأينة ستنحرف عن مسارها بفعل الحقل الكهربائي ليتم لاحقاً إزالتها .
هذا النوع من الوسائل شائع الاستعمال من أجل التركيبات والتجهيزات المختلفة بدأً من الأجهزة المنزلية وحتى منشآت توليد الطاقة الكهربائية، معامل الإسمنت والورق ،مطاحن الحجر وغيرها وفقاً لنوعية الالكترود المستخدم هناك نوعين لهذا الجهاز :

جهاز الفصل ذو الأنبوب Pipe-type Precipitator :

الشكل(71) يظهر مكونات هذا النوع .
في هذا النوع معظم الأنابيب المستخدمة تعمل عمل الكترود لاقط للشوارد(الإيونات)، يتنوع شكل مقطع الأنبوب فيمكن أن يكون دائري ،مربع أو مستطيل ، الكترود الشحن عبارة عن سلك ذو مقطع صغيرمعلق على طول محور الأنبوب ،السلك معلق من خطاف في الأعلى ومعزول كهربائياً وفي النهاية السفلى للسلك يعلق ثقل ذووزن كاف لضمان عدم تأرجح السلك عند عمليات التظيف.



الشكل(71)

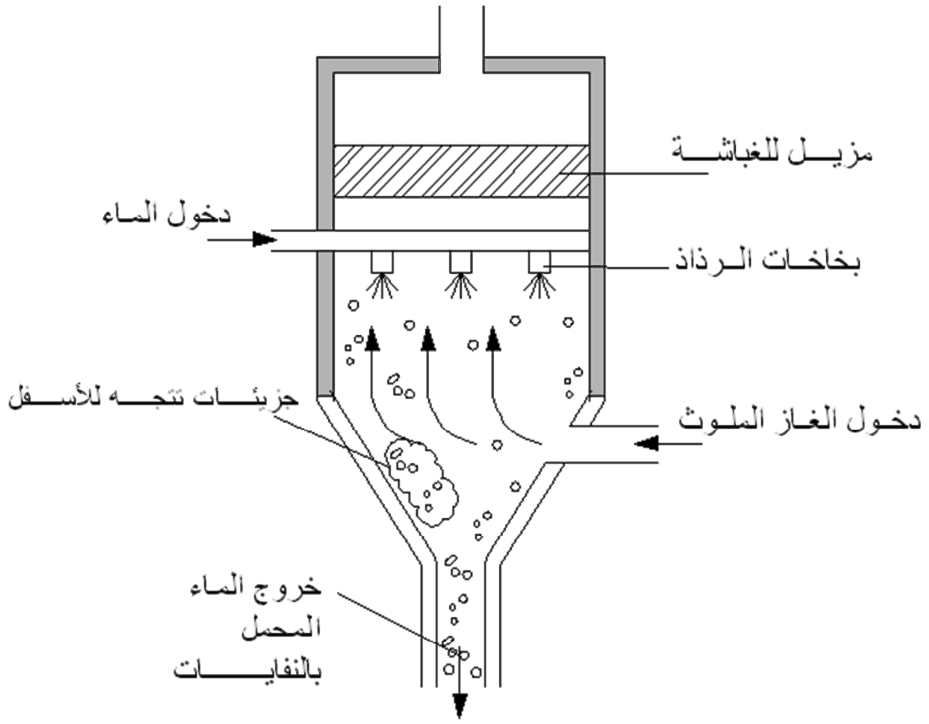
طريق جريان الغاز هو نحو الأسفل و خارج الأنابيب ثم نحو الأعلى من داخل الأنابيب، الغاز الملوث يدخل من الأسفل ثم يتدفق باتجاه الأعلى بين سلك التوتر العالي وبين الصفيحة المؤرضة ،التوتر الكهربائي المرتفع في السلك يتسبب بتأين الغاز (ظهور حركة شوارد ضمن الغاز) الشوارد السالبة تتجه نحو الصفيحة المؤرضة و تحت تأثير الحقل الكهربائي تتجه الشوائب المشحونة سلباً نحو السطح اللاقط ذو القطبية الموجبة حيث يتم جمعها ثم التخلص منها.
السطح اللاقط يخضع لعمليات اهتزاز لإزالة الشوائب المتراكمة على جدرانه بحيث لا تتجاوز سماكة هذه الشوائب 6 مم وإلا فإن الانجذاب الكهربائي يضعف وينخفض مردود الجهاز.

جهاز الفصل ذو الصفيحة Plate- type Precipitator:

في هذا النوع الالكترودات اللاقطة تتألف من صفائح متوازية بعرض 1 إلى 2 متر وارتفاع 3 إلى 6 متر، البعد بين الصفيحة والصفيحة التي تليها هو بحدود 20 إلى 30 سم ، عدد الصفائح يعتمد على جريان الغاز عند الدخول بحيث تكون سرعة دخول الغاز بحدود 1 إلى 2 م/ثا في كل قناة ،الكترود التفريغ الكهربائي يصنع من مواد غير قابلة للتآكل مثل التنغستين ،خلائط الفولاذ والنحاس وله نفس توضع الالكترود في النوع السابق ،التقاط وجمع الشوائب المشحونة يتم على الجدران الداخلية للصفائح المتوازية ،الشوائب المتراكمة على أسطح الصفائح يمكن إزالتها بإحداث اهتزاز منتظم .
جهاز الفصل الالكتروستاتيكي يتمتع بمردود مرتفع 99% ويمكن تشغيله عند درجات حرارة عالية 600 درجة مئوية وعند ضغط مرتفع واستهلاكه للطاقة الكهربائية منخفض نسبياً، هو جهاز عملي واقتصادي وسهل التشغيل مقارنة بأجهزة أخرى.

برج نفث الرذاذ- الغسالة Spray Tower :

في هذه الوسيلة يتم التخلص من جزيئات الشوائب المعلقة ضمن الهواء عن طريق دمجها ضمن قطرات سائلة.
يتم دخول الماء إلى البرج عبر فتحة خاصة ثم يتم توزيع الماء على عدد من البخاخات التي تقوم بنفث الماء على شكل رذاذ نحو الأسفل، حيث أن الغاز الملوث يتجه نحو الأعلى فإن كل الشوائب الموجودة ضمن الغاز والتي لا يقل حجمها عن 10 ميكرو متر تصطدم بذرات الماء المنفوثة من البخاخات وتندمج معها ، تحت تأثير الجاذبية الأرضية تتجه قطرات الماء الحاوية على الشوائب نحو أسفل البرج حيث تتجمع ليتم التخلص منها.الشكل(72) في الأسفل يوضح آلية عمل هذا الجهاز.

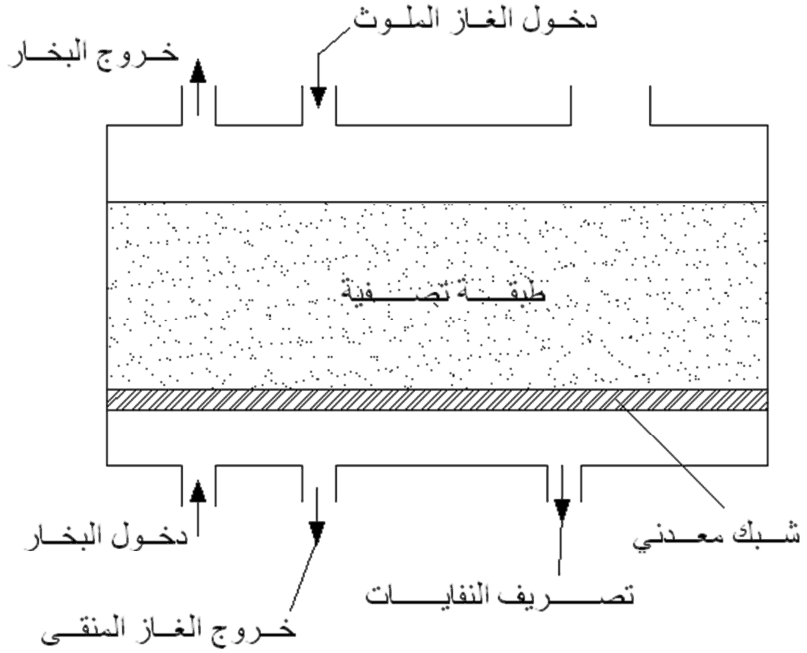


الشكل(72)

طريقة الضم أو الالتصاق Adsorption :

تعتمد هذه الطريقة على تركيز الشوائب الغازية وتجميعها على مادة وسيطة بحيث يصبح من السهل التخلص منها، من أكثر المواد استخداماً في معالجة تلوث الهواء :الكربون النشط ،الألومينا النشط ، مادة السيليكات (سيليكا جيل)، هذه التقنية شائعة الاستخدام في معالجة الروائح الكريهة في الهواء حيث يتم إزالة كميات صغيرة من الملوثات المنتشرة ضمن حيز فراغي كبير من الهواء .
المبدأ الفيزيائي يقوم على أساس القوى الجاذبة للأجسام و هي تلك القوى التي تحافظ على تماسك مكونات الجزيئات والشوارد أي تحافظ على الرابط بين الذرات ضمن الجزيء، هذه القوة لها تأثير على سطوح الأجسام الصلبة بحيث تقوم بضم جزيئات من مادة أخرى في حال وجود احتكاك كاف أي أن مادة غازية أوسائلة سوف تلتصق بدرجة معينة إلى أي سطح لمادة صلبة.
الشكل(73) يوضح هذا المبدأ .
يمكن تصنيف عملية الضم إلى نوعين : ضم فيزيائي وضم كيميائي .
في الضم الفيزيائي جزيئات الغاز تلتصق إلى سطح المادة الصلبة نتيجة لمحصلة قوى تجاذب الجزيئات بين بعضها، هذه العملية منتجة للحرارة والحرارة الصادرة تتعلق بشدة القوى الجاذبة

من مزايا هذه الطريقة أنها قابلة للعكس والمادة الملتصقة (الملوثات) يمن إزالتها بسهولة إما بإنقاص الضغط أو تخفيض درجة الحرارة دون إحداث أي تغييرفي المحتوى والتركيب الكيميائي.
عملية الضم الفيزيائي تتناسب طرداً مع عدد السطوح الصلبة المستخدمة .



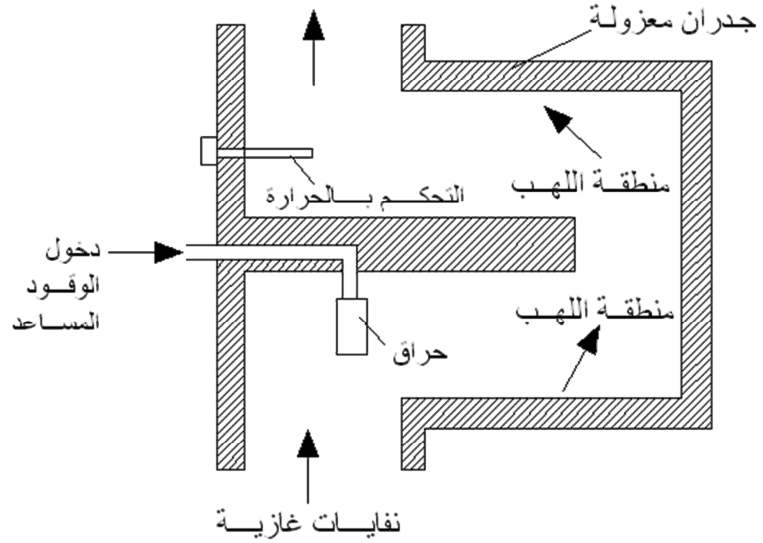
الشكل(73)

في الضم الكيميائي يحدث تفاعل بين المادة الضامة والمادة المضمومة (الملوثات)، هنا تكون القوى المؤثرة أشد من النوع الفيزيائي وكمية الحرارة المنطلقة من التفاعل أكبر بكثير كما أنها تتطلب طاقة كهربائية أقل ، هذه العملية غير قابلة للعكس و هي تقوم بدور التنشيط للتفاعل الكيميائي في عدد من أنظمة معالجة الهواء.

طريقة الاحتراق الداخلي Combustion :

في هذه الطريقة يتم إطلاق المواد العضوية من عمليات التصنيع ومن ثم تحويلها إلى ماء وثاني أوكسيد الكربون غير الضار، الجهاز المستخدم لمعالجة الانبعاثات الملوثة للجو يدفع عملية احتراق الأوكسجين لتكون عملية احتراق شبه كاملة للأوكسجين مخلفة أقل ما يمكن من النفايات غير المحترقة الاحتراق الكامل يمكن تحقيقه بوضع النسب الصحيحة من الأوكسجين ودرجة الحرارة ،
اضطراب التدفق و مدة زمنية كافية .مجال العمل الحراري يتراوح بين 378 و 825 درجة مئوية زمن العملية يتراوح بين 0.2 و 0.6 ثانية وسرعة الغاز تتراوح بين 4 إلى 8 م/ثا ، نوعية عملية الاحتراق تعتمد على نوعية الوقود المستخدم و درجة تركيزه ، هناك ثلاثة طرق لإجراء الاحتراق:

1- الاحتراق باللهب المباشر :Direct flame combustion
يتم هنا إحراق النواتج أو الفضلات الغازية بشكل مباشر ضمن حراق خاص بوجود أو عدم وجود وقود مساعد مثل الغاز الطبيعي، الشكل(74) يوضح هذه العملية .



الشكل(74)

2- الاحتراق الحراري Thermal combustion :

عندما يكون تركيز الملوثات القابلة للاحتراق دون الحد اللازم لحدوث عملية الاشتعال فإن جهاز الحرق الحراري thermal incinerator يكون الحل الأنسب، يتم هنا تسخين الفضلات الغازية وبشكل أولي ضمن مبادل حراري و من ثم تمريرها عبر منطقة الاحتراق ضمن جهاز حراق مزود بوقود تكميلي ،النتيجة هي أن الملوثات القابلة والمعدة للاحتراق تصل لدرجة الإشعال اللازمة لحدوث الاحتراق الداخلي وتحترق مع الأوكسجين، فيما يلي درجات حرارة التشغيل:

الملوثات مواد هيدروكربونية .....500 – 750 درجة مئوية

الملوثات أول أوكسيد الكربون.....680 – 800 درجة مئوية

الملوثات روائح ..... 680 – 700 درجة مئوية

3- الاحتراق المنشط كيماوياً Catalytic combustion :

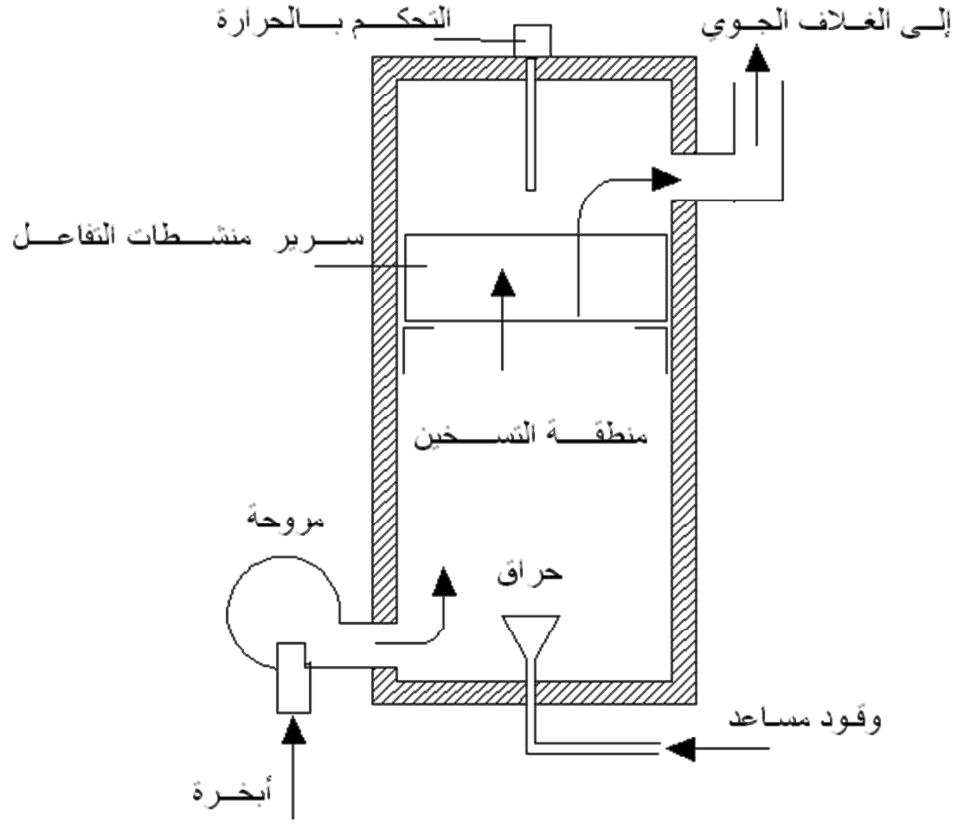
هذه العملية عبارة عن تفاعل كيماوي على السطح وهي طريقة مناسبة لاستغلال أكبر مساحة ممكنة من السطح أو السرير الكيماوي، هذا النوع من الاحتراق يسرع التفاعل الكيماوي دون أن يحدث تغييرات كيميائية ضمن الوسط ، يحصل هذا الاحتراق على ثلاثة خطوات :

1- ضم الغاز على السطح النشط كيماوياً .

2- تفاعل كيماوي للملوثات بوجود الأوكسجين.

3- نزع نواتج التفاعل عن سطح التفاعل .

الشكل(75) يوضح هذا المبدأ.



الشكل(75)

الفصل السادس

تلوث البحار والمحيطات
Marine Pollution

مقدمة :
مياه المحيط ذات طبيعة مالحة تحتوي بحدود 3.5% من المواد الصلبة المنحلة، هذه المواد المنحلة هي مواد غير عضوية وأغلبها معادن مثل كلورات الصوديوم ،هذه الملوحة تجعل من مياه البحر أو المحيط مياهاً غير صالحة لمعظم الاستخدام، للأسباب السابقة اعتبرت مياه المحيطات كمكب نفايات ضخم يتم تصريف النفايات المختلفة فيه ،كل مياه الصرف يتم تحويلها باتجاه القنوات والأنهار والجداول التي تصب نهاياتها في البحر وفي المناطق الساحلية مياه الصرف تتجه مباشرة نحو البحر.
على الرغم من ضخامة الوسط البيئي للمحيط إلا أن قدرته على استيعاب كل أنواع النفايات تبقى محدودة، إن من أخطر آثار صرف النفايات ضمن المحيط هي تدمير الحياة البيئية ضمن المحيط و لاسيما الطحالب والإشنيات المنتجة للأوكسجين من خلال عملية التركيب الضوئي والتي تعتبر كمصدر غذائي رئيسي لكثير من أحياء البحر والمحيط، في كثير من الأحيان فضلات الصرف التي تحول للبحر تحملها الأمواج من جديد باتجاه الشاطىء مسببة ضرراً من نوع آخر .
فيما وراء مصبات الأنهار ومياه الساحل الضحلة نسبياً تتخزن مياه المحيط التي تشكل نسبة 70% من سطح الكرة الأرضية، المحيط يعتمد بشكل كامل على مصبات الأنهار في وصول المغذيات إليه والتي يتم دفعها بواسطة التيارات البحرية باتجاه القعر لتقتات عليها بعض الأحياء البحرية.
إن حصول أي نقص أو خلل في عملية وصول المغذيات للأحياء أو في طبيعة الحياة البيئية ضمن المحيط يعني تدمير بيئة المحيط وهذا له آثار خطيرة جداً على الحياة البشرية .

