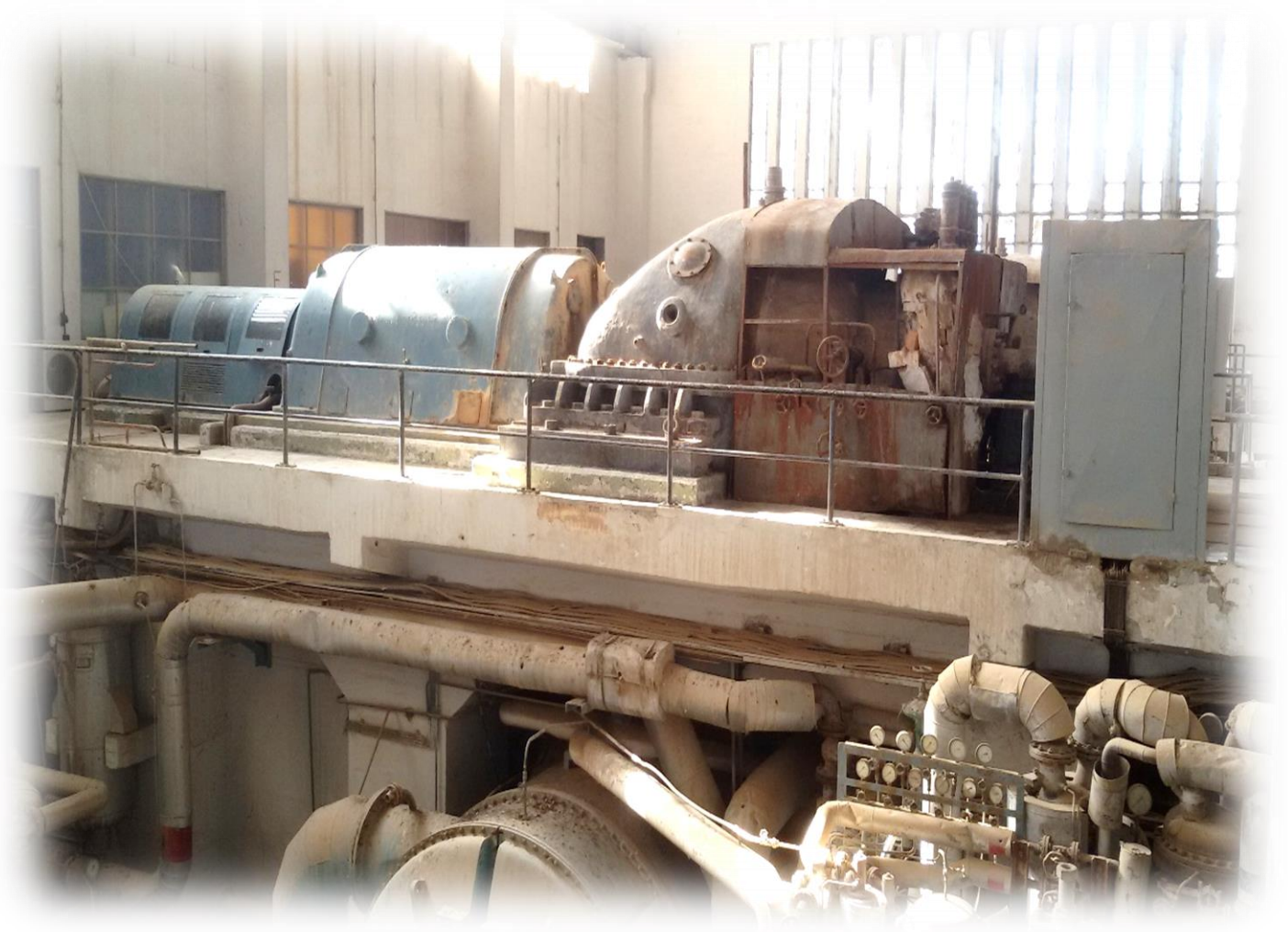
دراسة الجدوى الفنية والإقتصادية لإنشاء محطة قدرة بخارية



Technical and Economic Feasibility Study for the Establishment of a Steam Power Plant

إعداد
المهندس عدنان بهجت جليل

فهرس المحتويات Contents

العنوان الرئيسي	العناوين الفرعية	رقم الصفحة
ملخص المشروع		٣
المقدمة		٤
نبذة عن منطقة (موقع) المشروع (المحطة القديمة)	الجغرافيا والمناخ	٥
	نظرة عامة	٥
	الأجهزة والمعدات الرئيسية والمساعدة في المحطة القديمة	٦
	المحولات والشبكة الكهربائية	٧
	ملاحظات أخرى	٧
	بناية المحطة القديمة	٧
	الكهرباء الموجودة حاليا في المنطقة	٧
	تفكيك وإزالة مكونات المحطة القديمة	٧
الدراسة الفنية	الوصف العام للمشروع - إختيار موقع المشروع	٨
	إختيار التوربينات	٨
	مكونات أو أجزاء المحطة (المشروع) وطريقة العمل	٩
	طريقة عمل المحطة	٩
	دورة البخار في المحطة	٩
	إختيار نوع الوقود المستخدم	٩ - ١٠
	المواصفات الفنية للأجزاء الرئيسية	١١
	المراجل	١١
	المواصفات الفنية للتوربينات	١١
	المواصفات الفنية للمكثف	١١
	حساب معدل إستهلاك الوقود	١٢
الدراسة المالية و الإقتصادية	التكلفة الرأسمالية (الإستثمارية) للمشروع	١٣
	جدول التكاليف الإنشائية للمحطة الجديدة (١١٠ ميكاواط) (معدات + منظومات عامة)	١٤
	تكاليف التشغيل والصيانة السنوية للمشروع	١٥
	تكلفة شراء الوقود	١٥
	تكلفة العمالة المباشرة	١٥
	تكاليف الصيانة والتشغيل	١٥
	تكاليف اخرى غير مرئية	١٥
	حساب الإهلاك السنوي (عند إنتهاء السنة التشغيلية الأولى)	١٥
	الإيرادات السنوية للمشروع	١٦
	الإيرادات السنوية (السنة التشغيلية الأولى)	١٦
	الأرباح السنوية (صافي الدخل)	١٦
	فترة الإسترداد لرأس المال (سنة)	١٦
	نسبة العائد \ التكاليف	١٦
	جدول التقييم المالي للمشروع	١٧
الجداول	جدول بيانات الإنتاج والإيرادات المتوقع تحقيقها خلال السنوات التشغيلية الخمسة الأولى للمشروع	١٧
	جدول البيانات الأساسية المعتمدة في إحتساب الإيرادات	١٧