6-1-1مصادر تلوث مياه البحر والمحيط :

1-الوحل Sludge :
لعهود طويلة الكثير من المدن الساحلية تخلصت من أوحال الصرف بتحويلها إلى البحر، كمثال مدينة نيويورك الأميركية ومحيطها ونيو جيرسي و لمدة 60 سنة رمت بوحل الصرف إلى مياه المحيط الأطلسي حيث كان عمق مياه الشاطىء بحدود 25 متر، في عام 1984 تم ضخ بحدود 8 مليون طن من وحل الصرف للمحيط الأطلسي ، تلك البقعة من المحيط أصبحت حاوية على نسبة كبيرة من البكتريا التي منعت حصول صيد الأسماك كما احتوت على نسبة عالية من المعادن السامة ومادة ال PCB وهي مادة مسببة للسرطان، الحياة البحرية الطبيعية اختفت تقريباً من تلك البقعة والتيارات البحرية حملت الأوحال ورمتها على طول الشاطىء.

2- بقع النفط Oil Spills :
تعتبر بقع النفط أو أي مادة زيتية طافية على سطح الماء من أخطرأنواع التلوث للمحيطات والبحار وتشكل تهديداً كبيراً للمنظومة البيئية البحرية، تأتي بقع النفط من عدة مصادر : مصدر طبيعي هو تسرب النفط من قاع البحر ، انحلال وتفسخ العضويات الميتة النباتية والحيوانية، و مصادر غير

طبيعية كالمنشآت الصناعية على شواطىء البحار، أعمال الحفريات قرب الشاطىء، التسرب من ناقلات النفط، فضلات السفن.
الزيت الذي يرمى بالمحيط ذو طبيعة زلقة فيطفو على السطح ،إذا تم امتصاص الزيت من قبل مادة صلبة فإنه سيتجه للأعماق، الزيت الطافي أو المعلق تحت سطح الماء يتم امتصاصه من قبل مليارات من العضويات الدقيقة والتي يمكن تشبيهها بورقة امتصاص بيولوجية.
العضويات التي تمتص الزيوت الملوثة هي غذاء لعضويات أخرى وتلك الأخيرة عندما تتغذى على العضويات الدقيقة الماصة للزيوت فإنها سوف تحتفظ بالزيوت الملوثة داخل أجسامها ، الزيوت الملوثة ستصل ينسبة أكبر للعضويات الكبيرة التي تتغذى على كميات كبيرة من الأسماك الملوثة كالحيتان والفقمة و بعض أنواع الطيور والإنسان ، هذا له تأثير خطير على جودة الصيد البحري ويفسر وجود مذاق سيء لبعض أنواع الأسماك التي تسبح بالقرب من السفن وتقتات على فضلاتها.
بالإضافة لتدمير الحياة البحرية الزيوت الماوثة لها تأثير خطير على الشواطىء عندما تحملها التيارات المائية وتضعها على طول الشاطىء بحيث أن يمكن مشاهدة جثث الكثير من طيور البحر على الشاطىء وريشها مصبوغ بهذه الزيوت.
تجمع بقع الزيت على الشاطىء يعني تدمير السياحة الشاطئية وينعكس سلباً على الاقتصاد.

من التقنيات المتبعة لإزالة بقع الزيت :
- حرق بقع الزيت في مكانها .
- إبقاء البقعة على حجمها ثم تبريدها بواسطة مواد مجمدة بحيث تصبح عديمة الأذى.
- تحويل الزيت إلى مستحلب بمواد كيماوية بحيث تتفكك البقعة وتتناثر البقايا بفعل التيارات البحرية .
- إغراق الزيت نحو الأسفل باستخدام خراطيم تضخ الماء فوق الزيت.
- استخدام الطرق الميكانيكية لإزالة البقع من على سطح الماء في الشواطىء.
- طريقة كشط السطح بواسطة سفن خاصة تستطيع كشط 7 أطنان من الزيت في الساعة.
- استخدام الأكياس الكوشوكية لسحب الزيت rubber bladders .

3-التخلص من النفايات Wastes Disposal :

يمكن تقسيم النفايات لنوعين نفايات محلية ونفايات صناعية، النفايات المحلية تتضمن :مياه الصرف المنظفات ،الماء الفائض من الأعمال الزراعية، النفايات الصناعية تتضمن :المعادن الثقيلة، الكيماويات غير العضوية ،المخلفات الإشعاعية، الماء المسخن.
إن النفايات الصناعية متنوعة جداً لدرجة يصعب حصرها على سبيل المثال في الولايات المتحدة الأميريكية و في كل عام يتم التخلص من :7 مليون مركبة نقل، 20 مليون طن من الورق ،48 بليون علبة طعام معدنية، 46 بليون زجاجة و قطرميز، معظم هذه المواد مصنوع من الألمنيوم والبلاستيك.
صناعة التعدين تطرح أكثر من 3 بليون طن من الأحجار والصخورو توابعها.
و فقاً للسجلات الحكومية في كل عام في الولايات المتحدة الأميركية البحار والأنهار والمصبات تتلقي 50 تريليون غالون من الماء الساخن المستخدم في عمليات التبريد الصناعية و كميات كبيرة يصعب قياسها من الملوثات العضوية والكيماوية الخارجة من المدن والمنشآت الصناعية.
المواد الهيدروكربونية الحاوية على الكلور هي نوع آخر من الملوثات ذات المنشأ الأرضي والتي لفتت انتباه المجتمع الدولي و هذه المواد تشمل المبيدات الزراعية ومنها مادة ال DDT المعروفة في عالم الزراعة ،هذه الكيماويات تدخل مياه المحيط عن طريق الماء الفائض من الأعمال الزراعية، يقدر أنه حوالي نصف المبيدات الزراعية الغازية التي يتم رشها تحمله الرياح باتجاه الغلاف الجوي.
وجدت مادة DDT في أجساد طيور البطريق و طيور شاطئية أخرى نافقة.
يعتبر التلوث البحري بالفضلات أشد خطورة من التلوث الزيتي والسبب أن الملوثات تصل لعدد كبير جداً من العضويات الدقيقة والتي تشكل حجر الأساس في السلسلة الغذائية لباقي الأحياء البحرية .

6-1-2مكافحة التلوث في البحار والمحيطات :

يمكن تقسيم المحيطات إلى زمرتين : الأولى محيطات تدعى بعض الدول حق السيادة المطلقة عليها والزمرة الثانية محيطات أو بحار مشتركة بين عدة دول، لكن هذا لا يعني أن الدول ذات السيادة المطلقة لها كامل الحرية في التصرف فيما يخص موضوع التلوث أي لا يحق لها تلويث مياه البحر وبدون أية قيود أو حدود لأن مشكلة التلوث البحري مشكلة عالمية وتصرف خاطىء لإحدى الدول سينعكس سلباً على باقي دول العالم.

من التدابير المتخذة للحد من التلوث البحري :

1- مياه الصرف السكنية والصناعية يجب إخضاعها للمعالجة قبل تحويلها للبحر، التلوث الملاحي الناجم عن ضخ مياه الصرف من السفن إلى البحر يجب منعه في المياه الساحلية.

2- مياه الصرف الساحلية التي تصب في البحر يجب مراقبتها بأخذ عينات دورية وتحليلها.

3- المشاريع التي يتم بناؤها قرب وعلى شاطىء البحر يجب منحها الرخصة بعد دراسة مفصلة لتأثير هذا المشروع على البيئة ووضع كافة التدابير الحامية للبيئة وخطط الطوارىء في حال حدوث الكوارث البحرية كالأعاصير و المد المرتفع.

4- أعمال بناء الطرق على الساحل والتي تتقاطع مع المجار المائية والتي تسبب تآكل للتربة يجب دراستها بالشكل المناسب للمنظومة البيئية.

5- يجب مراقبة حدوث عملية حت التربة غبر الطبيعي عند السواحل، فعمليات الكشط والحفر ومن ثم رمي التراب والحجارة في ماء البحر يجب أن تخضع لشروط صارمة كي لاتضر بدورة الحياة البيئية.

6- عند التخطيط لإنشاء مناطق الاستجمام على الشاطىء يجب الاعتماد على المعايير الصحية والجمالية، يجب منع المصطافين على الشواطىء من رمي الفضلات والنفايات غلى الشاطىء أو في مياه البحر ووجود دورات مياه كافية على امتداد الشاطىء.

7-أعمال الصيد يجب أن تتم على أسس علمية، ففي مناطق التآكل يجب التخطيط لإجراءات حماية الساحل، كما يجب مراقبة درجة الملوحة باستمرار.

8-حماية الغطاء النباتي والتنوع الطبيعي ضمن مياه الشاطىء كالمنغاروف والمرجان .

9-المناطق الزراعية الخصبة القريبة من البحر(مثل دلتا النيل) يجب زراعتها على أسس علمية دقيقة للحد قدر المستطاع من أخطار استخدام المبيدات الزراعية.

يجب على ..إدارة تطور المحيط ،إدارة شؤؤون البيئة ،الحكومات المركزية ،الصناعات المرتكزة على الساحل ، البحرية ،المنظمات اللاحكومية ،سلطات الميناء ، السلطات المدنية للبلدات والمدن الساحلية أن تتعاون جميعها لوضع استراتيجية فعالة لإدارة المناطق الساحلية بما يضمن حماية البيئة.

دور القانون :

في عام 1967 وقع حادث لناقلة النفط الأميركية تيري كانيون مما أدى لصياغة اتفاقيتين دوليتين الأولى: المعاهدة الدولية لأعالي البحار في حالة حدوث ضحايا من التلوث بالنفط :

The International Convention on Intravention on the High Seas in Cases of Oil Pollution Casualty

و الثانية هي المعاهدة الدولية للمسؤولية القانونية المدنية في حالات الضرر من التلوث بالنفط

The International Convention on Civil Liability in Cases of Oil Pollution Damage.

كلتا المعاهدتين الموقعتين عام 1969 تضعان صيغة قنونية متكاملة للحد من التلوث بالنفط

معاهدة بحر الشمال للحد من التلوث بالنفط 1969 كانت معاهدة إقليمية وقعت عليها كل من بلجيكا الدانمارك، فرنسا، ألمانيا ،هولندا ،السويد و بريطانيا.
في عام 1971 تم وضع معاهدة لتأسيس مركز دعم مالي دولي للتعويض عن أضرار التلوث بالنفط وفي عام 1973 وضعت معاهدة لمنع حدوث التلوث من السفن.
معاهدة بروسل عام 1962 نصت على المساءلة القانونية لتشغيل السفن العاملة بالطاقة النووية وحظر رمي المخلفات النووية ضمن مياه المحيط.
المادة 25 من معاهدة جنيف لأعالي البحار تحظر رمي المخلفات النووية ضمن مياه المحيط.
معاهدة السلاسل الصخرية الساحلية ضمن القارة The convention of continental shelf
تعترف بسيادة الدول على تلك السلاسل الساحلية وتفرض على حكومات تلك الدول التزامات للحفاظ على تلك المناطق خالية من التلوث حيث نصت المادة الخامسة على التالي:
" سلطات للمنطقة الساحلية ملزمة بأخذ كل التدابير اللازمة ضمن المناطق المحمية لحماية مصادر الحياة ضمن البحر من أية عوامل مؤذية " .
في عام 1972 وضعت معاهدة لندن لمنع التلوث في البحار والمحيطات.
المعاهدة الأوربية للحد من استخدام المنظفات عام 1968.
معاهدة أوسلو عام 1972 لمنع تلوث مياه البحار والمحيطات بمنع رمي المخلفات من السفن والطائرات ضمن مياه المحيط.
في عام 1982 عقد مؤتمر للأمم المتحدة لصياغة قانون يهدف لبناء نظام شامل لحماية بيئة المحيط

إن موضوع التلوث البحري هو قضية عالمية لسببين :
الأول، الأحياء البحرية المختلفة والملوثات التي تغزوها الملوثات هي مسائل لا يمكن وضعها ضمن إطار سياسي بحت ولا يمكن أن تكون علاقة دولة بدولة.
الثاني ، الأجزاء الرئيسية لبيئة المحيط تمتد خارج النطاق الطبيعي الذي لايخضع لسلطة قضائية.
لهذين السببين القضية تحتاج لوضع سياسة دولية للحد من التلوث البحري والتشريعات الدولية لعام 1982 ساهمت في التقليل من هذا الخطر.

التلوث الحراري
Thermal Pollution

مقدمة :
يمكن تعريف التلوث الحراري على أنه تراكم للطاقة الحرارية غير المستفاد منها جراء النشاطات البشرية والتي تضر بالدورة الحياتية ضمن المنظومة البيئية، التلوث الحراري يوصف عادة في سياق المشاكل المحلية على أنه تغير غير طبيعي في درجات الحرارة يؤثر على العالم بأسره.
أهم عامل مسبب للتلوث الحراري هو النشاط الصناعي الذي يضخ كميات هائلة من الحرارة إلى المحيط البيئي، أهم النشاطات البشرية المنتجة للحرارة الزائدة هي : منشآت توليد الطاقة الكهربائية المفاعلات النووية لتوليد الطاقة، مصافي البترول ، مصانع الفولاذ ، مصانع الكيماويات، مصانع الورق و نشاطات أخرى ، الكثير من الحرارة الناتجة تكون على شكل ماء تبريد للمكثف .
الماء الذي يتم تفريغه له درجة حرارة أعلى من الماء الداخل بحدود 10 درجات مئوية، الحرارة التي يحملها ماء التبريد تشكل نسبة 70% من إجمالي الطاقة الحرارية المنتجة ضمن المحطة الحرارية و المفاعلات النووية تفرغ طاقة حرارية أكثر من المحطات الحرارية.
الماء الحامل للحرارة والذي يتم تفريغه ضمن الأنهار ،الجداول ،البحيرات والبرك ...الخ قد أنقص نسبة الأوكسجين المنحل في الماء وهذا ألحق ضرراً بظروف التواجد الطبيعي والتكاثر لبكتريا معينة وعضويات مجهرية أخرى وبالتالي أخل بالدورة الحياتية الطبيعية.

6-2-1مصادر التلوث الحراري :
الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية بسبب النمو السكاني وتطور الصناعة أدى إلى زيادة عدد منشآت توليد الطاقة ، العوامل التالية تسهم بزيادة معدل التلوث الحراري :
1- المفاعلات النووية.
2- منشآت الطاقة العاملة على الفحم الحجري.
3- الانبعاثات الصناعية.
4- ماء الصرف المحلي.
5- المحطات الكهرمائية .

1- منشآت الطاقة النووية :
نشاطات الطاقة النووية ومن بينها التصريف من مشافي الطب النووي، مراكز الأبحاث النووية ،التجارب النووية المختلفة كلها تعطي حرارة غير مستفاد منها إضافة إلى عناصر سامة تتوضع ضمن الجداول المائية المجاورة، الانبعاثات من المفاعلات النووية وأعمال بناء هذه المفاعلات أيضاً مسؤولة عن زيادة درجة الحرارة ضمن الأجسام المائية ،الماء السائل المشع يتكون من الهيدروجين H-3 ،الكربون C-14 ، الحديد Fe-59 ، الكوبالت ، Co -60 ، بالإضافة لنواتج التآكل.
حوادث التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية تتسبب بزيادة الحرارة ضمن البيئة المائية المجاورة.

2- منشآت الطاقة العاملة على الفحم الحجري :
بعض منشآت الطاقة الحرارية تستخدم الفحم الحجري كوقود وبعضها الآخر يستخدم الوقود النووي المشآت العاملة على الفحم الحجري هي المصدر الرئيس للملوثات الحرارية ، حيث أن الملف الخاص بجهاز التكثيف يتم تبريده بالاعتماد على بحيرة أو نهر مجاور للمنشأة حيث يرجع الماء الساخن لهذه الأجسام المائية مسببة ارتفاع درجة حرارة ماء البحيرة 15 درجة مئوية .
إن منشأة نووية لتوليد الطاقة باستطاعة 100 KW و مردود 33% سوف تحرر لماء التبريد طاقة حرارية قيمتها : 6.41×10^9 BTU/KWh
6.41 مليار وحدة حرارة بريطانية لكل كيلوواط ساعي .

3- الانبعاثات الصناعية :
تتطلب المنشآت الصناعية الضخمة التي تستخدم مولدات كهربائية تدور بالبخار كميات كبيرة من ماء التبريد، صناعات أخرى أصغر مثل صناعة الورق والسكر تطلق كميات من الحرارة لكن بنسب أقل بكثير، إن تفريغ ماء التبريد من البخار المسخن بالكهرباء بواسطة مولدة كهربائية سوف يمتلك درجة حرارة أعلى 6 إلى 9 درجات من الماء الأصلي المستقدم للتبريد، لزيادة المردود للمولدة الكهربائية يتم وضع حجيرة مخلاة من الهواء جزئياً عند مخرج التوربين المولد لتبريد وتكثيف البخار الخارج من التوربين وهذه العملية سوف تزيد من درجة حرارة ماء النهر لدرجة تجعل عملية الإشعاع الحراري الطبيعي غير فعالة.
في المحطات الحديثة باستطاعة 100MW يتم تفريغ مليون غالون من الماء في الساعة مع رفع درجة حرارة الماء المستخدم بحدود 8 إلى 10 درجات مئوية.

6-2-2الآثار الضارة للملوثات الحرارية :

1-انخفاض نسبة الأوكسجين المنحل:
تركيز الأوكسجين المنحل يتناقص بازدياد درجة حرارة الماء، على سبيل المثال تركيز الأوكسجين يكون 14.6 ppm عند درجة حرارة 32 فهرنهايت ويصبح 6.6 ppm عند درجة حرارة 64 فهرنهايت ،لذلك أسماك المياه الباردة والتي تحتاج إلى نسبة أوكسجين 6 ppm للبقاء لا تستطيع احتمال الماء مرتفع الحرارة وسوف تموت بسبب النقص الشديد للأوكسجين، وجود الأوكسجين الكافي ضمن الماء المعتدل حرارياً هو ضرورة لتكاثر العضويات الدقيقة والتي تشكل مصدر غذاء رئيسي لأحياء مائية أخرى.

2- تغيير خصائص الماء :
ارتفاع درجة حرارة الماء سوف يغير من خصائصه الفيزيائية والكيميائية، ضغط التبخر سوف يزداد بشدة في حين تقل لزوجة الماء، النقصان في لزوجة وكثافة الغازات سوف تزيد من سرعة الاستقرار والترسية للأجسام المعلقة الصلبة والتي بدورها تلعب دوراً كمصدر غذائي للعضويات المائية.
ازدياد درجة حرارة الماء ينشط التفاعلات الكيماوية داخله، أيضاً تزداد عملية التبخر الطبيعي والماء الذي أصبح دافئاً لم يعد يصلح كماء للتبريد بسبب تدني مردود التبريد بشكل كبير.

3- ازدياد السمية :
ارتفاع درجة حرارة الماء تزيد من مستوى السمية للمواد السامة الموجودة ضمنه، زيادة درجة الحرارة 10 درجات تضاعف من الأثر السمي لسيانيد البوتاسيوم في حين زيادة بقيمة 80 درجة مئوية تضاعف 3 مرات الآثار السمية للأوكسيلين oxylene مسببة موت كميات كبيرة من الأسماك.