	وتكاليف التشغيل والصيانة للمشروع	
	جدول بيانات تكاليف التشغيل والصيانة المتوقعة (المصاريف) خلال السنوات التشغيلية الخمسة الأولى للمشروع	١٨
	التكاليف التشغيلية للمشروع بالدولار الأمريكي USD بإستبعاد تكلفة الإهلاك السنوي	١٨
	جدول التكاليف والإيرادات والأرباح للمشروع	١٨
التوصيات		١٨
الأشكال والمخططات	مخطط متوسط تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	١٩
	جدول التكلفة التقديرية لتفكيك وإزالة المحطات	١٩
	مخطط تكاليف التفكيك والإزالة المقدرة لمحطات الغاز الطبيعي ومحطات البترول	٢٠
	مخطط بسيط لدورة الماء والبخار في محطة طاقة حرارية تستخدم تقنية التوربين البخاري	٢٠
الصور	صور معدات ومنظومات المحطة البخارية القديمة	٢١ - ٢٦
المراجع		٢٧

Summary of the project ملخص المشروع

إن الهدف من هذه الدراسة هو تحديد ما إذا كان إنشاء محطة قدرة بخارية جديدة بعد تفكيك وإزالة مكونات المحطة القديمة وضمن المساحة التي تشغلها وحداتها التوليدية الأربعة المتوقفة والخارجة عن الخدمة منذ عام ٢٠٠٧ لكثرة مشاكلها الفنية و توقفاتها المستمرة وعدم جدواها الإقتصادية ، عملية مُجدية إقتصاديا وفنيا ولتحقيق هذا الغرض تم إجراء دراسة ميدانية دقيقة لتحديد الحمل المتوقع وعليه تم تقدير السعة التصميمية للمحطة بـ (110 MW) وإعتمادا على ذلك فقد تم إختيار وحدتين بطاقة قصوى (55 MW) لكل وحدة وقد قدرت **التكلفة الرأسمالية Capital Cost بمائة مليون دولار** (بضمنها تكلفة تفكيك وإزالة ونقل مكونات المحطة القديمة إلى موقع السكراب داخل المحطة) وإن صافي الدخل في السنة التشغيلية الأولى قدر بـ (10,806,063.98 USD) ، وقدر معدل العائد السنوي للسنة نفسها بـ (30,163,451.78 USD) . وإن المساحة الإجمالية للمشروع هي ($5621\ m^2$) والتي تشمل مساحة الوحدات القديمة (بإستثناء مساحة موقع مأخذ المياه ومساحة محطة إستلام الوقود) وكما يلي :

١ - مساحة المراجل البخارية ومعداتها $37 \times 77 = 2849\ m^2$.

٢- مساحة غرفة مكائن القدرة مع ملحقاتها وأبنية السيطرة والإدارة $36 \times 77 = 2772\ m^2$.

وكما إن فترة إسترداد رأس المال في حال عدم إحتساب تكاليف التشغيل والصيانة (المصاريف) ستكون في النصف الأول من السنة الخامسة للتشغيل . أما بإعتماد المصاريف مع إستبعاد تكاليف الإهلاك السنوي فسيتم إسترداد التكلفة الرأسمالية للمشروع في بداية النصف الثاني من السنة الثانية عشر للتشغيل .

من الدراسة التي أجريت أتضح أن هذا المشروع مجدي من الناحية الفنية والإقتصادية وذو عائد أفضل بالنسبة للمستثمر في مجال الطاقة الكهربائية ، فمحطات القدرة البخارية هي البديل الأفضل للمحطات الكهربائية العاملة بمحركات الإحتراق الداخلي في الوقت الحالي وهذا المشروع يعتبر إضافة لشبكة الكهرباء الوطنية عامة ومحافظة كركوك خاصة وهو يساهم في خلق بعض فرص العمل ويقوم بسد النقص في الطلب على هذه الخدمة الناتجة من قلة العرض ، فالمشروع يقوم بتوفير الطاقة الكهربائية للمنطقة بصورة دائمة ، الشيء الذي يقدم دفعة كبيرة للتنمية خاصة في مجال الصناعة والزراعة .