4- التأثير على النشاطات الحيوية :
للحرارة تأثير كبير على العمليات الحيوية كافة ،الاستقلاب ، التفاعلات الكهروحيوية المتحكمة في معدل التنفس ،عمليات الهضم ،عمليات طرح الفضلات والمفرزات و باقي النشاطات الحيوية للأحياء المائية .
التغير في درجة حرارة الوسط البيئي سيؤثر على الدورة الحياتية للكائنات ضمن هذا الوسط حيث أن بقاء الكائنات الحية يتطلب حدوث العديد من التفاعلات الكهروحيوية و معدل ونشاط هذه التفاعلات يتغير بتغير درجة حرارة الوسط البيئي.
بالنسبة للأسماك ،هناك العديد من النشاطات الحيوية مثل :بناء الأعشاش ،وضع البيوض ،خروج الأفراخ من البيوض ،الهجرة الموسمية...الخ تعتمد على درجة حرارة محددة ، مثلاً درجة الحرارة المثلى لوضع البيوض لسمك السلمون المرقط هي 8.9 درجة مئوية ، الحرارة الأعلى ستعيق هذه العملية و سوف تدمر البيوض الموضوعة.
بيوض أسماك السلمون تفقس خلال 114 يوم خلال فصل الشتاء عند درجة حرارة 2 مئوية وتحتاج إلى 90 يوماً لتفقس عند درجة حرارة 7 مئوية.
بالنسبة لسمك السلمون البني معدل استهلاك الأوكسجين يزداد بازدياد الحرارة حتى الوصول لدرجة الحرارة الحدية (النقطة المهلكة) 28 درجة مئوية حيث تتسبب بموت السمكة.

5- زيادة احتمالية التعرض للأمراض :
إن زيادة درجة حرارة الوسط سوف تنشط وتسرع عمل الكثير من العضويات المجهرية الوبائية ، الماء المرتفع الحرارة يجعل أسماك السلمون عرضة للإصابة ببعض أنواع البكتريا، بعض المزارع السمكية فشلت بتطوير البيوض عند درجة حرارة معينة، في حالة سمك الشبوط حدوث انقسام للخلية أو البيضة غير ممكن عند مجال حراري يتراوح بين 20 و23 درجة مئوية.
الكثير من البكتريا المسببة للأمراض تنشط بفعل زيادة درجة حرارة الماء ومقاومة الأسماك لهذه البكتريا تصبح أقل مما يجعل الأسماك ضحية لهذه البكتريا، البكتريا **كوندروكاس** chondroccus كانت المسبب بموت كميات هائلة من أسماك السلمون الأزرق في نهر كولومبيا عام 1946.

6- ظهور عضويات ضارة :
الملوثات الحرارية تسمح لعضويات جديدة ليست من أصل الوسط البيئي بأن تغزو هذا الوسط حيث أنها تتأقلم مع الماء الحار وتسبب تخريب شديد للبيئة التي تغزوها فهي قد تحرم العضويات الأصلية من غذائها أو أنها تتغذى عليها مباشرة.
كمثال على هذه الظاهرة ما حدث عند شواطىء نيوجيرسي حيث تم غزوها من قبل عضويات تسمى دودو السفن shipworms و هذه الأخيرة أهلكت كميات كبيرة من محار يسمى بالمحار الأغريقي أو المحار اليوناني Oyster Greek ، بعد بضع سنوات عندما أصبحت مياه الشاطىء أكثر برودة لم يبقى أثر لهذه الديدان.

7- القضاء على عضويات الماء البارد :
إن كمية الماء المسحوبة من نهر جار للاستفادة منها لأغراض التبريد ضمن منشأة ما هي كمية ضخمة جداً، إن منشأة ضخمة لتوليد الطاقة الكهربائية سوف تستجر 500 مليون غالون من الماء يومياً ، ومياه النهر المستجرة تحوي ضمنها تشكيلة من العضويات النهرية كأفراخ السمك والحشرات والبيوض والبلانكتون المختلفة والتي تنتهي إلى جهاز التكثيف في المحطة حيث تهلك بفعل الصدمة الحرارية والضغط المرتفع ولزوجة الماء.

8- نمو الطحالب الزرقاء- الخضراء :
ضمن وسط غير ملوث ينمو نوع معين من الإشنيات ضمن مجال حراري يتراوح بين 16 و 20 درجة مئوية ،الطحالب الخضراء تنمو ضمن مجال حراري بين 30 إلى 35 درجة مئوية ونوع آخر من الطحالب الزرقاء –الخضراء ينمو بمجال حراري بين 35 إلى 40 درجة مئوية.
من الواضح أن حقن كمية محددة من الحرارة ضمن الماء يمكن أن يرجح نمو الطحالب الزرقاء-الخضراء على نمو الطحالب الخضراء مسبباً تخريباً للدورة البيئية.
إن الطحالب الزرقاء-الخضراء هي أسوأ وأفقر مصدر غذائي للعضويات المائية، وقد تتسبب في بعض الحالات بحدوث تسممات للأسماك، لذلك كلما كان حجم التلوث الحراري كبيراً كلما كانت نسبة إصابة الأسماك بالأمراض القاتلة أكبر.
عندما ترتفع درجة حرارة الماء من 10 إلى 38 فإن كثيراً من العضويات الصغيرة سوف تتحول إلى طحالب خضراء أو طحالب زرقاء- خضراء ، حيث أن هذه الأخيرة يمكنها أن تحول بحيرة بكاملها إلى مستنقع فوجودها بكميات كبيرة هو مؤشر على وجود تلوث حراري كبير، هذه الطحالب اللا خلوية
تتكاثر بسرعة عالية مانعة نمو أنواع أخرى من العضويات المائية ومنتجة روائح كريهة ضمن الوسط المائي.

3-2-6طرق الحد من التلوث الحراري :

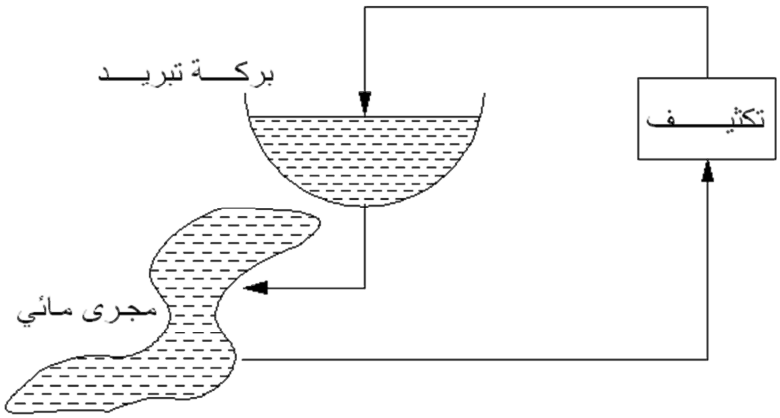
كما مر معنا سابقاً الطلب على الطاقة الكهربائية يزداد بارتفاع معدل النمو السكاني ومن الواضح أن مشكلة التلوث الحراري والتي أساسها التفريغ الحراري مرتبطة بشكل وثيق بعملية توليد الطاقة الكهربائية،وهذا يعني استمرار تزايد معدل التلوث الحراري.
اتباع الطرق التالية من شأنه أن يخفف من معدل التلوث الحراري :
- اختيار المكان المناسب لمنشأة الطاقة مع الاستخدام الأفضل و المنظم للأنهار .
- بناء قنوات خاصة لتصريف الماء الحراري.
- استخدام أبراج التبريد المناسبة و برك التبريد والبحيرات الاصطناعية.
- التصميم الفعال لشلالات التصريف لتجنب حدوث الارتفاع الحراري المفاجىء للمجرى المائي.
- تجنب حدوث تأثير الكتل المائية الساخنة على هجرة الأسماك .
- استخدام نماذج التنبوء بدرجات الحرارة Temperature prediction models للحصول على التصاميم الهندسية الأكثر فعالية .
- تحسين مردود منشآت توليد الطاقة الكهربائية بإدخال مصادر الطاقة البديلة .

برك التبريد Cooling Ponds:

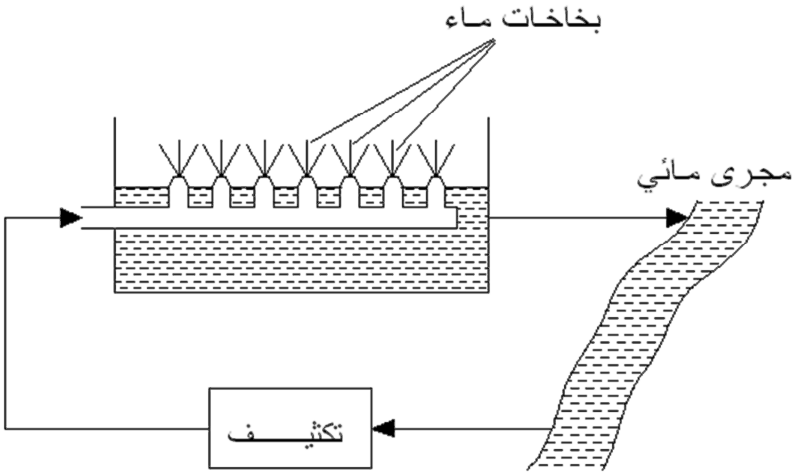
مبدأ عمل بركة التبريد يوضحه الشكل (76) ،الماء القادم من جهاز التكثيف يتم اختزانه في بركة شبيهة بالبركة الطبيعية حيث تحدث عملية التبخر الطبيعي للماء والتي تؤدي لانخفاض درجة حرارته، بعد تبريد الماء يتم إعادة تدويره إلى مجرى مائي مجاور.

بركة الرذاذ Spray Pond :

في هذا النوع يتم بخ الماء ضمن بركة التبريد بواسطة بخاخات من سطح الماء ونحو الأعلى لتحويله إلى قطرات متناثرة في الجو لتسريع عملية الانتقال الحراري بين الماء والهواء كما يوضح ذلك الشكل(76- ب) .



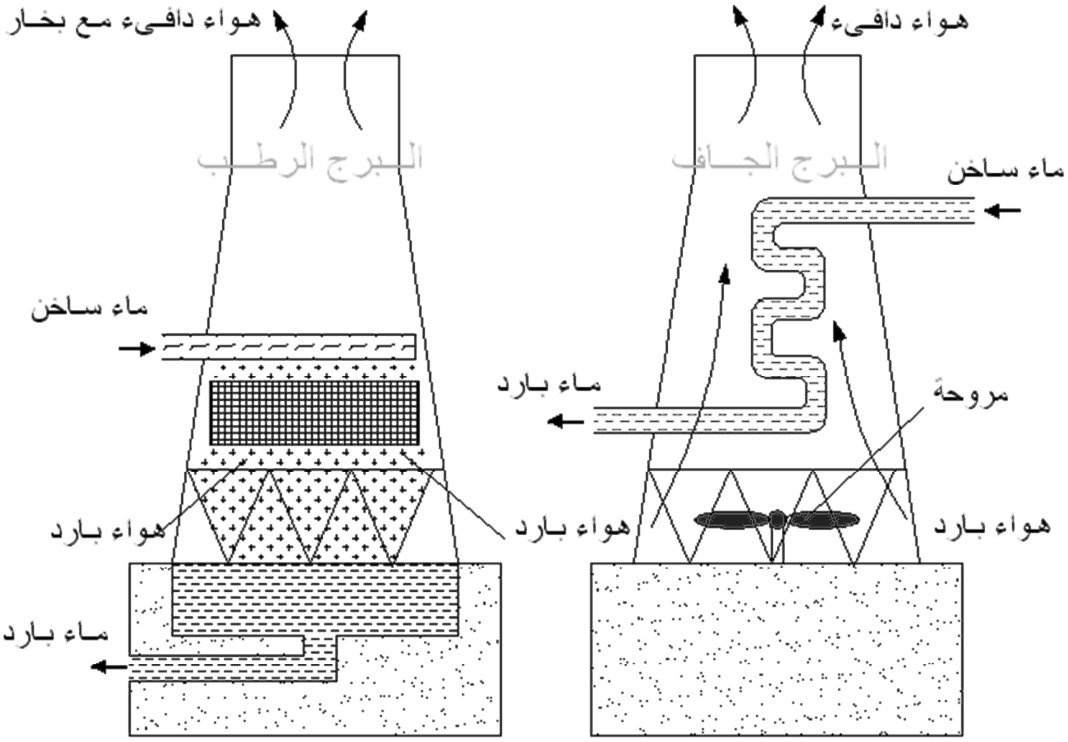
الشكل(76)



الشكل(76- ب)

أبراج التبريد Cooling Towers :

في أبراج التبريد الرطبة Wet Towers الماء المسخن يتم تمريره على تيار هوائي مستمر وبشكل مباشر، عملية تبخر الماء تسبب انخفاضاً في درجة حرارته ، لزيادة سطح الاحتكاك بين الماء والهواء يتم بخ الماء وتحويله لقطرات متناثرة في الهواء بواسطة بخاخات خاصة، مبدأ عمل هذا البرج يوضحه الشكل (77) ،في أبراج التبريد الهوائية الماء الساخن يتساقط على شكل شلال والهواء المبرد يدخل إلى البرج عبر فتحات جانبية ثم يخرج من فتحات التصريف حاملاً معه حرارة الماء
يتم استخدام مراوح خاصة لدفع التيار الهوائي باتجاه الأعلى مما يسرع عملية تبريد الماء، تكون هذه الأبراج عادة مخروطية الشكل وطويلة نسبياً.
في الأبراج الهوائية الهواء لا يحتك مع الماء بشكل مباشر ولا تحدث عملية تبخر للماء بل يتم تدوير الماء ضمن أنابيب حلزونية موجودة ضمن المجرى الهوائي حيث يتم نقل الحرارة إلى الهواء و من ثم خارج البرج .


هواء دافىء مع بخار
البرج الرطب
ماء ساخن
هواء بارد
ماء بارد
هواء دافىء
البرج الجاف
ماء ساخن
مروحة
ماء بارد
هواء بارد
هواء بارد

الشكل(77)

النفايات الصلبة
Solid Wastes

مقدمة :
التلوث بالنفايات الصلبة غالباً ما يدعى بالتلوث الثالث أي بعد تلوث الماء والهواء ويعرف على أنه المادة التي تخلفها النشاطات البشرية المختلفة والتي تكون عديمة النفع، تتكون بشكل رئيسي من المخلفات المختلفة للمجتمعات المدنية بالإضافة لتراكم المخلفات الزراعية والصناعية ومخلفات أعمال المناجم .

تصنيف المخلفات الصلبة :
تصنف حسب كمية الرطوبة التي تحتويها وقيمة الطاقة الحرارية التي تختزنها :
- نفايات قابلة للتفسخ والتعفن Garbage تظهر خلال عمليات التحضير أو التخزين لأنواع اللحوم والخضار والفواكه وغيرها، محتوى الرطوبة لهذا النوع هو بحدود 70% و الطاقة الحرارية المختزنة هي 6×10^6 J/Kg (ستة مليون جول لكل كغ).
- نفايات غير قابلة للتفسخ Rubbish وهي نوعان : قابلة للاحتراق وغير قابلة للاحتراق، النفايات القابلة للاحتراق تشمل : الورق ،الأخشاب ،المطاط والكوتشوك ، الجلود وغيرها ،النفايات غير القابلة للاحتراق تشمل : المعادن ،الزجاج ،السيراميك ... وغيرها.
هذا النوع يحتوي على نسبة رطوبة بحدود 25% وطاقة حرارية : 15×10^6 J/Kg .
- المخلفات الوبائية Pathological Wastes وتشمل بقايا الحيوانات الميتة وفضلات الإنسان، محتوى الرطوبة لها هو 85 % والطاقة الحرارية المختزنة هي : 2.5×10^6 J/Kg .
- المخلفات الصناعية وتشمل : الكيماويات المختلفة ،الرمل ،فلزات المعادن ، الرماد المتطاير، الوحل الناتج عن معالجة مياه الصرف.
- المخلفات الزراعية وتشمل بشكل رئيسي زبل الحيوانات ومخلفات المحاصيل الزراعية .

1-3-6عمليات معالجة النفايات الصلبة :
1- عمليات عند موقع توليد النفايات :
تشمل كل العمليات المتعلقة بالتعامل والتهيئة الأولية وتخزين النفايات الصلبة عند أو قرب مصدر توليد هذه النفايات، هذه العمليات لها أهمية خاصة بسبب معالجتها للمظهر الجمالي العام ،والصحة العامة.
لهذا الغرض يتم استخدام حاويات خاصة كتيمة ضد الماء وغيرقابلة للصدأ لمنع انتشار القوارض والحشرات عند مجمعات النفايات لمنع انتشار الروائح المؤذية ومن المهم أيضاً تنظيم أعمال الغسيل بشكل دوري لأماكن تجمع النفايات والحاويات.
2- التجميع والنقل :
يتم جمع النفايات من مكان توليدها ونقلها إلى مكان التجميع ويسمى محطة التجميع حيث تقوم ناقلات النفايات بتفريغ حمولاتها عند هذه المحطة.
الطرق الأحدث في تجميع النفايات هي باستخدام أنظمة البنيوماتيك Pnuematic pipeline حيث يتم نقل النفايات عبر أنابيب هواء تحت الأرض مزودة بصمامات تحكم للفتح والإغلاق وبتوربينات ذات

ضغط عال وبسرعات عالية موزعة على امتداد شبكة الأنابيب ،تمتاز هذه الطريقة بالتكلفة العالية لكنها تحقق الرفاهية في المنطقة المخدمة هي مستخدمة في مدينة ديزني لاند الترفيهية بولاية فلوريد الأميركية.

من الممكن أن يكون هناك أكثر من محطة واحدة للتجميع وتتراوح سعة المحطة بين 100 إلى 500 طن من النفايات يومياً وذلك يعتمد على الكثافة السكانية والنشاط البشري.

3- المعالجة والتكرير:

تحقق هذه العملية عدة فوائد، فهي تقلص حجم ووزن النفايات التي سيتم التخلص منها في آخر مرحلة وتقليص حجم النفايات يفيد في الحفاظ على البيئة وموارد الطبيعة حيث أن الأرض تعتبر حاوية لكل أنواع النفايات، كذلك الاستفادة من تخفيض تكلفة نقل النفايات إلى موقع الإتلاف.

إن عملية معالجة النفايات تغير من خصائصها وشكلها وتسهل عملية التخلص منها والإتلاف لاحقاً

تشمل عمليات المعالجة :

- التقطيع والسحق : وهي معالجة فيزيائية قد تنقص حجم النفايات بنسبة 40%.
- المطحنة :المطاحن أو Hammer Mills هي آلات ميكانيكية دوارة تدور بسرعة تصل إلى 1500 دورة بالدقيقة، وهي قادرة على تحويل النفايات الصلبة إلى قياسات معيارية بحدود 25 إلى 50 مم .
- الرزم والربط : في هذه العملية يتم رزم النفايات على شكل مكعبات أو بشكل متوازي مستطيلات (مثل رزم التبن في المزارع) بحجم تقريبي 1,5 متر مكعب،يتم رزم الأكوام بأسلاك فولاذية وبشكل متكرر للحفاظ على شكلها أثناء المعالجة ويمكن تغليفها بالأسفلت البلاستيكي وذلك يعتمد على طريقة التخلص والإتلاف النهائية،إذا كانت النفايات قد تعرضت لضغط مرتفع وتحتوي نسبة عالية من الرطوبة فمن الممكن أن تحافظ على شكلها دون الحاجة لربط بأسلاك.
- المعالجة البيولوجية : في هذه المرحلة يسمح للمواد العضوية ضمن النفايات بالتحلل ضمن شروط معينة وتتم بواسطة البكتريا أو الطحالب أو عضويات مجهرية أخرى.

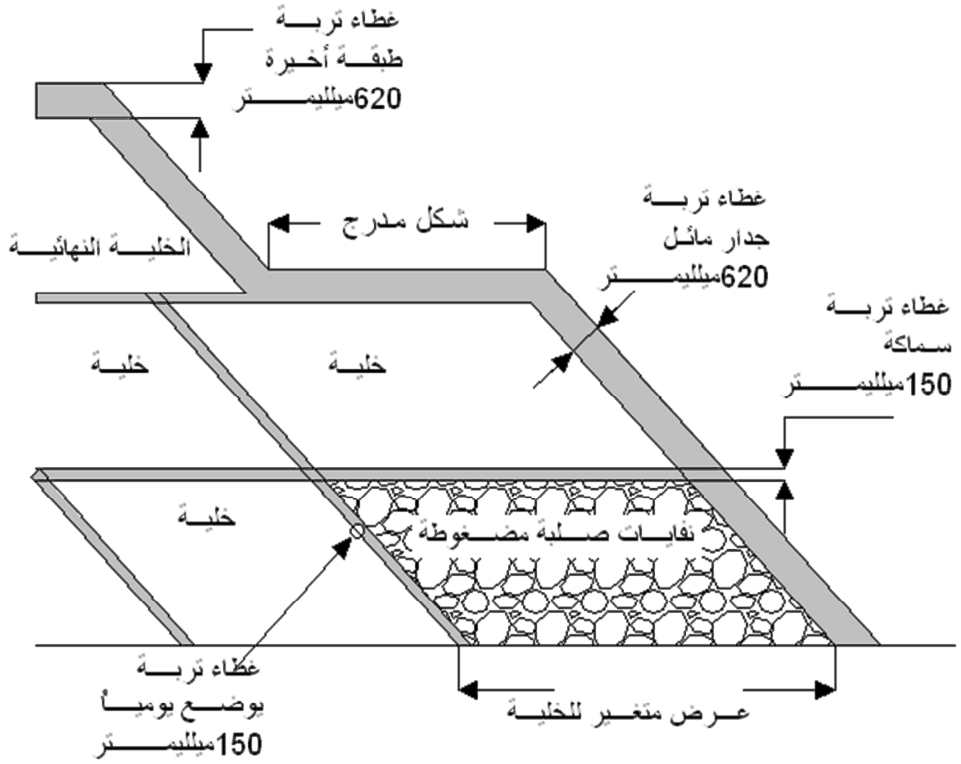
عند درجة حرارة ونسبة رطوبة محددتين يمكن أن يتقلص حجم النفايات العضوية إلى النصف المادة النهائية الناتجة عن تحلل النفايات العضوية يتم إعادة تدويرها والنواتج تسمى بالمزيج العضوي أو السماد أو محسنات للتربة.

عملية الهضم والتحلل العضوي تتم ضمن أداة تسمى النافذة ، النافذة هي رزمة طويلة وقليلة الارتفاع من النفايات العضوية المحضرة معظم النوافذ لها شكل مقطع مخروطي وطولها بحدود 50 متراً ،يتم تهوية النفايات العضوية بقلب النافذة بوسائل ميكانيكية (الستافة المستخدمة في المستودعات)، بالنسبة للنوافذ الكبيرة تستخدم روافع و تجهيزات خاصة تقوم بإعادة بناء النافذة من جديد، الخليط النهائي يتم معالجته ووضعه ضمن أكياس لبيعه كمواد محسنة للتربة.

- الحرق : يتم حرق النفايات القابلة للحرق : الأخشاب ،المطاط ، الورق، الكرتون ،مخلفات الطعام وهذا يتسبب بانبعاثات غازية تضر بالغلاف الجوي لذلك لابد من استخدام تجهيزات خاصة ذات تكلفة مرتفعة نسبياً، لجعل هذه العملية اقتصادية يتم الاستفادة من حرارة الاحتراق بوضع مراجل لغلي الماء وتوليد البخار لأغراض نافعة تخفض من التكاليف الإجمالية.
- استخدام التربة : في هذه الطريقة يتم معالجة النفايات الصناعية البيولوجية بعمليات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية على سطح التربة، يمكن وضع النفايات العضوية على سطح التربة مباشرة أو حقنها أسفل سطح التربة حيث تعمل البكتريا على تحليلها ويمكن تكرار هذه العملية مع نفس الحيز المساحي من التربة مع وجود فواصل زمنية بين العملية والتي تليها.

2-3-6 طريقة الحفر المتدرجة الصحية للتخلص من النفايات :

الاسم العلمي لها هو Sanitary Landfilling or Controlled Tipping يتم في هذه الطريقة اختيار بقعة من الأرض غير مدرجة ومن ثم توضع النفايات ضمن طبقات مدرجة ضمن فراغات يفصل بعضها عن بعض جدران من التربة هذه الفراغات تسمى خلايا ،الشكل(78) يوضح هذه الطريقة.



الشكل(78)

يتم ضغط النفايات ضمن الخلية وكل طبقة من الخلايا تغطى بطبقة من التربة والطبقة الأخيرة تغطى بسماكة تربة 60 سم أو أكثرلمنع القوارض من التغلغل داخل النفايات.
بفعل البكتريا يحدث هضم وتحلل للنفايات العضوية وينتج عن ذلك غازات عضوية قابلة للاحتراق يمكن الاستفادة منها كمصدر للطاقات المتجددة ، هذه الطريقة تمنع انتشار الأوبئة والأمراض عن طريق الحشرات لأنه يتم تغطية النفايات بشكل محكم ولا يصدر عنها روائح مؤذية.
هذه الطريقة لا تسبب أي تلوث للهواء أو الماء لكن يجب أخذ الحذر عند اختيار مكان الحفريات والتأكد بشكل دقيق من عدم وجود أي مصدر للمياه الجوفية في منطقة الحفر.
من مزايا هذه الطريقة أنها اقتصادية في حال توفر مساحة الأرض المناسبة وهي لا تحتاج لعمليات معالجة إضافية كباقي الطرق وهي لا تحتاج لمعدات كثيرة أو كادر بشري ضخم ويمكن الاستفادة من سطح التربة العلوي لإنشاء الملاعب أو مواقف اصطفاف السيارات .

2-3-6إعادة تدوير النفايات Recycling :

إن فوائد إعادة التدوير للنفايات تتلخص فيما يلي: توفير في الطاقة ،حماية الكائنات الحية ، الحد من تلوث الماء والهواء ،الحد من اختزان الأحماض المؤذية ، الزيادة في عمر مصادر الوقود، الحد من ارتفاع درجة حرارة الأرض، التقليل من عمليات معالجة النفايات.

تأتي الشاحنات المحملة بالنفايات التي سيتم إعادة تصنيعها وتلقي حمولتها على منصة إسمنتية ولدى مشاهدة اي مادة غير مناسبة لإعادة التدوير يتم التقاطها باليد وتوضع في حاويات خاصة ليتم إرسالها لاحقاً إلى المدرجات الصحية، يقوم بعدها حاجز ذو نهاية معدنية ضخمة بدفع النفايات باتجاه سير ناقل مطاطي متوضع بشكل مائل وعلى مسار الناقل يوجد عمال يقومون بالتقاط المواد الخشنة مثل بعض الأوان المنزلية المعدنية ،القرميد وغيرها ..بعدها يمر السير النقل تحت مغناطيس كهربائي لفصل القطع المعدنية عن النفايات ، المواد المعدنية ترسل إلى مكبس خاص حيث يتم ضغطها ورزمها ليتم إرسالها إلى أفران صهرالمعادن .

النفايات المتبقية يتم نشرها على سطح هزاز لإزالة حطام و شظايا الزجاج وهذه الأخيرة ليست ذات قيمة تجارية كبيرة وتستخدم لصنع مواد خاصة بالأرصفة مثل(غلاسفالت Glassphalt)

ما تبقى من النفايات تمرر على نفاثات هوائية قوية لإزالة العبوات البلاستيكية وعبوات الألمنيوم عن القواريرالزجاجية غير المكسورة ،هذه القوارير ترسل إلى غرفة خاصة حيث يقوم العمال بفرز القوارير الزجاجية حسب لون الزجاج بعدها يتم طحن الزجاج إلى أجزاء بحجم 12 مم ومن ثم إزالة أغطية القوارير بواسطة جرن دوار، النواتج هي مواد جاهزة لأفران الزجاج.

الحاويات البلاستيكية وحاويات الألمنيوم يتم فرزها أيضاً بشكل يدوي من قبل أيد خبيرة بملمس البلاستيك وتم مؤخراً استخدام آلات تستطيع التعرف على البلاستيك من خلال خصائصه الكيميائية هذه الآلات باهظة الثمن لكنها تحقق سرعة في العمل تعادل عمل أربعة عمال مدربين.

يتم جمع و رزم النفايات البلاستيكية وتحضيرها للبيع الخارجي، بعض الأنواع مثل البوليسترين و الستيروفوم لا يتم معالجتها بسبب التكلفة العالية في إعادة استخدامها.

يتم فصل مواد الألمنيوم على سطح السير الناقل بواسطة جهاز خاص يسمى(جهاز إدي كارنت) Eddy current separator ، و إدي هي صفة كهربائية للتيارات الكهروطيسية، هذا الجهاز يقذف مواد الألمنيوم للأعلى من على سطح السير الناقل بحيث يسهل جمعها وحزمها من أجل البيع.

بالنسبة للورق يتم تحويله إلى سير ناقل خاص ويتم فصل ورق الجرائد عن باقي الورق ويتم وضعها في مكان خاص حيث يقوم عمال مدربون بفرزها وإزالة الأوراق المؤذية ثم تجمع وتشحن لمطاحن الورق ليتم تصنيعها كجرائد من جديد، باقي الورق يرسل لمطاحن خاصة به.

3-3-6النفايات الخطرة Hazardous Wastes :

1- النفايات الطبية Biomedical Wastes :

لا تزال عمليات إدارة النفايات الطبية غير كافية وينقصها الكثير، مصدر هذه النفيات هو المؤسسات الصحية من مشاف ومستوصفات وعيادات وبنوك الدم ومخابر تحاليل والتمريض المنزلي ومراكز الأبحاث الطبية وبيوت رعاية الحيوانات.

التخلص من النفايات الطبية بالطرق المناسبة ضروري لمنع حدوث تأثيرات خطيرة على الصحة العامة نتيجة انتشار مسببات المرض والجراثيم الموجودة ضمن هذه النفايات.

من الآثار الضارة للنفايات الطبية :

* تعفن وتحلل المواد العضوية والتي تساعد في تكاثر الحشرات الناقلة للأمراض.
* الجروح المختلفة بملامسة النفايات ذات الأطراف الحادة لعمال جمع النفايات.
* زيادة احتمال الإصابة بالعدوى للعاملين والموظفين ضمن المنشأة الصحية.
*زيادة احتمال التعرض لأخطار المواد الكيماوية بالنسبة لعمال جمع النفايات.
* الإدارة السيئة للنفايات الطبية تشجع بعض ضعاف النفوس على جمع بعض المخلفات لإعادة تصنيعها بعيداً عن الرقابة الصحية.
* تطوير نظام المناعة البيولوجية لبعض أنواع البكتريا.

الجدول في الأسفل يلخص طرق العدوى والأشخاص المحتمل إصابتهم بها وذلك حسب الإجراء الطبي المنفذ:

الإجراء الطبي المنفذ	الشخص المعرض للإصابة	وسيلة انتقال المرض
أخذ عينات دم	المريض ، الممرض	إبرة ملوثة ،القفازات ، الثقب على سطح الجلد ، الأيدي الملوثة
نقل العينات ضمن المخبر	موظف المخبر	تلوث السطح الخارجي لزجاجة العينات، زجاجة مكسورة ،رذاذ العينة
عمليات التنظيف	موظفي المخبر، الممرضين	الجلد الملوث ،رذاذ العينات ، سطوح العمل في المخبر الملوثة.
التخلص من النفايات	موظفي المخبر ، عمال التنظيف	الاحتكاك بالنفايات الملوثة الجروح المختلفة
نقل العينات للخارج	عمال النقل والطرود البريدية	تسرب العينات، الزجاجات المكسورة التغليف غير المحكم

الجدول في الأسفل يصنف نفايات المشافي ضمن عشرة فئات :

الفئة	نوع النفايات	طرق التخلص الصحية
ف1	بقايا أعضاء ونسج بشرية	الحرق لتصبح رماداً ،الدفن العميق جداً
ف2	بقايا أعضاء ونسج حيوانية	الحرق لتصبح رماداً ،الدفن العميق جداً
ف3	مخلفات المخابر من:نسج حية ،لقاحات سموم، عضويات دقيقة.	التعقيم بالفرن للأدوات، حرق العضويات
ف4	النفايات الحادة: الإبر ،الشفرات السكاكين، قطع الزجاج.	التعقيم الكيماوي، التعقيم بالفرن، تشويه وبتر الأجزاء الحادة.
ف5	الأدوية والعقاقير منتهية الصلاحية أو سيئة التخزين أو الملوثة.	الحرق لرماد، التدمير ضمن المدرجات الصحية
ف6	النفايات الصلبة الملوثة بدم أو سائل من الجسم مثل: القطن، القماش ،الورق الصحي ،البلاستر.	الحرق لتصبح رماداً
ف7	نفايات مخبرية كالأنابيب المخبرية والمطاطية،السيروم .	التطهير الكيميائي ،التعقيم بالفرن ،التمزيق والتشويه.
ف8	ماء الصرف من المخابر	معالجة كيميائية ثم التفريغ ضمن شبكة الصرف.

ف9	الرماد الناتج عن حرق المخلفات	الحفر المتدرجة الصحية
ف10	النفايات الكيماوية	معالجة كيميائية ثم التفريغ ضمن شبكة الصرف.

تخزين المخلفات الطبية :

يجب التخلص من النفايات الطبية فوراً وعدم تخزينها، مع ذلك النفايات الطبية غير المعالجة يمكن تخزينها ضمن شروط معينة لمدة أقصاها 48 ساعة، وفي حال الحاجة لتخزينها لمدة أطول لأسباب طارئة عندها يجب طلب الإذن بذلك من وزارة الصحة .

الجدول التالي يبين الكود حسب اللون و أنواع الحاويات المستخدمة لتخزين النفايات الطبية :

اللون	نوع الحاوية	فئة النفايات	طرق المعالجة
أصفر	أكياس بلاستيكية	نفايات عضوية بشرية وحيوانية .	الحرق لرماد ،الدفن العميق
أحمر	حاويات معقمة أكياس بلاستيكية	نفايات ميكروبيولوجية نفايات صلبة	التعقيم بالفرن، تعقيم كيميائي
أزرق/أبيض شفاف	أكياس بلاستيكية حاويات ضد الثقب	النفايات ذات الرؤوس الحادة النفايات الصلبة	التعقيم بالفرن، تعقيم كيميائي التدمير والتقطيع .
أسود	أكياس بلاستيكية	الأدوية والعقاقير التالفة الرماد ،النفايات الكيماوية	الحفر المتدرجة الصحية

4-3-6معا لجة المخلفات الإشعاعية الصلبة :

Treatment of Solid Radioactive Wastes

الهدف من هذه المعالجة هو تصغير حجم هذه النفايات ، الطريقة الأكثر شيوعاً هي التحويل إلى رماد بالحرق ،الضغط ، السحق والتحطيم ، قبل البدء بعملية الحرق يجب تخزين المادة الإشعاعية بحذر للتخلص من المواد التي تصدر أبخرة سامة أو أبخرة مسببة للتآكل ، المواد القابلة للانفجار، العناصر غير القابلة للاحتراق الداخلي ، الغازات الناجمة عن الحرق تطرح للغلاف الجوي بعد عملية تنظيف خاصة.

بعض أنواع النفايات الصلبة يمكن ضغطها ثم توضع ضمن حاويات خاصة ليتم التخلص منها .

بالنسبة للرماد الناجم عن الاحتراق ولتوخي الحذر من الإشعاع يمكن مزج الرماد مع الاسمنت أو البيتومين بحيث تشكل حجاباً ضد الإشعاع قبل نقلها لموقع الدفن.

المواد شديدة الإشعاع يتم تخزينها لفترة زمنية تصل لعدة قرون لإضعاف النشاط الإشعاعي قدر الإمكان قبل أن يتم دفنها في باطن الأرض أو إلقاؤها في مياه البحر مع ضمان عدم حدوث أي تسرب إشعاعي .

بالنسبة للمواد ضعيفة الإشعاع يتم دفنها ضمن الطبقة الجيولوجية وعلى أعماق سحيقة .

من طرق التخلص من النفايات المشعة وضعها على متن مركبة فضائية و إبقاؤها في الفضاء الخارجي

من الطرق أيضاً دفنها ضمن طبقات الجليد العميقة ، في سرير المحيط وتحت طبقة الرسوبيات .

المبيدات الزراعية

مقدمة :

تستخدم المبيدات الزراعية لدعم عملية الإنتاج الزراعي والتخلص من الحشرات المؤذية للإنسان والناقلة لأمراض خطيرة كالملاريا، الطاعون ، فيلاريا ، حمى لسعة البعوض....
بداية استخدام المبيدات الزراعية كان باستخدام المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ ،الزئبق ، الرصاص السيلينيوم و كان ينجم عن هذا الاستخدام بقاء كمية من المعادن ضمن التربة غير منحلة .

6-4-1تصنيف المبيدات الزراعية :

تصنف المبيدات الزراعية من حيث الاستخدام إلى :

- مبيدات الحشرات Insecticides
- مبيدات ضد النباتات والأعشاب لضارة Weedicides
- مبيدات ضد الفطور الضارة Fungicides
- مبيدات للقوارض Rodenticides
- مبيدات للرخويات Molluscicides
- مبيدات للبكتريا Bactereocides

وتصنف حسب التركيب الكيماوي إلى أربعة أصناف :

- مركبات الكلور Organochlorines ، DDT , dieldrin , aldrin , endrin , 2.4D
- مركبات الفوسفات العضوية Organophosphates ، malathion , parathion
- Organocarbamates , thiocarbamates , phenylcarbamates -
- مركبات لا عضوية وتشمل مركبات الزرنيخ و الكبريت .

من المبيدات اللاعضوية شائعة الاستعمال :

ParisGreen ,$Cu(C_2H_3O_2)_2$ ، Lead arsenate $PbHAsO_4$

ومركب الرصاص الأخير يعتبر الأكثر أماناً

كلور الزئبق $HgCl_2$ تم اكتشافه عام 1890 وهو أقدم مادة قاتلة للحشرات ويتصف بسمية عالية
كبريتات النحاس تستخدم للقضاء على الفطريات التي تهاجم البذور الزراعية والأشجار .
مجموعة من أملاح النحاس و التوتياء ، الزئبق ،البوتاسيوم ،الكبريت تستخدم لمكافحة الفطريات والبكتريا .
من المبيدات العضوية الشائعة الاستخدام :
النيكوتين ويتواجد بشكل طبيعي ضمن أوراق التبغ وهو مادة سامة تستخدم بشكل رئيسي لحماية الورود .
مادة Lethane 384 هي أول مبيد حشري تم استخدامه ضمن المنازل منذ عام 1933 ويتصف بسمية منخفضة .
مركبات الكلور العضوية مثل ال دي دي تي DDT و الألدرين و الدلدرين خطرة بسبب طبيعتها الثابتة والمستقرة و تتفكك ببطء شديد تعتبر كتجمع من السموم المركبة.
بعض المبيدات العضوية تستقر ضمن التربة لمدة عقود من الزمن دون أن يطرأ عليها أي تغيير
اكتشف ال DDTعام 1874 و استخدم على نطاق واسع إبان الحرب العالمية الثانية بسبب رخص التكلفة لكن ظهر فيما بعد تواجده بنسب عالية ضمن السلسلة الغذائية .