Introduction المقدمة

تعتبر المحطات الكهربائية بأنواعها المركز الرئيسي لتوليد الكهرباء ولقد باشر الإنسان بإستخدام المحطات الكهربائية منذ إختراع الآلات الترددية لإدارة مولدات التيار المستمر ، إلا أن إستهلاك الكهرباء كان مقتصرا على الإنارة فقط ولقد ساهم إختراع محركات الإحتراق الداخلي في إستثمار الكهرباء على نطاق أوسع مما كان عليه ٠

ولكن السبب الرئيس لإنتشار الكهرباء يعود إلى إدخال التوربينات البخارية والهدروليكية والغازية في إدارة آلات التوليد الكهربائية ٠ هذا ونجد أن مصادر الطاقة الكهربائية الحديثة وعلى رأسها الطاقة النووية – قد أخذت تلعب دورا هاما في توليد الكهرباء والدراسات لا تزال مستمرة على قدم وساق للإستفادة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على الرغم من عدم إستثمارها بشكل جيد حتى ألان ٠

وهكذا فان الحاجة للكهرباء قد أضحت من أساسيات الحياة اليومية في العصر الحديث وازداد استخدامها بصورة كبيرة بحيث تصل حاجة الفرد الواحد في العراق مثلا إلى حوالي (3 – 7.7 kw) ٠

ومع وجود طرق وأساليب مختلفة لتوليد الكهرباء تظهر مشكلة الاختيار الأمثل لطريقة التوليد في كل منطقة حسب إمكاناتها الطبيعية المتاحة ، والطلب على الطاقة الكهربائية بالإضافة إلى الإمكانيات المادية ، إن عملية الاختيار الأمثل لطريقة توليد الكهرباء حسب العوامل السابق ذكرها ليست موضوع الدراسة في هذا االتقرير ولكن الجدير بالذكر هنا إن محطات القدرة البخارية أصبحت هي الأوسع انتشارا بحيث توفر الطاقة المنتجة بواسطتها 75% من حاجة العالم للكهرباء ٠

وهذا الانتشار لم يأت بمحض الصدفة ولكن بسبب المميزات التي تتمتع بها هذه النوعية من المحطات والتي تتمثل في القدرة المنتجة العالية المستقرة والمتزنة وكفاءة عملها الجيدة بالإضافة إلى إمكانية إشتغالها على الوقود الواطىء التكلفة (مخلفات تصفية النفط الخام في المصافي Residual oil) وأن لها عمر إفتراضي تشغيلي طويل على عكس محطات التوربين الغازي والديزل ذات الطاقة الإنتاجية غير المستقرة وتكاليف الصيانة والتشغيل العالية .

لذا فإن الوضع الحالي الحرج للمنظومة الكهربائية في البلاد يستدعي التوسع في تطوير وإنشاء المحطات الحرارية التي تستخدم تقنية التوربين البخاري كونها البديل الأفضل للمحطات الكهربائية العاملة بحمل أساس ومستقر في الوقت الحالي .

منطقة (موقع) المشروع (المحطة القديمة) Project Area (Old Station)

١- الجغرافيا والمناخ Geography and Climate :

تقع منطقة المشروع على خط عرض (35°40) شمالا و خط طول (44°04) شرقا وعلى ارتفاع (238 m) عن سطح البحر . في الشمال الغربي من محافظة كركوك في قضاء الدبس على نهر الزاب الأسفل وتبعد عن محافظة كركوك (٤٥ كم) وعن نينوى (١٢٣ كم) وعن صلاح الدين (١٩٢ كم) وعن اربيل (٦٨ كم) يرتبط القضاء مع المحافظات بطرق سالكة .

مناخ المنطقة يعتبر ضمن المدى الإنتقالي بين مناخ البحر المتوسط والمناخ الصحراوي وهو المناخ السهوبي الذي يتميز بالبرودة الشديدة شتاءا وإنخفاض معدل الرطوبة وترتفع معدلات درجة الحرارة خلال الصيف حيث تبلغ خلال شهر تموز (٤٩ درجة مئوية) ويبلغ المعدل العام (٣١ درجة مئوية) . وتهب الرياح غالبا من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي صيفا ومن الجنوب الشرقي الى الشمال الغربي شتاءا وتحول الجبال العالية التي تحيط بالمنطقة من الناحية الشرقية الشمالية دون وصول الرياح اليها من تلك الجهة . وتسقط الأمطار طيلة فصل الشتاء والربيع بدءا من أواسط الخريف وحتى أواخر الربيع .

٢- نظرة عامة Overview :

تعتبر محطة كهرباء الدبس الحرارية من أقدم محطات التوليد في العراق دخلت بالخدمة عام ١٩٥٩ م .

عدد الوحدات = ٤ وحدات

السعة التصميمية للوحدة = ١٥ ميكا واط

السعة التصميمية للمحطة = ٦٠ ميكا واط

الدولة المصنعة : ألمانيا . SEIMENS (MAN)

الشركة التي نصبت المحطة : SEIMENS (MAN) الألمانية .

تاريخ النصب : ١٩٥٧ م

الموقع : محافظة كركوك / قضاء الدبس

الوقود المستخدم للتشغيل : غاز طبيعي

تاريخ ربط الوحدات بالمنظومة الكهربائية :

الوحدة الاولى : ١٩٥٩/٥/٣١

الوحدة الثانية : ١٩٥٩/٢/٧

الوحدة الثالثة : ١٩٥٩/٨/٢٧

الوحدة الرابعة : ١٩٥٩/١١/١٧

عدد سنوات عمل المحطة : ٤٧ سنة

بسبب كثرة توقفات وحدات المحطة وتدني كفاءتها وإنتاجها نتيجة لتقادمها ، فقد تم إيقاف تشغيلها نهائيا وإخراجها من الخدمة منذ عام ٢٠٠٧ بسبب عدم وجود جدوى إقتصادية بتشغيلها .

٣- الأجهزة والمعدات الرئيسية والمساعدة في المحطة القديمة Main & Auxiliary Equipments :

أسم المعدة		المواصفات
المرجل Boiler		Capacity = 75 Ton/h . Temp. = 410 C° . Pressure = 42 bar .
ملحقات المرجل	مسخنة ماء التغذية (المقتصدة (Economizer	درجة حرارة دخول الماء = 140 C° درجة حرارة خروج الماء = 230 C° – 250 C°
	أسطوانة المرجل Boiler Drum	Capacity = 22 Tons . T= 250 C° . P = 41 – 44 bar .
	الأنابيب النازلة Down comer	
	الأنابيب الصاعدة Riser	
	المجمعات السفلية Headers	
	محمصة البخار Super heater	
	الملطفة Attemperator	
التوربين Turbine الشركة المصنعة : مان MAN الألمانية ، سنة الصنع : ١٩٥٧		Power = 15 MW . Speed =3000 RPM . Steam Temp. = 410 C° . Operation steam pressure = 40 – 42 bar . السرعات الحرجة = (800 , 1200, 2750 RPM)
ملحقات التوربين	مضخة الزيت الرئيسية Main oil pump	
	المضخة المساعدة الكهربائية Electric Auxiliary pump	
	المضخة المساعدة البخارية Turbo Auxiliary oil pump	
	خزان الزيت	
	مضخات الماء المكثف Condensate water pump	
	المكثفة Condenser	
المولدة Generator		11000 V , 15 MW , 18750 KVA 985 A , 3000 RPM , PF 0.8 Number of poles 2 Frequency 50 Hz
المحثة الرئيسية Main Exciter		112 KW , 560 A , 200 – 275 V
المحثة البدائية Pilot Exciter		4 KW , 36 A , 110 V

٤- المحولات والشبكة الكهربائية Transformers & Electric Grid :

- مجمع قدرة رقم (١ و ٢) بالعمل حاليا .
- محولة قدرة رقم (١) وسعتها (57 MVA) بالعمل وتغذي المحطة البخارية والبنايات . التابعة لها (إنارة + خدمات) من خلال محولات الخدمة رقم (٢ و٣) (0.4 kv – 11 kv)
- محولة القدرة رقم (٢) خارج العمل لعدم جاهزية قاطع الدورة (132kv) .
- محولات الخدمة رقم (١ و ٤) خارج العمل وغير جاهزة .

٥- ملاحظات أخرى :

توجد مضخات في مأخذ الماء يمكن تشغيلها .
منظومة السيطرة في المحطة البخارية قديمة (هوائية وكهربائية) ويتم التحكم يدويا.

٦- بناية المحطة القديمة Old Station Building :

أ- البناية متقادمة وبحاجة إلى إعادة تأهيلها وبصورة شاملة .
ب- تحتوي البناية على ورشة المعمل والمختبر وعدد من الغرف المستغلة من قبل الشعب الفنية التابعة للمحطة (الوحدات الغازية) . بالإضافة إلى بنايتي دار الضيافة والمطعم .

٧- الكهرباء الموجودة حاليا في المنطقة :

المصدر الرئيسي لتوليد الكهرباء في المنطقة هو محطة التوليد الغازية بطاقة متاحة (90 MW) تعمل على وقود الغاز الطبيعي والذي يتم تجهيزه من شركة غاز الشمال الذي يبعد مسافة ٤٥ كم عن المحطة عن طريق أنبوب رئيسي بقطر (٢٠ أنج) وبضغط تصميمي (٤٠-٦٠ bar) ، وفي منظومة أستلام الوقود في المحطة (المرحلة الأولى) يصبح القطر (١٠ أنج) وضغط (٣٠ bar) ، ثم في (المرحلة الثانية) يكون قطر الأنبوب المغذي للوحدات (٦ أنج) وضغط (١٥ bar) وهو الضغط المطلوب لتشغيل الوحدات .

٨ – تفكيك وإزالة مكونات المحطة القديمة DISMANTLING & REMOVING :

يشير وقف التشغيل الكامل وإنهاء الخدمة Full decommissioning إلى أنه سيتم تفكيك الوحدات التوليدية القديمة بالكامل ويشمل تقدير تكاليف التفكيك تكلفة إزالة معدات توليد الطاقة مثل المراجل والمولدات والتوربينات ومعدات النظام والهياكل و لوحات المفاتيح الكهربائية Electrical switchyards وفي معظم الحالات ، سيتم تفكيك dismantling وإغلاق رؤوس الأموال الأخرى في موقع المحطة مثل معدات وأجهزة معالجة الوقود . وفي حالة الإستفادة و إعادة التجديد Repowering ، قد تبقى بعض من هذه المعدات . وقد لا يتم إزالة كل أساسات المعدات والهياكل الحديدية والأبنية الخاصة بالأعمال الإدارية والفنية ويتم ذلك بعد إجراء المسح والتقييم الميداني الشامل لموقع المحطة القديمة وحسب متطلبات تنصيب الوحدات الجديدة .

الدراسة الفنية Technical study

الوصف العام للمشروع :

- أسم المشروع : إنشاء محطة قدرة بخارية .
- التخصص : صناعي .
- نوع الإنتاج : طاقة كهربائية .
- حجم الإنتاج : (110) ميكاواط .
- إحدثيات الموقع : خط عرض (40°35) شمالا .
  خط طول (04°44) شرقا .
  إرتفاع (238 m) عن سطح البحر .
- موقع المشروع : الموقع تم إختياره عند إنشاء المحطة القديمة عام ١٩٥٧ ، وتقع على نهر الزاب الأسفل في قضاء الدبس – محافظة كركوك .
- نوع الوقود المستخدم : الغاز الطبيعي Natural Gas (وقود إحتياطي ، وقود بدء التشغيل) .
  زيت الوقود الثقيل Heavy fuel oil (وقود رئيسي) .
  النفط الخام Crude oil (وقود إحتياطي) .
  وقود الديزل Diesel fuel (وقود إحتياطي) .
- الخطوط الناقلة للطاقة الكهربائية : (6) خطوط الضغط العالي (132 KV) .