التركيز العالي لمادة ال DDT في جسم الإنسان ينتج عنه : نزف دماغي ، فرط ضغط الدم ، السرطان ، أضرار بالكبد . تم حظر استخدام ال DDT في الكثير من دول العالم .
ظاهرة ترقق قشور البيوض عند الطيور اللاحمة (الجارحة ،القمامة ،آكلة السمك) هي نتيجة استخدام مادة ال DDT بشكل زائد وجائر ،حيث من هذه الطيور العقاب والنسر الأقرع حيث أصبح جدار البيضة لدى هذه الأنواع رقيق جداً لا يسمح للبيضة بالعيش حتى موعد التفقيس ,وتم رصد ظاهرة أخرى للطيور سببها نفس المادة وهي ظهور الصفات الأنثوية لدى ذكور الطيور و يعزا ذلك لزيادة نسبة الهرمون الأنثوي الأوستروجين ضمن الوسط البيئي .
تساهم المبيدات الزراعية بحدوث عدم توازن بيئي بتغييب المفترس الطبيعي لبعض الكائنات مما يساعد في تكاثرها بشكل زائد (مثلاً اختفاء الأفاعي سيتسبب بزيادة عدد القوارض).
استخدام المبيدات على المدى الطويل يسبب ظهور مناعة للحشرات التي يفترض التخلص منها وهذه المناعة تدخل في الجينات الوراثية هذا يعني أن الأجيال الجديدة تصبح محصنة ضد المادة الكيماوية وهذا يتطلب زيادة الجرعات المستخدمة للوصول للنتيجة المطلوبة .
والسبب في ظهور الممانعة هو الأنزيم الذي تفرزه الحشرة وهو DDTase حيث تحول ال DDT إلى صيغة أخرى غير فعالة تسمى DDE والتي لا يتم تركيزها ضمن دهن الحيوان.
لتجنب مخاطر استخدام المبيدات الزراعية يجب على المنتج أن يثبت أن منتجه يمتلك الجودة والنقاء حسب المعايير العالمية والتي تخضع لرقابة لصيقة من السلطة .
العديد من المبيدات الزراعية ولا سيما العضوية تختفي من التربة بسبب نشاط البكتريا و معدل اختفاء المبيد من التربة يتناسب طرداً مع نسبة البكتريا ضمن هذه التربة .

الأسمدة الزراعية

أكثر الأسمدة اللاعضوية استخداماً هي الأسمدة الآزوتية ، مركبات الأمونيا Anhydrous ammonia هي المصدر الرئيس لهذه الأسمدة ، الجدول في الأسفل يوضح نسبة الآزوت ضمن كل نوع من أنواع الأسمدة :

نوع السماد	النتروجين (الآزوت) %
يوريا $NH_2.CO.NH_2$	47
سيانيد الكالسيوم $CaCN_2$	35
نترات الأمونيوم NH_4NO_3	35
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$	21
نترات الصوديوم $NaNO_3$	16
المخلفات العضوية المختلفة	12 - 1

السماد الآزوتي سهل الانحلال والامتصاص ، لهذا يزول الآزوت من التربة التي تتعرض لمياه كثيرة وهذا يعني استخدام كميات أكبر من السماد لسد حاجة النبات من الآزوت .

تأثير السماد الآزوتي على الثدييات :

بعض مركبات النترات تحول شوارد الحديد Fe^{+2} الموجودة ضمن خضاب الدم إلى شوارد الحديد Fe^{+3} وتعيق عملية نقل الأوكسجين ضمن الدم و يتسبب ذلك بحدوث اختناقات شديدة و أحياناً ينتهي بالموت .

يمكن تجنب الآثار السمية للأسمدة الآزوتية باتباع التدابير التالية :

1- مراقبة تركيز النترات ضمن الماء.
2- تجنب تخزين الطعام المطهو ضمن حرارة الغرفة لفترة طويلة من الزمن .
3- استخدام السماد الحاوي على نسب قليلة من الآزوت .
4- مراقبة النباتات والتأكد من أن نسبة الآزوت داخلها لا تتجاوز 300 ppm .
5- تجنب إطعام الأطفال الرضع الأطعمة التي لها احتمالية خطورة .

التلوث بالمعادن
Metal Pollution

حوالي ثلث المواد حولنا هي معادن ، بسبب ازدياد كمياتها و استخدامها المتنوع فقد كان لها من الأهمية القدر الوافي ، المعادن تدخل في تركيب أجسام العضويات من نباتات وحيوانات مثل :الصوديوم ، البوتاسيوم ، المعنزيوم ، الكالسيوم ، النحاس ، التوتياء، البورون ، الفانيديوم ،الحديد ،الكروميوم ، المنغنيز، الكوبالت . بعض هذه العناصر يعتبر ساماً إذا زادت نسبته عن حد معين النشاط الصناعي يعتبر المسؤول الأول عن زيادة نسبة التلوث بالمعادن خارج الحدود المسموح بها ولا سيما فيما يتعلق بالرصاص والزئبق ،إن درجة السمية للمعدن تتعلق بشكل وجود هذا المعدن فالرصاص العضوي والزئبق العضوي أشد سمية من الرصاص العادي والزئبق العادي اللاعضوي كذلك عملية الأكسدة للمعادن تلعب دوراً هاماً في هذا الخصوص.

1-5-6الرصاص :

الإنتاج العالمي السنوي للرصاص يقدر ب 5 مليون طن و نصف هذه الكمية تستهلك في صناعة المدخرات الرصاصية والربع يستهلك في صناعة الصفائح والأنابيب الرصاصية والباقي يستخدم في صنع خلائط ومركبات يدخل الرصاص في تركيبها، الرصاص المستخدم في الأتمتة الصناعية يتم إعادة تدويره وبالتالي تقليص أخطاره الضارة على البيئة.

مركبات الرصاص المنتشرة في الشوارع المزدحمة على شكل غبار معلق في الجوهي :

تيتراثيل الرصاص تيترا ميثيل الرصاص $Pb(C_2H_5)_4$,$Pb(CH_3)_4$

دي كلورو ميثان و دي كلورو إيثان $CH_2Pb(CH_3)_4$, $Pb(C_2H_5)_4$

من الآثار الضارة لمركبات الرصاص هي تخريب المواد المركبة لخضاب الدم بالإضافة لمنع الاستفادة من الأوكسجين و الغلوكوز .

نسبة 0.3 ppm من الرصاص في الدم تشكل خطورة ، وعند نسب أعلى تظهر أعراض فقر الدم (الأنيميا) بسبب النقص في هيموغلوبين الدم ، عن وصول النسبة إلى 0.8 to 0.5 يتعطل عمل الكليتين وقد يحدث أضرار للدماغ .

ملاحظة :

$$1\ ppm = \mu g/m^3$$

واحد بالمليون من الغرام لكل متر مكعب .

عملية التخلص من النفايات الرصاصية يتحكم بها صفة عدم التحلل و الانحلال ,نسبة الرصاص في التربة في منطقة القطب المتجمد الجنوبي هي 10 ppm وتؤخذ كمعيار ،تصبح هذه النسبة 100 ppm قرب الطرق المزدحمة ويعود السبب في ذلك لاستخدام الرصاص في البنزين كعنصر مضاد للضجيج antiknock agent . في ماء الصرف تتراوح النسبة بين 1000 إلى 8000 pmm تركيز الرصاص الوسطي في الهواء هو 0.0001 ppm وفي المناطق المزدحمة مرورياً يصبح 80 ppm ، الرياح ،الأمطار وحركة المياه تتسبب بنشوء جيوب من الرصاص ضمن الغلاف الجوي.

في الماء الطبيعي المحتوى من الرصاص قليل نسبياً فهو 0.1 ميكرو غرام لواحد ليتر وفي المحيطات فهو بحدود 0.5غرام لواحد ليتر.

إن بعض الأنواع من النباتات لها القدرة على امتصاص الرصاص من التربة واختزانه ضمن أنسجتها وهذا يستخدم كمؤشر لمعرفة نسبة وجود الرصاص ضمن البيئة .

أجريت دراسة في السويد لمراقبة مخزون الرصاص ضمن حلقات الأشجار خلال الفترات الزمنية التالية :

1860 --- 1875	20 ppm
1875 --- 1900	40 ppm
1900 --- 1950	constant at 40 pmm
1950 --- 1970	80 –90 pmm

يلاحظ تضاعف نسبة الرصاص خلال الفترة 1875 حتى 1900 و يعزى ذلك للنهضة الصناعية واستخدام الفحم كوقود ، تضاعف النسبة الثاني خلال الفترة 1970--- 1950 يعزى لاستخدام البنزين الحاوي على الرصاص .

آثار الرصاص الضارة على الحيوان لم تتضح بشكل مفهوم بعد، تقريباً نصف كمية الرصاص التي تدخل جسم الحيوان من خلال الهواء ،الماء ،الغذاء يتم اختزانها ضمن الجسم في الكبد والكليتين.

الآثار الضارة لاختزان الرصاص هي :

1- يتحد الرصاص مع بروتينات الجسم ويثبط عمل الأنزيم الضروري لتشكل نقي العظام .
2- يبقى الرصاص مجمداً ضمن العظم ويعود للحركة خلال عمليات استقلاب الكالسيوم.
3- الأطفال أكثر عرضة للتسمم بالرصاص جرعة 0.25 ميكروغرام / ليتر بالنسبة للأطفال كافية لحدوث التسمم و 0.8ميكرو غرام / ليتر للكبار.

الجرعة المتوسطة تتسبب ب صداع الرأس ، الإرهاق والإعياء ، الأنيميا .

6-5-2الزئبق :

هذا المعدن جلب اهتمام الإنسان منذ العصور الأولى بسبب خواصه الطبية و التجميلية حيث استخدمه قدماء الإغريق كعلاج للكثير من الأمراض الجلدية .

الجدول في الأسفل يوضح مساهمة الصناعات المختلفة في حدوث التلوث بالزئبق

الصناعة	المساهمة بالمعدن (طن)
الصناعة الكهربائية (مدخرات،مصابيح)	600
المقاييس والأجهزة المخبرية	350
المواد السنية	100
الزراعة	90
الصيدلانيات	20

الفلز الوحيد لمعدن الزئبق هو كبريت الزئبق HgS ، المعدن و الكبريت المشتق منه كلاهما عنصران طياران يمكن تتبع اثرهما في كل مكان الماء والهواء والتربة .

بشكل وسطي نسبة الزئبق الموجود ضمن التربة هو 0.5 ppm و هو يتركز غالباً في التربة الترسيبية أكثر من تركيزه ضمن الصخور البركانية ، بسبب تأثير تقليل التركيز فإن نسبة المعادن الموجودة ضمن الماء نادراً ما تكون فوق 0.0001 ppm ، في المناطق الساحلية ينخفض التركيز إلى 0.001 ppm .

المعدن الأصلي يدخل الهواء من خلال النبعاثات البركانية ،الزلازل و باقي الحوادث الطبيعية بالإضافة لعملية التبخر من الماء، و هو يتواجد بنسبة صغيرة جداً أقل من واحد ميللي غرام للمتر المكعب الواحد من الهواء و مع ازدياد النشاط الصناعي تتضاعف هذه النسبة عن القيمة العادية .

مركبات الزئبق اللاعضوية شديدة السمية والمركبات العضوية أقل سمية لكن لها تأثيرات طويلة الأمد على البيئة .
بعض التحولات التي تطرأ على المعدن سببها البكتريا والطحالب مثل ميثيل الزئبق و دي ميثيل الزئبق
من أهم أعراض التسمم بالزئبق :
- فقدان الذاكرة .
- الأرق و قلة النوم.
- الإحساس بوخز في الأصابع والشفتين.
- الضغف والإعياء.
- قلة الراحة وتوتر الأعصاب .
- نزيف في اللثة وتخلخل أو سقوط الأسنان .
- حدوث رجفان شديد .
- مشاكل في البطن وحدوث الإمساك .
- خلل في وظائف الدماغ والإعصاب .

الآثار على العضويات :
كما مر معنا هناك أنواع من النباتات قادرة على امتصاص الزئبق من التربة واختزانه على شكل قطرات ضمن نسيجها الداخلي ، كذلك بعض الحيوانات تقوم بتخزين هذا المعدن ضمن نسجها وبكميات كبيرة أكثر مما هو عليه ضمن البيئة العادية ، بعض أنواع الطيور كالبوم ،النسور، الصقور قادرة على اختزان كميات من المعدن تصل إلى 100 ppmضمن الكبد والكليتين .

داء ميناماتا Minamata Disease :
وهي أخطر كارثة بشرية حصلت نتيجة التسمم بالزئبق ، ففي عام 1955 وفي مرفأ الصيد ميناماتا في اليابان كان معمل تشيسو Chisso chemical factory لصناعة الطلاء يقوم بإلقاء نفايات الزئبق العضوية ضمن مياه المرفأ منذ تأسيسه . وبشكل مفاجيء عثر أحد الأيام على آلاف الأسماك الميتة والمنتشرة على الشاطيء وبنفس الوقت انتشر مرض غريب بين السكان الذين يعتمدون في غذائهم على الأسماك، بحدود مئة شخص لقوا حتفهم و سبع مئة أصيبوا بتشوهات مزمنة و الآلاف أصيبوا بآثار متفاوتة ،نسبة الزئبق في ماء الشاطيء كانت بحدود 27 to 100 ppm.
في عام 1972وقعت في العراق حادثة تسمم بالزئبق نتيجة تناول القمح الملوث بالمبيدات الزراعية الحاوية على المعدن .

3-5-6التوتياء والكادميوم :
حيث أن هذين المعدنين ينتميان لنفس الزمرة ويمتلكان نفس الخصائص لهذا ستتم دراستهما معاً
يعتبر التوتياء غذاءً للنبات ،الحيوان، العضويات المجهرية حيث تستطيع اختزان نسبة معينة من المعدن ضمن أنسجتها بدون أن تتعرض لأي آثار مضرة .
مياه النهر الطبيعية غير الملوثة تحتوي على معدن التوتياء بنسبة 10 ميكروغرام لكل ليتر، النسبة الوسطية للمعدن ضمن القشرة الأرضية هي 35 ppm .
يسهم التوتياء بالكثير من التفاعلات البيولوجية : بناء الأنزيمات وأحماضها الأمينية ،إنتاج المضادات الحيوية ، عملية تثبيت الآزوت ، تركيب الحموض العضوية .
يتواجد الكادميوم ضمن الماء بكميات ضئيلة جداً بحدود 0.4 ميكرو غرام لكل ليتر والنسبة الموجودة ضمن التربة هي بنفس القيمة تقريباً .
مع ازدياد استخدام المعدن في الصناعة فإن الحصة اليومية للإنسان والحيوان من هذا المعدن هي بحدود 300 to 400 µg/l .

يصبح الكادميوم أشد سمية عندما يتحد مع مركبات أخرى مثل النحاس والتوتياء t , في مرحلة الإصابة الكامنة تظهر آلام شديدة ضمن المنطقة المصابة يتطور بعدها الألم حيث تزدادى مدة نوبة الألم ويرافق ذلك وجود بقع غامقة على الأسنان ،في مرحلة متطورة من الإصابة يظهر ألم ضمن كل مفصل يلزمه بعض الأعراض مثل تورم و انتفاخ الجلد ،العظام التي أصبحت ضعيفة لن تصبح قادرة على حمل الجسم لممارسة الحياة الطبيعية .
المعدن يزيد من مسامية العظام، في شمال اليابان عام 1955 سجلت حالة تسمم بمعدن الكادميوم من خلال تناول الأرز وفول الصويا الملوثين مما دق ناقوس الخطر في المؤسسات الصحية.
تعتبر النسبة 200 to 400 ppm ضمن ماء الصرف غير آمنة تتطلب المعالجة للماء.

أجريت دراسات على أشخاص يتواجدون بشكل متكرر في مناطق ملوثة بالكادميوم فكانت النتائج الموضحة بالجدول التالي :

الجرعة اليومية µg لمدة ثلاث سنوات	التأثير الضار
175	ارتفاع شديد في ضغط الدم
530	الأنيميا
1300	خلل في البنكرياس
2000	خلل في عمل القلب
5000	تعطيل الكبد والكليتين

4-5-6 النيكل :

التلوث الناجم عن النيكل سببه الأساسي استخدام هذا المعدن كمحفز كيميائي ،كاربونيل النيكل $Ni(CO_4)$ و الذي يتشكل في مراحل مختلفة يتفكك إلى النيكل و غاز أول أوكسيد الكربون وكلا العنصرين معروف بسميته العالية.
النيكل يتواجد ضمن الهواء أو الماء النقي بنسبة 50 ppm في حين أن نسبته ضمن القشرة الأرضية هي 200 ppm ،زيادة تركيز المعدن في البيئة يتم بطرح المعدن المخزن ضمن الوقود المستحاث و العمليات الصناعية التي تعتمد على النيكل في التصنيع.
بعض المشاكل التنفسية تنجم عن النيكل ولا سيما النيكل كاربونيل الموجود ضمن علب السجائر.

العناصر السامة في الماء :

العنصر	المصدر	الآثار الضارة
البورون	مناجم الفحم ،صناعة المنظفات المخلفات الصناعية .	السمية ،احتمال التسبب بالسرطان
البيريليوم	مناجم الفحم ،المفاعلات النووية	احتمال التسبب بالسرطان
النحاس	صناعة التصفيح المعدنية ،الصرف الصحي المحلي .	تسمم الحيوانات

الفلورايد	المصادر الجيولوجية الطبيعية المخلفات الصناعية	تخريب العظام
الرصاص	مناجم الفحم ، المخلفات الصناعية ،الغازولين	الأنيميا ،تدمير الحياة البرية
الكادميوم	النشاط الصناعي ،مناجم الفحم ،أنابيب المياه	ارتفاع ضغط الدم، تدمير للخلايا التناسلية.
الزئبق	النشاط الصناعي ،صناعة الفحم	سمية عالية بكل الأشكال
السيلينيوم	المصادر الطبيعية	سام عند نسب عالية
التوتياء	المخلفات الصناعية ،تصفيح المعادن	سام للنبات عند نسب عالية