١- إختيار موقع المشروع Selection of Project Location :

لإختيار موقع مناسب لإقامة هذا المشروع يجب ان تتوفر بهذا الموقع عدة عوامل تؤثر على نجاح المشروع على سبيل المثال الأيدي العاملة الماهرة وخطوط المواصلات ، وجود المساحة الكافية لتنصيب الوحدات الجديدة وتتمثل في المساحة المتوفرة حاليا والتي تشغلها الوحدات الأربعة القديمة المتوقفة والخارجة عن الخدمة منذ عام ٢٠٠٧ . وإحتمالية التوسع الأفقي بالمحطة حيث يمكن إضافة وحدات توليدية جديدة أخرى كمرحلة ثانية ، يعتبر موقع المشروع مثاليا من ناحية قربها من نهر الزاب الأسفل مما يؤدي إلى توفير المياه اللازمة لإستخدامات المحطة ، خصائص التربة بها مناسبة لإنشاء المحطة عليها ، بُعدها نوعا ما عن المناطق المأهولة بالسكان مما يخفف من الآثار السلبية لوجود المحطة قرب المناطق السكنية . بالإضافة إلى توفر مصادر الوقود (الوقود السائل أو الوقود الغازي) وقربها من المحطة القديمة مع أمكانية الأستفادة من منظوماتها التي لا تزال قائمة ، وجود شبكة كهربائية (132 KV) وخطوط نقل الطاقة عدد (6) . إضافة إلى وجود الأبنية والمرافق الخاصة بالإدارة والصيانة وورش التصليح ومختبرات الفحص والتحليل . وقوعه في منطقة تمثل عقدة مواصلات بين محافظات أربيل ونينوى وصلاح الدين وديالى مما يساعد في مرونة نقل الطاقة بين الشمال والجنوب .

٢- إختيار التوربينات Turbine Selection :

عند إختيار التوربينات يجب ان نضع في الإعتبار إيفائها بالحمل المطلوب منها خلال ساعات التشغيل ٠ إضافة إلى تحقيق ما يلي :

- كمية البخار المطلوبة لتوليد (١ كيلواط في الساعة) = 3 – 4 kg = 3 – 4 ton /MWh .
  تختلف القيمة الفعلية وفقا لمتغيرات وبيانات الدورة مثل درجة الحرارة والضغط وكمية البخار المستخلصة Extractions وبيانات المكثفة .
- كمية مياه التبريد المطلوبة عالية جدا . إستنادا إلى توازن حراري بسيط Heat balance للوحدات الجديدة ، ستكون الكمية المطلوبة ما بين (٦٥ إلى ٧٠) ضعف تدفق البخار الذي يدخل التوربين . أي (201 tons/MWh) .
- أقصى حمل يمكن تحقيقه هو (110 MW) لمدة (٢٤ ساعة) يوميا خلال السنة التشغيلية الأولى ويتم إستثناء فترات الصيانة السنوية المبرمجة والإضطرارية في السنوات االتالية . وكما يلي :

السنة	الحمل MW	ساعات التشغيل h	الأنتاج الفعلي MWh
السنة الأولى	110	8760	963600
السنة الثانية	110	5880	646800
السنة الثالثة	110	5880	646800
السنة الرابعة	110	5880	646800
السنة الخامسة	110	5880	646800
المجموع	110	32280	3550800

لذلك كمرحلة أولى وقع الإختيار على توربينات عدد (٢) ، حمل التوربين الواحد (55MW) .

٣- مكونات أو أجزاء المحطة (المشروع) وطريقة العمل :

تنقسم المحطة إلى الدورات الأربعة التالية :

- دورة الوقود Fuel Circuit .
- دورة الهواء والغازات Air & Gas Circuit .
- دورة مياه التغذية والبخار Feed Water & Steam Circuit .
- دورة مياه التبريد Cooling Water Circuit .

ويتم تفعيل هذه الدورات عن طريق الأجزاء الرئيسية التالية :

١- المراجل وملحقاتها ٠
٢- التوربينات وملحقاتها ٠
٣- المولدات والمحولات ٠
٤- أجهزة القياس والتحكم ٠
٥- وحدة معالجة المياه ٠
٦- أبراج التبريد Cooling towers ٠

أ - طريقة عمل المحطة :

تقوم فكرة عمل محطات القدرة البخارية على الاستفادة من الطاقة الحرارية في وقود المرجل لإنتاج البخار بمواصفات معينة من نفس المرجل ٠ تتلخص مهمة البخار المنتج في تدوير ريش التوربين عبر مروره في فوهات صغيرة أعدت لهذا الغرض ولكي تكتمل الدورة يجب تبريد البخار وإعادته مرة أخرى إلى المرجل بواسطة مكثف ٠ وحتى يتمكن المكثف من القيام بمهمته يتم إمداده بمياه التبريد من مصادر المياه الطبيعية مباشرة (دورة تبريد مفتوحة) أو من المصادر الصناعية (دورة تبريد مغلقة) ٠ ونتيجة للمواصفات الفنية لأنابيب المياه في المرجل والمكثف نجد انه لابد من التحكم في حامضية وقاعدية المياه الداخلة إليهما وتتم هذه المهمة في وحدة معالجة المياه (Water Treatment Unit – Demineralization Plant) ٠

ب - دورة البخار في المحطة Steam Cycle :

بعد الرجوع إلى الدورة التي تعمل بها محطة جنوب بغداد البخارية وحجم المحطة موضوع الدراسة تم إختيار دورة تحقق القدرة المطلوبة وبأعلى كفاءة ممكنة وهي دورة تسخين إسترجاعي Regenerative Cycle مع التحميص Superheating إلى درجة حرارة (482C°) وتحتوي على مغذيات حرارية (Feed heaters) مغلقة وهي مسخنات ضغط عالي وضغط واطىء لغرض تسخين ماء التغذية .

٤- إختيار نوع الوقود المستخدم Select fuel type :

إن مسألة إختيار نوع الوقود المستخدم في المرجل يعتبر من الخطوات الهامة في مجال التطبيقات العملية للدورات البخارية وتنبع هذه الأهمية من إن القيمة الحرارية (Calorific value) للوقود تشكل المؤشر الأساسي بالإضافة لكفاءة

المرجل والفرق في المحتوى الحراري (الإنثالبي Enthalpy) بين المياه الداخلة والخارجة من المرجل . يتم تحديد معدل إستهلاك الوقود من المعادلة التالية :

$$\dot{m}_f = \dot{m}_s (h_L - h_f) / \eta_B \times C.V \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث ان :

$\dot{m}_f$ = معدل إستهلاك الوقود

$\dot{m}_s$ = معدل البخار الخارج من المرجل

h_L = المحتوى الحراري للبخار الخارج من المرجل

h_f = المحتوى الحراري للماء الداخل إلى المرجل

η_B = كفاءة المرجل

$C.V$ = القيمة الحرارية للوقود

من المعادلة السابقة يتضح انه كلما أرتفعت القيمة الحرارية للوقود يقل معدل إستهلاكه مما يخفض من تكاليف التشغيل السنوية ٠ ويعتبر الغاز الطبيعي Natural Gas و الوقود السائل (زيت الوقود الثقيل Heavy fuel oil والنفط الخام Crude oil ووقود الديزل Diesel fuel) من أفضل أنواع الوقود المستخدمة في هذا النوع من المحطات للأسباب التالية :

أ - إرتفاع القيمة الحرارية ٠

ب - قلة نسب العناصر الغير قابلة للإشتغال فيه٠

ج - تكلفته منخفضة نسبيا (كونها مدعومة من قبل وزارة النفط) بالمقارنة مع بعض الأنواع الأخرى من الوقود

فيما يلي جدول بالنسب المئوية لمكونات الغاز الطبيعي إضافة إلى زيت الوقود الثقيل :

الوقود	الغاز الطبيعي .N.G	زيت الوقود الثقيل .H.F.O
الكربون %	77.091	82.7
الهيدروجين %	22.09	10.8
الكبريت %	2	3.5
النتروجين %	0	0.15
الاوكسجين %	0	0.2
رماد %	0.05	1
الكربون المتبقي %	6.1	8.5
القيمة الحرارية العليا KJ/Kg	44378.31	43932

إن كفاءة المرجل تزداد كلما اقتربت نسبة الهواء إلى الوقود(F/A) من النسبة النظرية ، فتتأثر الكفاءة بنوع الوقود . ويفضل إستخدام الوقود الغازي بدلا عن حرق الوقود السائل لعدم وجود حاجة إلى تخزينه وتسخينه إضافة لعدم تركه مخلفات إحتراق مثل السخام وغيره على السطوح الداخلية للأنابيب فضلا عن طرح المرجل إلى كميات أقل من الملوثات البيئية .

٥- المواصفات الفنية للأجزاء الرئيسية Technical Specifications of the main parts :

أ – المراجل Boilers :

نوع المراجل المستخدمة هي مراجل الأنابيب المائية الرأسية (Water tube boilers) والتي تعمل بالدوران الطبيعي للماء والبخار (Natural circulation) .

المواصفات التالية عند معدل التوليد الأقصى المستمر Maximum Continuous Rating (MCR) لتشغيل توربين (55 MW) :

الضغط 60 bar

الكفاءة 85%

درجة حرارة الماء الداخل 220 Ċ

ضغط الماء الداخل (ماء التغذية) 90 bar

درجة حرارة البخار الخارج 482 Ċ

معدل التبخير 63.4 kg /s

درجة حرارة الهواء الداخل للمرجل 200 Ċ

درجة حرارة الهواء الداخل لمسخنة الهواء 60 Ċ

أقصى ضغط (Boiler Drum) 63 bar

سعة المرجل 228 ton/hr

نوع الوقود المستخدم : الغاز الطبيعي ، الوقود السائل (زيت الوقود الثقيل ، النفط الخام ، وقود الديزل) .

ب - المواصفات الفنية للتوربينات Technical Specifications of Turbines :

الجهد 11.5 KV

الذبذبة 50 HZ

عند الدورات في الدقيقة 3000

درجة حرارة البخار الداخل 482 Ċ

درجة حرارة البخار الخارج 120 Ċ

ضغط البخار الخارج 2-3 bar

ج - المواصفات الفنية للمكثف Technical Specifications of Condenser:

كمية ماء التبريد للمكثفة = 8640 m^3/h .

درجة حرارة الماء الخارج من المكثف 40 - 50 Ċ

درجة حرارة مياه التبريد الداخلة هي درجة حرارة ماء النهر .

نوع المكثف هو مكثف التبريد السطحي (Surface Condenser) وهومبادل حرارى أنبوبى غلافى لتبريد المياه يتم تركيبه على مخرج التوربين البخاري لتكثيف البخار الخارج في محطات الطاقة .