الفصل السابع

الأمطار الحامضية ACID RAIN

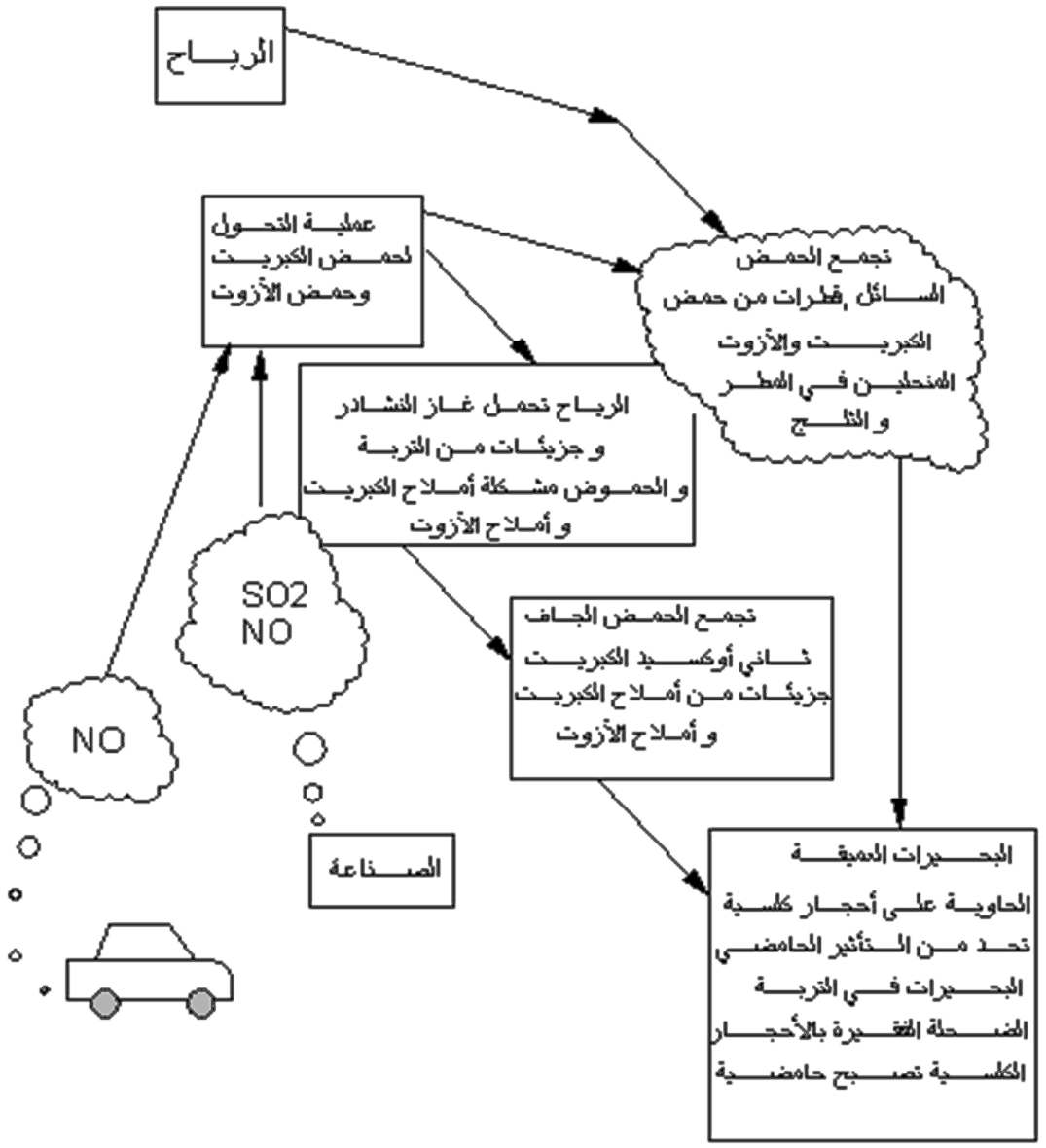
المصطلح (الأمطار الحامضية) يستخدم لوصف عدة طرق يهطل بها الحمض من الغلاف الجوي فوق سطح الأرض ، وبعبارة أدق هي المحتوى المختزن من الحمض acid deposition وله نوعان : جاف ورطب ، المحتوى الرطب يشير إلى الأمطار والثلوج الحامضية ، وحيث أن الماء الحامضي سيتغلغل ضمن التربة فإن له آثاراً على النبات والحيوان وشدة هذه الآثار تعتمد على عدة عوامل : درجة حموضة الماء ، الخواص الكيميائية للتربة ، خصائص الكائنات الحية أسماك ،أشجار ..التي تعتمد على الماء .
المحتوى الجاف يشير إلى الجزيئات والغازات الحامضية ، الرياح تدفع هذه الغازات والجزيئات باتجاه الأبنية والسيارات ، المنازل والأشجار ، العواصف المطرية تغسل الأشجار وباقي السطوح من الحمض المتراكم عليها لتجري على سطح الأرض وتتغلغل داخلها مما يزيد من نسبة الحمض ضمن التربة .
المسبب الرئيسي للأمطار الحامضية هما ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 و أكاسيد الآزوت NO_X تحدث ظاهرة الأمطار الحامضية عندما يتفاعل العنصران السابقان مع الماء والأوكسجين و باقي العناصر الكيميائية ضمن الغلاف الجوي لتشكل مركبات حامضية مختلفة و ضوء الشمس ينشط هذه التفاعلات وتكون النتيجة النهائية هي محلول معتدل من حمض الكبريت وحمض الآزوت .
الشكل (79) يوضح آلية تشكل الأمطار الحامضية .

قياس الأمطار الحامضية :

يتم قياس الأمطار الحامضية باستخدام المعيار pH فكلما كان المعيار منخفضاً كانت درجة الحموضة أعلى بالنسبة للماء النقي يكون مؤشر المعيار 0.7 ، الأمطار العادية تكون حامضية بنسبة ضعيفة و ذلك لأن ثاني أوكسيد الكربون يكون منحلاً ضمن الماء لذلك يكون مؤشر المعيار 5.5 .

7-1-1آثار الأمطار الحامضية :

تسبب تحمض البحيرات والجداول والقنوات المائية كما أنها تلحق أضراراً بالغة بالأشجار عند ارتفاعات عالية (أشجار الصنوبر الحمراء على ارتفاع فوق 2000 قدم) ، بالإضافة لهذا فإن الأمطار الحامضية تسرع من عملية التآكل لمواد الأبنية و لا سيما النصب والتماثيل غير القابلة للاستبدال.
قبيل السقوط على سطح الأرض مركبات الكبريت والآزوت تساهم في عملية إضعاف الرؤيا وبالتالي التأثير سلباً على الصحة العامة .



الشكل(79)

بعض الحوادث الناجمة عن الأمطار الحامضية :

العام	المكان	الخسائر البشرية
كانون ثاني1957	لندن	200 حالة وفاة بأعمار فوق السبعين
كانون ثاني 1952	لندن	4000- 3500 حالة وفاة
تشرين أول 1948	بنسيلفانيا – اميركا	20 حلة وفاة
كانون ثاني 1930	نهر مينس – بلجيكا	60 حالة وفاة ونفوق عدد من رؤوس الماشية

يصبح حمض ثاني أوكسيد الكبريت عنصراً قاتلاً عندما تصل نسبته إلى 500 ppm ويشكل خطراً على كبار السن ولاسيما الذين يعانون من مشاكل تنفسية .
التعرض طويل الأمد لهذا الحمض ولو بنسبة قليلة يتسبب بتدمير المحاصيل الزراعية.

أكاسيد الآزوت :
أول أوكسيد الآزوت أقل سمية من ثاني أوكسيد الآزوت ،فهو يتحد مع خضاب الدم ضمن روابط ضم ويعيق تحرك الدم ،ضمن الهواء الملوث تكون نسبة أول أوكسيد الآزوت أقل بكثير من أول أوكسيد الكربون .
قيما يلي بعض آثار التعرض لحمض ثاني أوكسيد الآزوت : NO_2 :

نسبة التعرض	مدة التعرض	الأضرار الصحية
50 – 200 ppm	حتى ساعة واحدة	التهاب أنسجة الرئة
أكثر من 500 ppm	2 إلى 10 ساعات	الموت

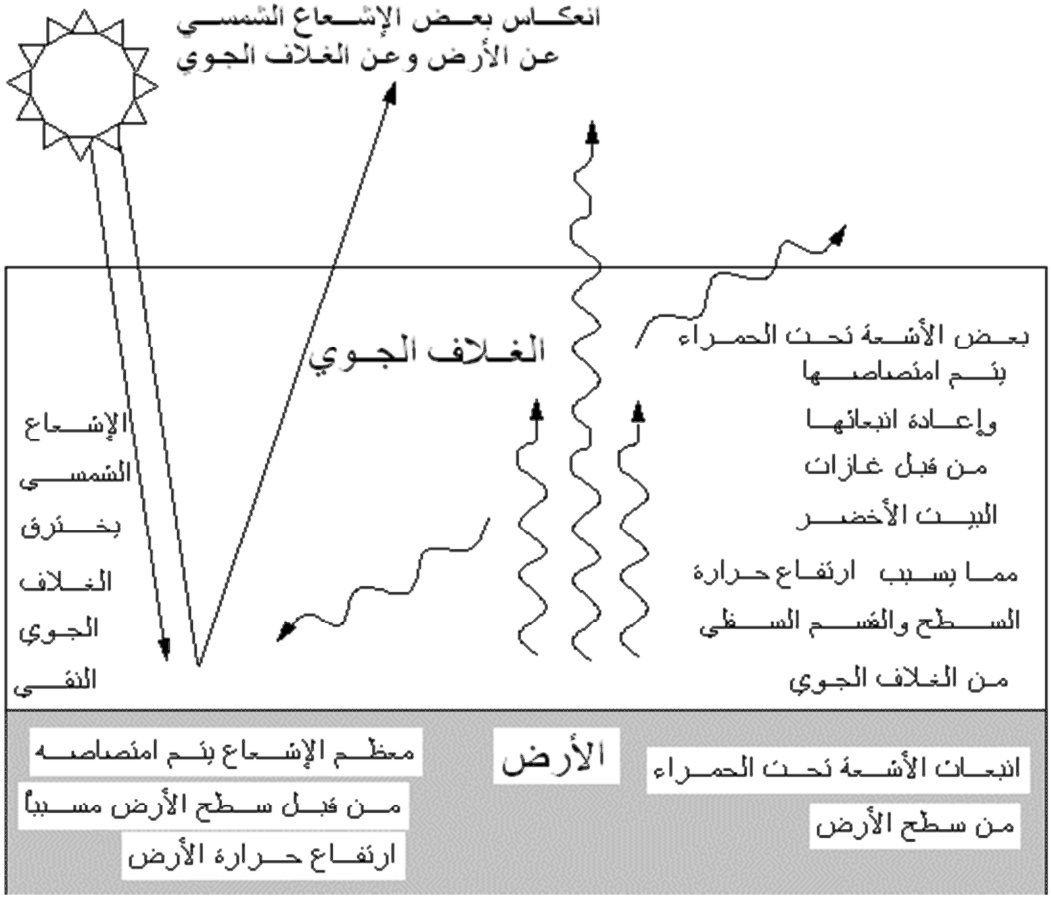
7-1-2تدابير وقائية للحد من ظاهرة الأمطار الحامضية :

التنظيف :
كما مر معنا معظم الطاقة الكهربائية التي نستخدمها تأتي من حرق الوقود العادي كالغاز الطبيعي والفحم والبترول ، هناك عدة خيارات للتخفيف من نسبة انبعاث غاز SO_2 و منها استخدام الفحم الحاوي على نسب أقل من الكبريت ، غسيل الفحم واستخدام أدوات قشط scrubbing brush لإزالة غاز ثاني أوكسيد الكبريت بشكل كيميائي من الغازات الخارجة .
كذلك يمكن لمحطات توليد الطاقة الكهربائية اختيار الوقود الأنسب فإحراق الغاز الطبيعي يطلق كمية أقل من ثاني أوكسيد الكبريت من إحراق الفحم ، كذلك المفاهيم البيئية الإضافية ضرورية مثل التقليل من نسب باقي الملوثات كالزئبق و ثاني أوكسيد الكربون ، بالنسبة لوسائط النقل يتم استخدام علبة التصفية catalytic للتقليل من انبعاث أكاسيد الآزوت من السيارات .
استخدام الطاقات المتجددة لتوليد الطاقة الكهربائية يساعد بشكل كبير في الحد من هذه الظاهرة .

الحموض تتغلغل بسرعة ضمن النسيج البيئي مغيرة الخصائص الكيميائية للتربة والبحيرات والأنهار مما يهدد وجود الكائنات الحية من نباتات وحيوانات ، وتحتاج البيئة لفترة طويلة من الزمن للتخلص من آثار الحموض المتراكمة حتى لو أصبحت الأمطار عادية وتم تخفيض نسب الانبعاثات السامة ولتقليص فترة التعافي من آثارالحموض هناك دور للنشاط البشري إذ بمقدور البشر رمي الأحجار الكلسية (الجص) ضمن البحيرات والأنهار التي تعاني من نسبة حموضة عالية.

ظاهرة البيت الأخضر- البيت الزجاجي
GREENHOUSE EFFECT

هذه الظاهرة عبارة عن سخونة سطح الأرض والطبقات السفلى من الغلاف الجوي و الذي يساهم في زيادة نسبة ثاني أوكسيد الكربون ضمن الغلاف الجوي .
يسمح الغلاف الجوي لقسم كبير من أشعة الشمس بالوصول إلى سطح الأرض وتسخين سطحها وجزء من هذه الأشعة ينعكس عن سطح الأرض على شكل أشعة تحت حمراء طويلة الموجة ،القسم الأكبر من هذه الأشعة المنعكسة يتم امتصاصه من قبل جزيئات ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وإعادته لسطح الأرض على شكل حرارة .
هذه العملية مشابهة تماماً لما يحدثه لوح زجاجي موضوع داخل بيت أخضرحيث يقوم بالسماح لأشعة الشمس بالدخول ويحتجز الحرارة في الداخل ،(عندما تضع قطرميزاً زجاجياً مغلقاً تحت الشمس لفترة طويلة ستلاحظ احتباس الحرارة بداخله) ، إن احتباس هذه الحرارة بين الطبقات السفلى من سطح الأرض وسطح الأرض سيسبب ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض .
الشكل (80) يوضح هذه الظاهرة .



الشكل(80)

لهذه العملية أهمية طبيعية كبيرة فبدون هذا التسخين سيكون المعدل الوسطي لحرارة سطح الأرض بحدود 73 درجة مئوية تحت الصفر وهذا يعني تجمد مياه البحر.
ظاهرة البيت الأخضر يقصد بها العملية أو الآلية التي تجعل سطح الأرض أكثر حرارة مما يفترض أن يكون في حال غياب الغلاف الجوي .
يجب التمييز بين ظاهرة البيت الأخضر الطبيعية وظاهرة البيت الأخضر الاحتمالية ، الظاهرة الطبيعية ستجعل درجة حرارة سطح الأرض أعلى بحدود 33 درجة مئوية عن درجة الحرارة المفترضة في حال عدم وجود غازات ، وهذا يخلق مناخاً مناسباً جداً للوجود الإنساني .
من جهة أخرى الظاهرة الاحتمالية للبيت الأخضر تشير إلى احتمالية ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض عن درجة الحرارة المفترضة في حالة الظاهرة الطبيعية للبيت الأخضر بسبب ازدياد تركيز الغازات النجم عن النشاط البشري المتزايد.
هذه الظواهر ستتسبب بحدوث تغيرات مناخية مثل حركة العواصف وارتفاع مستوى مياه المحيط .

الضباب الكيماضوئي PHOTOCHEMICAL SMOG

الكلمة smog مشتقة من دمج الكلمتين smoke وتعني دخان وfog وتعني ضباب والترجمة الدقيقة هي الضباب الدخاني وسنقتصر على كلمة ضباب فقط .
تحدث هذه الظاهرة عندما تتفاعل الملوثات الأولية (أكاسيد الآزوت ، المركبات العضوية الطيارة الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري) تحت تأثير ضوء الشمس لإنتاج مزيج من مئات المركبات الكيماوية الخطرة والتي تسمى بالملوثات الثانوية .
حدوث هذه الظاهرة ايضاً مرتبط بطبيعة وتقلبات المناخ وبالنشاط البشري المرافق للازدحام السكاني
الجدول في الأسفل يشرح الملوثات المسببة للضباب الكيماضوئي والآثار الناجمة عنها :

المادة الكيميائية	المصادر	الآثار البيئية	ملاحظات
أكاسيد الآزوت	-احتراق النفط ،الغاز، الفحم - النشاط البكتيري بالتربة. - حرائق الغابات . - النشاط البركاني. - العواصف البرقية.	- ضعف الرؤيا بسبب اللون المصفر ل NO_2 - NO_2 يتسبب بحدوث مشاكل صحية في القلب والرئتين . - NO_2 يؤخر و يعيق نمو النباتات . - إضعاف المقاومة ضد العدوى . - احتمال التسبب بالسرطان.	كل عمليات الاحتراق تساهم بنسبة 5% من NO_2 ضمن الغلاف الجوي. المعظم يتشكل من التفاعلات التي تحوي NO .

المركبات العضوية الطيارة VOC_s	- تبخر المحاليل . - تبخر الوقود . - الاحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري .	- تهيج في العين. - صعوبات في التنفس. -البعض منها مسبب للسرطان . -صعوبة الرؤيا لانتشار ضباب أزرق- بني .	تأثير هذه المركبات يعتمد على طبيعة المادة الكيماوية والتي تصل إلى 600 نوع ضمن الغلاف الجوي .
أوزون O_3	- يتشكل من التحليل الضوئي لثاني أوكسيد الآزوت.	-تهيج في العين . - تهيج في المجار التنفسية - السعال وصعوبات التنفس . - رائحة وخازة .	- تركيز ينسبة 0.1 ينقص عملية التحليل الضوئي للنصف . -الأكثر تضرراً هم الأشخاص الذين يعانون مشاكل تنفسية . - يتشكل أثناء ساعات النهار فقط .
بيروكسي أستيل النترات PAN	- يتشكل من تفاعل NO_2 مع مركبات VOC_S	- تهيج في العين . - سمية عالية للنباتات . - تخريب البروتين . - تهييج المجار التنفسية.	أكثر سمية للنبات من الأوزون .

أسوأ كارثة نتجت عن تشكل الضباب الكيماضوئي كانت في مدينة لندن عام 1952حيث تم رصد 4000 إلى 5000 حالة وفاة بشكل مباشر و غير مباشرحيث بلغت نسبة SO_2 في الجو 3.5ppm
تكررت حوادث مشابهة لكن بخسائر أقل في بلجيكا Mouse Valley عام 1930، Donora 1940 ، لندن عام 1956.
لبدء العملية الكيماوية اللازمة لتشكل الضباب الكيماضوئي لا بد من توفر العومل التالية :
ضوء الشمس – توليد أكاسيد الآزوت – توليد مركبات VOC_S- درجة الحرارة أعلى من 18 مئوية.
تشكل أكاسيد الآزوت يتم بإحدى الطريقتين :
يلاحظ أن المركب NO يعمل لإزالة الأوزون O_3 من الغلاف الجوي وهذه الآلية تظهر بشكل طبيعي في الأجواء غير الملوثة :

$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2$$
$$NO + RO_2 \longrightarrow NO_2 + \text{other products}$$

حيث R يرمز لعنصر كربوهيدرات .

أشعة الشمس تقوم بكسر الرابطة الكيميائية ل NO_2 وتحوله إلى NO حسب التفاعل التالي :

$$NO_2 + \text{sunlight} \longrightarrow NO + O$$

الأوكسجين الناتج عن التفاعل السابق يتفاعل من جديد مع أحد جزيئات الأوكسجين الموجودة ضمن الغلاف الجوي مشكلاً الأوزون :

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

ثاني أوكسيد الآزوت يمكن أن يتفاعل NO_2 يمكن أن يتفاعل الأسس أو الجذور الناتجة عن المركبات الطيارة في سلسلة من التفاعلات لتكون النواتج مواد شديدة السمية مثل PAN

$$NO_2 + R \longrightarrow PAN$$

يلعب أول أوكسيد الكربون دوراً مهماً في تشكل الضباب الكيما ضوئي حسب التفاعل التالي :

$$CO + O_2 + NO \longrightarrow CO_2 + NO_2$$

يمكن الحد من ظاهرة الضباب الكيما ضوئي بالتخفيف من انبعاثات أكاسيد الآزوت في المناطق السكانية ويرافق ذلك تخفيض الانبعاثات للمواد الهيدروكربونية من المصادر الثابتة والمتحركة .

ارتفاع درجة حرارة الأرض
GLOBAL WARMING

يعتقد أن درجة حرارة الأرض قد ارتفعت 5 درجات مئوية عن المعدل الطبيعي خلال ال 170 سنة الماضية إثر النشاط الصناعي المتزايد ، كما يتوقع أن تتضاعف نسبة ثاني أوكسيد الكربون إلى الضعف خلال الأربعين سنة القادمة حيث يتوقع حصول ارتفاع في درجة حرارة الأرض بحدود إلى 1,5 إلى 5 درجات مئوية.

أسباب ارتفاع درجة حرارة الأرض :

السبب الرئيس هو ظاهرة البيت الأخضر الناجمة عن النشاط الصناعي والزراعي .