نوع التبريد المتبع في المكثف يتم تطبيقه بواسطة دورة التبريد المغلقة بإستخدام أبراج التبريد ٠ إذا كانت الدورة مغلقة Closed cycle بإستخدام نظام أبراج التبريد Cooling tower system ، فإن كمية مياه التبريد ستكون (3 %) من الكمية في حالة الدورة المفتوحة .

٦- حساب معدل إستهلاك الوقود Fuel Consumption Rate :

يرتبط معدل إستهلاك الوقود بمعدل البخار المار في الدورة الذي يمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$\dot{m}_s = \text{output power} / (h_1 - h_2) \quad \text{.....(2)}$$

حيث أن :

h_1 = المحتوي الحراري (الإنثالبي) للبخار الداخل للتوربين .

h_2 = المحتوي الحراري للبخار الخارج من التوربين .

m_s = معدل البخار المار في الدورة .

Output power = القدرة االمنتجة من التوربين الواحد .

وبإستخدام المعادلة رقم **(1)** يمكن حساب معدل إستهلاك الوقود في الوحدة الواحدة ، حسب التحميل المطلوب ٠ يتم إستخراج قيم المحتوى الحراري للبخار والماء من مخطط موللر للماء والبخار – Mollier Diagram For water steam .

معدل إستهلاك الوقود الغازي (غاز طبيعي Natural Gas) = **0.284 m^3/KWh .**

معدل إستهلاك زيت الوقود الثقيل Heavy Fuel Oil = **0.230 Kg/KWh .**

ملاحظة : كيلو غرام واحد من الوقود الثقيل = (لتر 1.43 Liter – 1.28)

الدراسة المالية و الإقتصادية Financial &Economic study

أعتمدت هذه الدراسة في بياناتها على التكاليف الثابتة وهي التكلفة الإستثمارية للمشروع والتي تشمل الأصول الثابتة من مكائن ومعدات وأرض وبنايات وعلى حسابات التكاليف التشغيلية السنوية والتي تشمل تكاليف (الإستهلاك السنوي للوقود ، رواتب وأجور العمال والموظفين السنوية ، تكاليف الصيانة والتشغيل السنوية للوحدات) . وقد تم إعتماد المعايير التالية في صنع قرار الجدوى الإقتصادية :

- الأرباح السنوية (صافي الدخل) = الإيرادات السنوية – تكاليف التشغيل والصيانة السنوية
- نسبة العائد للتكاليف = إجمالي الإيرادات أو العوائد خلال مدة معينة \ إجمالي التكاليف خلال نفس المدة
- فترة الإسترداد لرأس المال =

التكلفة الرأسمالية (الإستثمارية) أو قيمة الإستثمار الأصلية \ صافي الربح (صافي التدفق النقدي السنوي)

١ ـ التكلفة الرأسمالية (الإستثمارية) للمشروع (Capital cost of the project)

تم تقدير التكلفة الإنشائية للمشروع بالإستناد إلى الأسعار السائدة حاليا لبناء محطات الطاقة الكهربائية التي تستخدم تقنية التوربين البخاري Steam Turbine مع الأخذ بنظر الإعتبار عدم الحاجة إلى إنشاء أو إستبدال بعض مرافق ومنظومات المحطة والمباني الفنية والإدارية إضافة إلى بعض أساسات المعدات وقنوات ومسارات الأنابيب والقابلوات الكهربائية مما ينتج عن ذلك تخفيض في تكاليف الإنشاء ، وبالتالي كانت تقديرات الأسعار Price Estimates كما في الجدول التالي :

Item	DESCRIPTION	Price (USD)	Percentage %
A	DISASSEMBLING & REMOVING ALL THE COMPONENTS OF THE OLD 4 UNITS & TRANSFERRING TO THE SITE OF SCRAP INSIDE THE STATION		
	Total Disassembling , Removing & Transferring Works	**4,000,000.00**	**4**
B	MECHANICAL EQUIPMENT AND WORKS PRICE SUMMARY		
B1	Equipment	40,432,000.00	40.432
B2	Erection Works	11,979,500.00	11.9795
B3	Spare Parts as per Contract	446,500.00	0.4465
	TOTAL MECHANICAL EQUIPMENT AND WORKS PRICE SUMMARY	**52,858,000.00**	**52.858**
C	ELECTRICAL AND I&C EQUIPMENT AND WORKS PRICE SUMMARY		
C1	Equipment	13,024,500.00	13.0245
C2	Erection Works	3,952,000.00	3.952
C3	Spare Parts as per Contract	180,500.00	0.1805
	TOTAL ELECTRICAL AND I&C EQUIPMENT AND WORKS PRICE SUMMARY	**17,157,000.00**	**17.157**
D	CIVIL ENGINEERING WORKS PRICE SUMMARY		
D1	Civil Engineering Works	13,000,000.00	13
	TOTAL CIVIL ENGINEERING WORKS PRICE SUMMARY	**13,000,000.00**	**13**
E	UTILITIES BUILDINGS, EQUIPMENTS AND ERECTION WORKS PRICE SUMMARY		
E1	Water treatment system	4,250,000.00	4.25
E2	Fuel system including fuel treatment unit	1,545,000.00	1.545
E3	Cooling water cycle including Cooling Towers	2,000,000.00	2
E4	75 MVA / 2 Unit Transformers	540,000.00	0.54
E5	buildings & technical workshops	500,000.00	0.5
E6	transport and lifting machinery and equipment	500,000.00	0.5
E7	Exhaust gas treatment system(environmental pollution)	500,000.00	0.5
E8	Fire extinguishing system	750,000.00	0.75
E9	Communications system including the SCADA system	400,000.00	0.4
	TOTAL UTILITIES BUILDINGS, EQUIPMENTS AND ERECTION WORKS PRICE SUMMARY	**10,985,000.00**	**10.985**
F	OTHERS		
F1	Design Engineering (Basic + Detail)	1,500,000.00	1.5
F2	Commissioning	500,000.00	0.5
	Total Price for design engineering ,Commissioning & Engineering Consulting	**2,000,000.00**	2
	GRAN TOTAL	**100,000,000.00**	**100**