-غازات الكربون ،الغاز الطبيعي ،النفط :

الفحم الحجري يصدر غازات أعلى بنسبة 1.7 مرة من الغاز الطبيعي عند الاحتراق ،و أعلى 1.25 مرة من البترول ، الغاز الطبيعي يطلق أقل 50% من ثاني أوكسيد الكربون من الفحم عند الحصول على نفس المقدار من الطاقة و 25% أقل من البترول أيضاً عند الحصول على نفس الكم من الطاقة الفحم الحجري يحتوي على نسبة 80% أعلى من الكربون ضمن واحدة الطاقة من الغاز الطبيعي والنفط يحتوي 40%أعلى من الغاز الطبيعي .

نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون ازدادت بنسبة 30% خلال ال 150 سنة الماضية وهو يشكل الخطر الأكبر من حيث الغازات المشكلة للبيت الأخضر.

-الميثان :

يأتي الميثان بالمرتبة الثانية بعد غاز ثاني أوكسيد الكربون من ضمن الغازات المشكلة للبيت الأخضر لغاز الميثان نصف تأثيرات غاز ثاني أوكسيد الكربون بالنسبة لعملية التسخين ، نسبة غاز الميثان ارتفعت بنسبة 145%خلال المئة عام الماضية .

من مصادر الميثان المتنوعة :حقول الأرز ، الروث البقري ، النشاط البكتيري ضمن المستنقعات و إنتاج الوقود الأحفوري .

- أكسيد النتروجيني N_2O :

وهو غاز مشهور ويعرف بغاز الضحك ، عديم اللون وغير قابل للاشتعال ويستخدم في المجال الطبي كمخدر، يتولد هذا الغاز بشكل طبيعي من المحيطات والغابات المطرية ،ساهم الإنسا ن بتوليد هذا

الغاز عن طريق إنتاج حمض النتريت ،استخدام السماد الآزوتي ،علب التصفية البيئية ضمن السيارات ،حرق
المواد العضوية .
تتفكك الرابطة الكيميائية لهذا الغاز ضمن الغلاف الجوي تحت تأثير ضوء الشمس .

- غاز سادس فلور الكبريت SF6 :

يستخدم هذا الغاز ضمن التجهيزات الكهربائية التي تعمل تحت توتر كهربائي مرتفع كعازل كهربائي ولاسيما في قواطع التوتر العالي ،يستخدم أيضاً لإذابة المغنزيوم كما يدخل في صناعة مكبرات الصوت .
المشكلة تظهر عندما يتسرب هذا الغاز من التجهيزات الداخل ضمنها ، هذا الغاز يحتجز الطاقة الحرارية داخله أكثر ب 25 مرة من غاز ثاني أوكسيد الكربون وهذا يفسر استخدامه كعازل كهربائي بسبب قدرته على إطفاء القوس الكهربائي أثناء عمليات الفصل ضمن حجيرة قاطع التوتر العالي .
نسبة هذا الغاز تزداد سنوياً بمعدل 8% ضمن الغلاف الجوي .

7-4-1الآثار الناجمة عن التغيرات المناخية Effects Of Global Changes :

-يحدث سخونة في سطح الأرض وفي الطبقات السفلى للغلاف الجوي يصاحبه برودة في طبقة الستراسوسفير.
- التسخين لا يكون منتظماً على كامل سطح الأرض فالتسخين في المناطق المدارية أقل من المعدل العالمي بحدود 2 إلى 30 درجة مئوية و يعتمد ذلك على التغيرات على مدار الفصول ،في مناطق أخرى من سطح الأرض يكون هناك ارتفاع في درجة حرارة الأرض بحدود 5 إلى 10 درجات مئوية
- تتغير لوائح التنبؤ بالطقس حيث بعض المناطق تصبح أكثر رطوبة والبعض الآخر يصبح أكثر جفافاً.
- تغير في المناخ الفصلي بسبب التغير في درجة الحرارة .
- نسبة الرطوبة في التربة ستتغير بسبب التغير في معدل التبخر .
- مع تناقص غطاء الغيوم خلال الصيف في كل من آسيا و أوروبا والذي سيدعم عملية التسخين الشمسي للسطح و يزيد من درجة التباين الحراري بين اليابسة والبحر فإن فصول هطول الأمطار المدارية ستتغير مواقيتها وستزداد قسوة (موسم الهطل المطري في جنوب شرق آسيا يكون بين شهري نيسان و تشرين الأول) .
- جهة الريح وشدتها فوق سطح البحر ستتغيرو هذا سيتسبب بتبدل تيارات المحيط المائية مما يتسبب بحدوث تغيير لمناطق مزج و تجمع المغذيات البحرية و يؤثر على إنتاجة المحيط السمكية .

استنزاف طبقة الأوزون
OZONE LAYER DEPLETION

الأوزن هو جزيء يتألف من ثلاث ذرات من الأوكسجين O_3 و هو يتشكل عند اتحاد جزيء الأوكسجين O_2 تحت تأثير الأشعة فوق النفسجية مع ذرة الأوكسجين .
ويمكن أن يتشكل أيضاً بتمرير شحنات كهربائية (تفريغ كهربائي) ضمن الأوكسجين الغازي وعندما يكون مركزاً على شكل سائل أو غاز يكون عنصراً شديد الانفجار .
للأوزون آثار مختلفة وهذا يعتمد على مكان توضعه ، من الممكن أن يحمي أو يؤذي الحياة على وجه الأرض ، ففي الطبقات العليا للغلاف الجوي (ارتفاع 24 كيلومتر) يتصرف الأوزون كدرع واق لحماية سطح الأرض من أشعة الشمس فوق البنفسجية بدون هذه الحماية الطبيعية سيصبح البشر أكثر عرضة لسرطان الجلد و أمراض بياض العين ، إضعاف نظام المناعة في الجسم .
بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية UV كلما كان طول الموجة أقصر كلما اكتسبت الموجة طاقة أعلى وبالتالي زادت خطورتها ، (UV-C 200 TO 280 nm)
ملاحظة : $1nm = 10^{-9}$ m(واحد نانو متر يساوي واحد من الألف مليون من المتر) .
بالنسبة للأشعة فوق النفسجية زمرة (UV-B 280 T0 320) فإن قسماً منها يتسرب عبر طبقة الأوزون ليصل سطح الأرض .
الأشعة من الزمرة (UV-A 320 T0 400) لا تتأثر بطبقة الأوزون ويصل معظمها لسطح الأرض .
ضمن الطبقات السفلى من الغلاف الجوي وبالقرب من سطح الأرض يتنفس الإنسان الأوزون الضار صحياً حيث يتسبب بأذى للرئتين و هو عنصر مسبب للضباب الكيماضوئي .
حسب ما تقدم هناك الأوزون النافع والأوزون الضارضمن الغلاف الجوي وهذا يعتمد على التوازن بين الآليات المشكلة للأوزون والآليات المدمرة للأوزون .
الخطورة على البيئة تأتي من الدراسات الدالة على أن الأوزون النافع في تناقص والأوزون الضار في ازدياد .
يتم تدمير طبقة الأوزون بسبب تفاعلات الكلورين Chlorine ، برومين Bromine ، نتروجين ،الهيدروجين ، الأوكسجين .التفاعل مع العناصر السابقة يتم عبر منشطات تفاعل catalytic.
سلسلة من التفاعلات الكيميائية تتسبب بتدمير الكثير من الجزيئات ضمن طبقة الأوزون
الجزيء الأول والذي بدأ التفاعل وتم تدميره يعود لحالته الأولى (يتشكل من جديد) ويعيد كرة التفاعل بسبب التفاعل المحفز كيميائياً (تتدخل عناصر منشطة ومحفزة للتفاعل catalytic reactions)
يمكن لذرة كلورين واحدة أن تدمر آلاف الجزيئات الموجودة ضمن الأوزون قبل أن تتحول لشكل غير ضار للأوزون .
ترقق طفيف بطبقة الأوزون يظهر فوق القطب الجنوبي Antartica في كل عام خلال شهرإيلول ولمدة بضعة أشهر يعرف هذا الترقق بثقب الأوزون (ozone hole) ،التناقص في طبقة الأوزون هو بمعدل 3% كل عام الطبقة الرقيق مستمرة بالاتساع ففي عام 1998 وصلت مساحتها إلى 27,5 مليون كيلومتر مربع .
وهي مساحة أكبرمن مساحة قارة أميركا الشمالية ، في عام 2000 وصلت مساحة الطبقة المترققة 28,3 مليون كيلومتر مربع ، تم رصد طبقة مترققة أخرى (ثقب آخر) أصغر من الطبقة الأولى وضمن الستراتوسفير فوق القطب الشمالي Arctic .

من المواد الكيميائية المخربة لطبقة الأوزون مركبات الفلور الكربونية CFC_S منها غاز التبريد الفريون ومادة العزل الستيروفوم Styrofoam ، غاز الهالون halon يتسبب بتدمير الأوزون و هو يحتوي البرومين والكلورين ويستخدم كمادة ضد الحريق .

7-5-1الآثار الناجمة عن ترقق طبقة الأوزون :

مع ازدياد ترقق طبقة الأوزون فإن نسبة أكبر من الأشعة فوق البنفسجية ستصل لسطح الأرض ، والتعرض الزائد لهذه الأشعة ينجم عنه الكثير من الأمراض ، عدسة العين تحتوي على طبقة من البروتين الشفاف والذي يتم تبديله بشكل دوري بمعدل بطيء جداً والتعرض الزائد للأشعة فوق البنفسجية يخرب ويتلف هذا البروتين مع مرور الزمن تصبح العدسة غائمة (ضبابية) مما يشكل بياض العين يمكن معالجة هذا المرض بعمل جراحي لكن ملايين الأشخاص ولا سيما في الدول النامية لا يستطيعون توفير تكلفة العملية لذلك يعانون من عمى جزئي أو كلي .

أيضاُ التعرض الزائد للأشعة UV-B يحدث تحولات وتغيرات ضمن الحمض النووي DNA الموجود ضمن خلايا الجلد هذه التغيرات الضارة تتراكم مع الزمن وتسبب سرطان الجلد.

من أنواع سرطان الجلد Malignant melanoma و هذا المرض في تزايد مع السنين وينتشر بسرعة في سائر أجزاء الجسم مسبباً الوفاة بعد عدة أشهر من ظهور الأعراض .

الأشعة فوق البنفسجية تساهم بحدوث خلل ضمن دورة الحياة الطبيعية فالأشنيات والطحالب في منطقة القطب الجنوبي والتي تعتبر وسطاُ غذائياُ للكثيرمن العضويات قد تناقصت بفعل التعرض لهذه الأشعة .

تم توثيق أضرار لحقت بالثروة السمكية ضمن منطقة القطب الجنوبي .

تغيرات في الحمض النووي في بيوض أسماك الجليد و صغار السمك كانت مترافقة مع ازدياد نسبة هذه الأشعة .

هناك مخاوف من أن زيادة هذه الأشعة قد يخرب المحاصيل الزراعية والغابات ،النباتات تتفاعل مع نظام البيئة الطبيعي ومع نظام البيئة الزراعية و تأثير الأشعة فوق البنفسجية على هذه العضويات يؤثر على النباتات بشكل غير مباشر.

ازدياد مستوى الأشعة فوق البنفسجية يخرب محاصيل القمح إذ يتسبب بانتشار نوع من الفطريات على سنابل القمح ، أيضاُ تراجع الإنتاج الزراعي لمحصيل الخيار بسبب التسبب بإضعاف مقاومة هذا النبات للأمراض .

تعرض نبات التبغ للأشعة UV-B تسبب بحدوث تغييرات ضمن الحمض النووي للنبات .

الدراسة التقديرية للآثار البيئية
Environmental Impact Assessment

مقدمة :

الدراسة التقديرية أو التخمينية للآثار البيئية (EIA) هي دراسة تعنى بالتغيرات الاجتماعية و الاقتصادية و الخصائص الفيزيائية والبيولوجية والتي من الممكن أن تنتج نتيجة نشاط محدد.
EIA تمثل مجموعة من التدابير والوسائل لتقييم وبنفس الوقت التحكم بجودة بيئة الإنسان فهي بمثابة الرابط بين النمو الاقتصادي والبيئة ، دراسة مشاريع التنمية المستقبلية من منظار اقتصادي ومن منظار بيئي أي معرفة آثار هذه المشاريع على الحياة البيئية وعلى المدى الطويل .

7-6-1ضرورة الدراسات البيئية :

لقد أصبحت ضرورة لاغنى عنها طرح الدراسة البيئية ضمن خطة التنمية المستقبلية وعند اختيار التصاميم المناسبة للمشاريع المختلفة لتجنب أية أخطار قد تهدد الحياة البيئية وتحديد المناطق التي من الممكن خفض نسبة الأخطار للحدود الدنيا .
لتحقيق إدارة بيئية فعالة فإن التقدير السليم للآثار البيئية لابد أن يتم عبر دراسة واسعة للمشاريع والنشاطات مثل مشاريع بناء الطرق ، المطارات ، القنوات البحرية و السدود...الخ .

الدراسة التقديرية البيئية يجب أن تشمل التالي :
- مسارات التنمية البديلة .
- مواقع المشروع البديلة .
- تقنيات آلات العمل البديلة .
- قدرة الاستيعاب للنظام البيئي .
- جودة البيئة قبل ،أثناء و بعد النشاط التنموي المقترح .

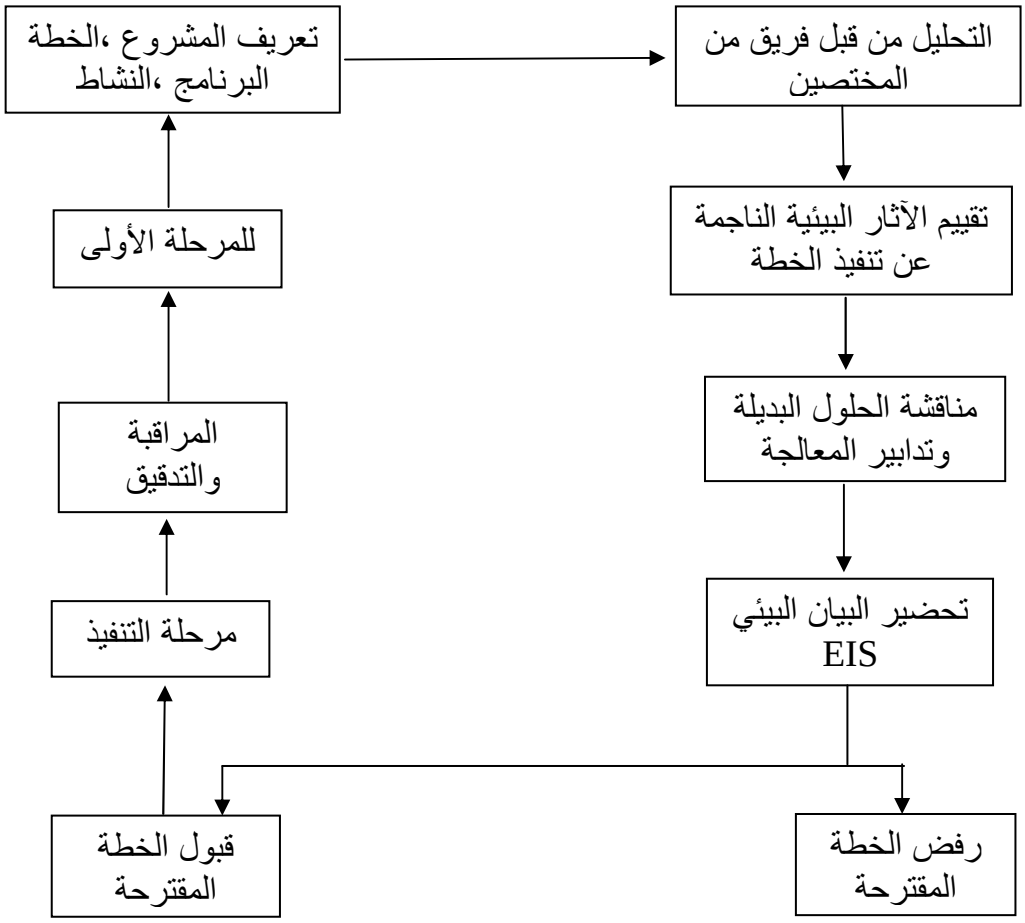
كل دراسة بيئية يجب أن تحقق الأهداف التالية :
- الحفاظ على المصادر الطبيعية .
- التقليل ما أمكن من النفايات .
- الاستفادة القصوى من إعادة التصنيع للمنتج .
- تحسين مردود العمل للتجهيزات المختلفة .

بشكل مختصر يجب تحقيق جودة البيئة باتخاذ التدابير اللازمة قبل وقوع الضرر البيئي وليس بعده.

تتم الدراسة البيئية عبر أربعة مراحل :
- تنظيم العمل .
- وضع التقديرات والتوقعات .
- إصدار وكتابة بيان التأثيرات البيئية EIS .
- مراجعة وتدقيق EIS.
- تنظيم العمل :

في هذه الخطوة يتم تعريف المشروع ووضع (ID) ويتم تشكيل فريق عمل لبدء عملية التحليل .
لضمان نجاح التحليلات من الضروري وجود خبراء ومختصين ضمن فريق العمل ويسمى هذا الفريق بفريق جمع الأفكار interdisciplinary team .

يضم الفريق علماء جيولوجيا ، محاصيل زراعية ، مخزون مائي ، علوم حيوية ، اجتماع وثقافة ..الخ يجب وضع إطار زمني لتجهيز التحليلات و اكتساب المعرفة والخبرة بالتشريعات والقوانين الحكومية المرتبطة بالمشروع .



تنفيذ عملية التقدير :

هذه المرحلة من EIA تشمل الخطوات التالية :

- زيارة الموقع من قبل فريق الخبراء لإنشاء تقرير عن وضع البيئة قبل بدء العمل بالمشروع المخطط له والآثار البيئية المتوقعة بعد انتهاء المشروع .
- تعريف وتقييم الآثار البيئية المفيدة والضارة للمشروع المقترح .
- مناقشة الحلول البديلة : على سبيل المثال .. ماهي الاستخدامات البديلة للموقع و الذي يفترض أن يقام المشروع المقترح عليه ؟ ...هل يوجد تدابير بديلة للحصول على أهداف المشروع ؟

تحضير قائمة الفحص Check List بالنسبة للبيان البيئي لضمان التغطية الكاملة لكل العواقب المحتملة الناجمة عن المشروع المقترح بحيث يمكن التخطيط للعمل أو الخطوة الإدارية اللازم اتخاذها كنيجة لهذا النوع من النشاطات .

قياس الآثار البيئية :

لمعرفة آثار المشروع على مكونات النظام البيئي يجب قياس هذه التأثيرات وهي عملية ليست بسهلة ،باستخدام طريقة قائمة الفحص و هي قائمة شاملة تتكون من العوامل البيئية المرتبطة

بمشروع أو نشاط معين ، التغير في هذه العوامل البيئية يعكس الآثار التي ستقع على النظام البيئي .

فيما يلي قائمة بأهم العوامل البيئية :

المكون البيئي	العامل البيئي
1) الهواء	الرائحة عامل الانتشار الجزيئات أول أوكسيد الكربون أوكسيد النتروجين أوكسيد الهيدروجين أوكسيد الكبريت المؤكسدات الكيماضوئية المواد السامة
2) الماء	BOD الأوكسجين المنحل المواد الصلبة المنحلة المغذيات المواد الحمضية والقلوية التلوث الحراري التلوث بالزيوت المواد المشعة المركبات السامة تغير الجريان الحياة المائية
3) الأرض	نماذج استغلال للأرض الكوارث الطبيعية استقرار التربة
4) علوم البيئة	الغطاء الأخضر الطبيعي النباتات المائية الحيوانات المائية محاصيل الحقول الطيور المفترسة
5)الصوت	الآثار الفيزيولوجية آثار سيكولوجية تأثير على الاتصالات تأثير على السلوك الاجتماعي

6) المظاهر البشرية	نمط الحياة الاحتياجات الفيزيولوجية الاحتياجات السيكولوجية احتياجات المجتمع الجماليات
7) الاقتصاديات	استقرار الاقتصاد الإقليمي

2-6-7تحضير البيان البيئي :

1- وصف للموقع والبيئة حيث سيقام المشروع المقترح .
2- وصف للمشروع المقترح ،الغاية من المشروع ، أهداف المشروع القريبة والبعيدة ، حجم المشروع ، مساحة منطقة المشروع ، التوسعة المستقبلية ،المعدات ، اليد العاملة ، المواد اللازمة للتنفيذ .
3- الآثار البيئية المحتملة الناجمة عن المشروع على الهواء ،الماء ، الأرض، الصوت ، الاقتصاد ، المجتمع .
4- الآثار المعاكسة والتي لا يمكن تجنبها الناجمة عن النشاط .
5- البدائل الممكنة للعمل المقترح .
6- علاقة العمل المقترح مع خطط استغلال الأرض والتأكد من عدم وجود تعارض مع خطط أخرى لاستغلال نفس الأرض ،في حال وجود تعارض يجب ذكر الأسباب القوية للمضي في المشروع .
7- العلاقة بين الاستخدامات المحلية قصيرة الأمد وبين الإنتاجية طويلة الأمد للمصادر المحلية .
8- تعريف التدابير الممكن اتخاذها للتقليل من الآثار المعاكسة .
9- إدماج التعديلات ضمن المشروع المقترح .

كمرحلة نهائية يتم كتابة بيان تقدير الآثار البيئية بصيغةوأسلوب واضحين و شاملين ثم يعرض على الرأي العام والسلطة المختصة والخبراء المستقلين ، يتم مراجعته بحرص ودقة قبل اتخاذ أي قرار لصالح أو ضد تنفيذ المشروع .

مراجعة بيان تقدير الآثار البيئية :

بعد كتابة البيان البيئي يعرض على العموم لجعل رأي العامة أكثر حضوراً وفعالية في خطط التنمية المشاركة الفعالة والمسؤولة للعامة هي شيء ضروري وذلك للوصول لبيئة آمنة وصحية والارتقاء بمعيار العيش بالانتفاع من مزايا التنمية المعتمدة على التقنيات الحديثة بدون إلحاق ضرر بالبيئة .
المشروع المقترح يعرض على العامة عن طريق الصحافة ليتم دراسته و يرافق ذلك عقد جلسات لممثلي الحكومة حيث يتم الحصول على معلومات وملاحظات أكثر من قبل العامة .
تمنح فترة زمنية مقدارها شهر واحد على الأقل للعامة لتفحص ودراسة المشروع ووضع الملاحظات قبل أن يتم رفع المشروع للسلطات المختصة .
بعد مراجعة البيان وتقدير الآثار النافعة والضارة وتحليل التكلفة المالية يتم اتخاذ قرار نهائي لقبول أو رفض المشروع أو الموافقة على معظم الحلول البديلة ضمن الصيغة المعدلة أو الأصلية .

بالنسبة للتكاليف يمكن تخفيضها بالطرق التالية :
- تخفيض التقديرات غير الضرورية.
-استخدام المعطيات المتوفرة والخبرات الموجودة.
- توزيع المسؤوليات على الأعضاء ضمن فريق الكشف التحليلي و تجنب الازدواجية للوظائف والواجبات .
- تبسيط الإجراءات الإدارية .

التربية بالثوابت الأخلاقية : VAVLUE EDUCATION :

التربية بالثوابي الأخلاقية تشير إلى طيف واسع من أنواع التعليم والنشاطات تبدأ من التربية البدنية ،الصحة العقلية ،أدب وفن التعامل ،تهذيب الطباع ، السلوك الاجتماعي الأنسب ، الواجب نحو الجماليات ، التربية الدينية .

الأهداف والأغراض للتربية بالثوابت الأخلاقية :
1- غرس الطباع الجيدة ضمن العقول والنفوس لتنمية حس المواطنة المسؤولة والمتعاونة .
2- التطوير المتكامل لشخصية الطفل من الجانب البدني ، العقلي ، العاطفي ، الروحي .
3- تنمية الاحترام لخصوصية ومكانة الفرد والمجتمع .
4- ترسيخ روح التكامل والوطني .
5- تنمية الأسلوب الديمقراطي في طريقة التفكير والعيش .
6- تنمية روح التسامح والفهم الجيد إزاء كل الطوائف والأديان .
7- تنمية روح الأخوة الإنسانية على مستوى المجتمع ،الوطن ، العالم .
8- مساعدة الأطفال للإيمان بقوى خارقة واتلتي يفترض أنها تتحكم بالكون و الحياة الإنسانية.
9- تعليم الأطفال اتخاذ قرارات أخلاقية على أساس مبادىء أخلاقية .

3-6-7 البيئة وحقوق الإنسان

HUMAN RIGHTS AND THE ENVIRONMENT :

على الرغم من أن حماية البيئة وحقوق الإنسان غالباً ما يتم التعامل معهما كموضوعين قانونيين منفصلتين إلا أن هناك الكثير من حالات التداخل بين القضيتين ، أولاً الكثير من الحكومات والمنظمات الدولية قد جعلت من حقوق المواطنين العيش ضمن بيئة نظيفة وصحية .
ثانياً سياسة المصادر الوطنية البيئية قد تضر بشكل مباشر أو غير مباشر المجتمعات الصغيرة والفقيرة .إن الحقوق الطبيعية للناس يمكن أن تعرف من خلال المنظورين التاليين :
- الحق في حماية وإدارة المصادر الطبيعية المتواجدة على الأرض الأم .
- حقوق المواطنين في العيش ضمن بيئة صحية، هذا الحق يسمح لهم بمحاربة كل أنواع المشاريع المدمرة للبيئة .
القوانين العالمية لحماية البيئة تلعب دوراً مهماً في هذا الخصوص ، الكثير من شعوب العالم قد عارضت سياسات حكوماتها والتي تسمح باستغلال المصادر الطبيعية على الأرض المحلية لأن هذا النوع من استغلال المصادر الطبيعية قد يقوض بعض النشاطات الاقتصادية التي يعتمد عليها السكان في معيشتهم ومن شأنه أن يخرب النسيج الثقافي للمجتمع حيث ينتج عنه هجرة قسرية و إعادة استيطان للسكان ، فالصراع لحماية البيئة هو صراع لحماية المجتمع الثقافي للسكان .
عند انعقاد قمة حماية الأرض عام 1992 وضع بيان ريو لحماية البيئة :
Rio Declaration on Environment and Development
نص البيان على التالي :
الناس المحليين و مجتمعاتهم و باقي المجتمعات المحلية لهم دور حيوي في الإدارة البيئية والتنمية بسبب معارفهم وممارساتهم الثقافية ,على الحكومة المحلية أن تدعم هويتهم ، ثقافتهم ، اهتماماتهم ، وتمكين مشاركتهم الفعالة في تحقيق التنمية المستمرة والصديقة للبيئة.

المزج بين حقوق الإنسان والالتزامات البيئية يمكن أن يشكل أداة قوية وفعالة لحماية المنظومة البيئية حيث يقطن السكان الأصليين .

بعض الاتفاقيات الدولية الخاصة بحماية البيئة :

1-United Nations Framework Convention on Climate Change.
اتفاقية الأمم المتحدة حول التغيرات المناخية 1992.

2- Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer. 1985
اتفاقية فيينا لحماية طبقة الأوزون .

3- Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer . 1987
بروتوكول مونتريال حول المواد التي تستنزف طبقة الأوزون .

4- Convention on Biological Diversity 1992
اتفاقية حول التنوع الحيوي .

5- Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds AEWA 1995
اتفاق للحفاظ على الطيورالمائية المهاجرة بين قارات أوروبا – آسيا – إفريقيا .

6- Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic and North Sea ASCOBANS 1991.
اتفاق حول الحفاظ على الثدييات الصغيرة لبحر البلطيق وبحر الشمال .

7- International Coral Reef Initiative ICRI 1995.
مبادرة كورال ريف الدولية .

8- Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. 1989.
اتفاقية بازل حول التحكم بانتقال النفايات الخطرة والتخلص منها .

9- Basel Protocol on Liability and Compensation. 1999.
بروتوكوت بازل حول المساءلة القانونية ومنح التعويض .

10- Future Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants 2001.
اتفاقية استوكهولم المستقبلية حول الملوثات العضوية المستمرة .

11-Convention on the Protection of the Black Sea from Pollution(Bucharest)
اتفاقية بخارست لحماية البحر الأسود من التلوث 1992.

12- Convention on the Protection of the Marine Environment of the North-east Atlantic 1992.

اتفاقية لحماية البيئة البحرية لشمال شرق الأطلسي .

مواقع لبعض الشركات العاملة فى مجال الطاقات المتجددة

www.supernovaindia.net

www.unitronenergy.com

www.suzlon.com

www.photonsolar.com

www.upvsolar.co.in

www.digiflic.com

www.tatabpsolar.com

www.emmveesolar.com

www.gadhisolar.net

www.bipsunindia.com

التحويل بين واحدات القياس الدولية

واحدات الطول

1 meter = 39.37 inch

واحد متر = 39.37 إنش

1 inch = 2.54 cm

واحد إنش = 2.54 سنتيمتر

1 meter = 3.28 foot

واحد متر = 3.28 قدم

1 mile = 1.852 kilometer

واحد ميل = 1.852 كيلومتر

1 yard = 0.9144 meter

واحد ياردة = 0,9144 متر

1 yard = 3 foot

واحد ياردة = 3 قدم

1 foot = 31.6 cm

واحد قدم = 31.6 سنتيمتر

واحدات المساحة

1 hectar = 10^4 = 10000 square meter

واحد هيكتار = 10000 متر مربع

1 square foot = 0.092 square meter

واحد قدم = 0,092 متر مربع

1 acres = 4046.85 square meter

واحد إيكر = 4046,85 متر مربع (إيكر = فدان)

1 acres = 4840 square yard

واحد إيكر = 4840 ياردة مربعة

1 square mile = 258.9 hectare

واحد ميل مربع = 258,9 هيكتار

واحدات الحجم
1 cubic meter = 264.17 US gallon واحد متر مكعب = 264,17 غالون أميركي
1 cubic meter = 219.97 imperial gallon
1 cubic meter = 6,298 barrel واحد متر مكعب = 6,298 برميل
1 cubic meter = 1000 liter واحد متر مكعب = 1000 ليتر
1 liter = 1000 cubic cm واحد ليتر = 1000 سنتيمتر مكعب
1 cubic foot = 28.3168 liter واحد قدم مكعب = 28,3168 لتر
1 barrel = 158.98 liter واحد برميل = 158,98 ليتر
1 barrel = 42 US gallon واحد برميل = 42 غالون أمريكي
1 gallon US = 3.785 liter واحد غالون أمريكي = 3,785 ليتر
واحدات الوزن
1 libra = 327.24 gram واحد ليبرا = 327,24 غرام
1 Kg = 2.679 pound واحد كيلو غرام = 2,679 رطل
1 milli gram = 0.001 gram واحد ميللي غرام = 0,001 غرام
1 ounce = 28.35 gram واحد أونصة = 28,35 غرام

واحدات الضغط

1 bar = 10^5 = 100000 pascal

واحد بار = 100000 باسكال

1 bar = 0.9869 atmosphere (atm)

واحد بار = 0,9869 وحدة ضغط جوي

1 atmospheres = 76 cm of mercury

وحدة ضغط جوي = وزن 76 سنتمتر من الزئبق

1 atmosphere = 33.89 feet of water

وحدة ضغط جوي = وزن 33,89 قدم من الماء

1 atmosphere = 1.033 Kilogram per square centimeter

وحدة ضغط جوي = 1.033 كيلو غرام لكل سنتمتر مربع

1 Torr = 1 mmHg

واحد تورشيلي = واحد ميليمتر زئبقي .

1 psi = 0.069 bar

وحدة صغط psi = 0,069 بار

psi تعني باوند (رطل) على الإنش المربع

واحدات الاستطاعة الكهربائية

1 KW = 1000 W

واحد كيلو واط = 1000 واط

1 MW = 10^6 = 1000000 W

واحد ميغا واط = 1000 000 واط

1 KVA = 1000 VA

واحد كيلو فولت أمبير = 1000 فولت أمبير (لقياس الاستطاعة الظاهرية)

1 KW = 0.8 KVA

واحد كيلو واط = 0,8 كيلو فولت أمبير (0,8 أو 0,85)

1 HP = 735.49 W (metric)

واحد حصان بخاري = 735,49 واط (النظام المتري)

1 HP = 746 W

واحد حصان بخاري = 746 واط

1 HP = 1 BTU/sec

واحد حصان بخاري = وحدة حرارة بريطانية بالثانية .

1 Ton of refrigeration = 303798 KJ per day

واحد طن تبريد = 303798 كيلو جول/ اليوم

محتويات الكتاب

العنوان الصفحة

الفصل الأول

مقدمة 1

1-1مفهوم الطاقة 1

2-1الطاقة والاستطاعة 2

3-1 مصادر الطاقة التقليدية 4

1-3-1 الوقود المستحاث 4

2-3-1 الطاقة النووية 5

الفصل الثاني

الطاقات المتجددة

2- الطاقة الشمسية 11

1-2 الإشعاع الشمسي 11

2-2 تقنية الخلايا الكهروضوئية 14

3-2 الطاقة المتولدة من الخلية الكهروضوئية 15

4-2 قوالب PV، PV modules 16

5-2 تأمين الحماية للخلية الكهروضوئية 16

6-2 استخدام المدخرات 18

7-2 المصباح الشمسي 19

8-2 تصميم نظام خلايا شمسية 20

9-2 تصميم نظام طاقة شمسية لضخ الماء.....21

10-2 قواعد عامة لتركيب الأنظمة الشمسية 24

11-2 حوامل اللوحات الشمسية 27

12-2 تقنية الطاقة الحرارية الشمسية 28

13-2 نظام الطاقة الحراري الشمسي 29

14-2 استخدام الطاقة الشمسية لأغراض الطهي 32

15-2 نظام تقطير الماء الشمسي 38
16-2 أنظمة التسخين الشمسية 41

الفصل الثالث

طاقة الرياح

1-3 حركة الرياح 48
2-3 تغير سرعة الرياح 49
3-3 الطاقة الحركية للرياح 50
4-3 التوربين الهوائي – العنفة الريحية 51
5-3 القواعد الإسمنتية المستخدمة للتوربين الهوائي 54
6-3 الطاقة الكهربائية المولدة سنوياً 56
7-3 الجريان على السطوح الهوائية 58
8-3 تأثير التغير في سرعة الدوران 63
9-3 المردود للتوربين الهوائي 64
10-3 اختبارات التوربين الهوائي في موقع التشغيل 66
11-3 سلبيات استخدام التوربينات الهوائية 68
12-3 المزرعة الريحية ضمن منظومة الشبكة الكهربائية 69

الفصل الرابع

الطاقة البيولوجية

1-1-4 الوقود البيولوجي (الحيوي).....73
2-1-4 مخزون الطاقة في الوقود الحيوي 74
3-1-4 توليد الطاقة الكهربائية من الوقود الحيوي 75
4-1-4 إنتاج الغاز الحيوي 76

طاقة حرارة المحيط

- مقدمة 80
1-2-4إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام OTEC 80

3-4طاقة جوف الأرض 82
4-4 طاقة المد والجزر 84
4-4- 1توليد الطاقة الكهربائية من المد والجزر 85

خلايا الوقود

4-5-1 تصنيف خلايا الوقود 86
4-5-2وصف موجز لبعض خلايا الوقود 87
4-5-3 دراسة تفصيلية لبعض أنواع خلايا الوقود 88
4-5-4 أنظمة الطاقة العاملة على خلايا الوقود 96
4-5-5 عملية تحويل الوقود 98
4-5-6نظام الطاقة PEFC العامل على الغاز الطبيعي 99
4-5-7 نظام الطاقة PAFC العامل على الغاز الطبيعي 101
4-5-8 نظام الطاقة متعدد المراحل والعامل على الغاز الطبيعي 103
4-5-9 نظم الطاقة المختلطة 105
4-5-10 مشاريع حول العالم 106
4-6 ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية 109

الفصل الخامس

قضايا البيئة

5-1 أنظمة الحياة الطبيعية 112
5-1-1 مكونات نظام الدورة الحياتية 113
5- -2 التنوع الطبيعي 115
5-1-3أخطار تتهدد التنوع الطبيعي 116

تلوث المياه

5-2 مصادر المياه في العالم 118
5-2-2 مصادر تلوث المياه 119
5-2-3 تصنيف العناصر الملوثة للماء 121

5-2-4 الأضرار الناجمة عن تلوث المياه 124
5-2-5 معالجة مياه الصرف بالترسيب 126
5-2-6 المعاجة الهوائية 128
5-2-7 الفلترة بالتقطير 130
5-2-8 الأحواض البيولوجية 132
5-2-9 طريقة التناضح العكسي 135
5-2-10 المعالجة اللاهوائية 136

تلوث الهواء

5-3-1 مصادر تلوث الهواء 137
5-3-2 الآثار الناجمة عن تلوث الهواء 139
5-3-3 معالجة المنشأ للحد من تلوث الهواء 141

الفصل السادس

تلوث البحار والمحيطات

6-1-1 مصادر تلوث مياه البحر والمحيط 150
6-1-2 مكافحة التلوث في البحار والمحيطات 152

التلوث الحراري

6-2-1 مصادر التلوث الحراري 154
6-2-2 الآثار الضارة للملوثات الحرارية 155
6-2-3 طرق الحد من التلوث الحراري 157

النفايات الصلبة

6-3-1 عمليات معالجة النفايات الصلبة.....160
6-3-2 إعادة تدوير النفايات 162
6-3-3 النفايات الخطرة 163
6-3-4 معالجة المخلفات الإشعاعية الصلبة 165

المبيدات الزراعية

1-4-6 تصنيف المبيدات الزراعية 166

التلوث بالمعادن

1-5-6 الرصاص 169
2-5-6 الزئبق 170
3-5-6 التوتياء والكاديوم 171
4-5-6 النيكل 172

الفصل السابع

1-7لأمطار الحامضية.....174
1-1-7 آثار الأمطار الحامضية 174
2-1-7 تدابير للحد من ظاهرة الأمطار الحامضية 176
1-2-7 ظاهرة البيت الأخضر 177
1-3-7 الضباب الكيماضوئي 178
4-7 ارتفاع درجة حرارة الأرض 180
1-4-7 الآثار الناجمة عن التغيرات المناخية 181
5-7 استنزاف طبقة الأوزون 182
1-5-7 الآثار الناجمة عن ترقق طبقة الأوزون 183
6-7 الدراسة التقديرية للآثار البيئية 184
1-6-7 ضرورة الدراسات البيئية 184
2-6-7 تحضير البيان البيئي 187
3-6-7 البيئة وحقوق الإنسان 188
التحويل بين واحدات القياس الدولية 191

المراجع المعتمدة

1- Renwable Energy Technology……Chetan Solanki ,
Prentice Hall of India.

2- Elements of Environmental Science and Engineering
P.Meenakshi , Prentice Hall of India.

3- Environmental Chemistry……Samir K.Banerji ,
Prentice Hall of India.

4- Wind Energy Handbook…..Jenkins,Burtun,Bossanyi
Wiley.

5- The Air Around Us……..W.E.Flood , Longman.

6- NEC Handbook .

7- Fuel Cell Handbook ……Parson Inc.

8- Handbook of Ground Water Engineering..Delleur , Jacques
CRC .