جدول التكاليف الإنشائية للمحطة الجديدة (١١٠ ميكاواط) (معدات + منظومات عامة)

٢- تكاليف التشغيل والصيانة السنوية للمشروع Operation and Maintenance (O&M)

تشتمل تكاليف التشغيل والصيانة السنوية (السنة التشغيلية الأولى) على الآتي :

أ - تكلفة شراء الوقود :

تكلفة شراء الوقود السنوية = معدل إستهلاك الوقود x الإنتاج الفعلي x السعر لكل وحدة وقود (m^3, liter, Kg)
معدل إستهلاك زيت الوقود الثقيل = 0.230 Kg/kwh
سعر الكيلوغرام من زيت الوقود الثقيل = 0.0846 USD
التكلفة السنوية الكلية لشراء الوقود :

0.230 x 963600 x 1000 x 0.0846 = **18749728.8 USD**

ب - تكلفة العمالة المباشرة :

تكلفة رواتب وأجور العمال والموظفين السنوية : **317259 USD**

تم تقدير التكلفة على أساس عامل \ ميكاواط : Man/power(MW) = 2.2

ج - تكاليف الصيانة والتشغيل (O&M Cost) :

تقدر قيم الصيانة والتشغيل 2.4 USD / KW
القدرة =110000 KW

110000 x 2.4 = **264000 USD**

ملاحظة : بيانات قيم الصيانة والتشغيل الثابتة والمتغيرة حسب تقرير توقعات الطاقة العالمية لعام ٢٠١٨ World Energy Outlook 2018 الصادر عن وكالة الطاقة الدولية International Energy Agency (IEA) – باريس - فرنسا ، والذي يتضمن معلومات أولية عن متوسط تكاليف التشغيل والصيانة السنوية Yearly O&M costs في صناعة الطاقة ، في الوقت الحالي وفي المستقبل .

د - تكاليف اخرى غير مرئية :

وهي تمثل 10% من تكاليف الصيانة والتشغيل

0.1x 264000 = **26400 USD**

هـ - حساب الإهلاك السنوي (عند إنتهاء السنة التشغيلية الأولى) :

الإهلاك السنوي الكلي = C/N
حيث :
C = تكلفة المشروع الرأسمالية – تكلفة السكراب (الخردة)
N = سنوات العمر الافتراضية المقيدة = (٢٥ – ٣٠) سنة .
أو حسب المعادلة التالية : تكلفة المشروع الإستثمارية x نسبة الإهلاك (الإندثار) السنوي
الإهلاك =

100000000 x 0.04 = **4000000 USD**

ملاحظة : حسب الجدول رقم (٦) من جداول نسب إندثار الموجودات الثابتة – الفصل السادس الصادر من وزارة المالية - ١٩٨٨ فإن نسبة الإندثار السنوية للمحطات الحرارية = 4%

وبناءا على ما تقدم تكون تكاليف التشغيل والصيانة السنوية الكلية = **23,357,388 USD**
وفي حالة عدم إحتساب تكلفة الإهلاك السنوي ستكون تكاليف التشغيل والصيانة السنوية الكلية
= 19,357,387.8 USD

٣- الإيرادات السنوية للمشروع

أ - الإيرادات السنوية (السنة التشغيلية الأولى)

الإيرادات = سعر الكيلواط ساعة x عدد الكيلواط ساعة المنتج في السنة

تكلفة بيع وحدة الكيلواط ساعة = 37 ID = 0.03130287 USD (حسب البند ثانيا – فقرة ٢-٢ المعدل من العقد المرقم ٤٠٣٧ في ٢٠١٨\٤\٢٥ المبرم بين الشركة العامة لإنتاج الطاقة الكهربائية - المنطقة الشمالية و المديرية العامة لنقل الطاقة الكهربائية - المنطقة الشمالية) .

عدد الكيلواط ساعة المنتج في السنة الأولى (الإنتاج الفعلي المتحقق) = 963600000 KWh
الإيرادات السنوية (معدل العائد السنوي) =
963600000 x 0.03130287 = **30,163,451.78 USD**

ب - الأرباح السنوية (صافي الدخل) = الإيرادات السنوية – تكاليف التشغيل والصيانة السنوية
30,163,451.78 – 23,357,388 = **6,806,063.98 USD**

ج - وفي حالة عدم إحتساب تكلفة الإهلاك السنوي ستكون الأرباح السنوية (صافي الدخل)
= 10, 806,063.98 USD

٤ - فترة الإسترداد لرأس المال (سنة)

فترة الإسترداد لرأس المال =
التكلفة الرأسمالية (الإستثمارية) أو قيمة الإستثمار الأصلية \ صافي الربح (صافي التدفق النقدي السنوي)
100,000,000 / 10,806,063.98 = **9.25**

٥ - نسبة العائد \ التكاليف

نسبة العائد \ التكاليف = إجمالي الإيرادات أو العوائد خلال مدة معينة \ إجمالي التكاليف خلال نفس المدة
30,163,451.78 / 19357387.8 = 1.558

٦ – التقييم المالي للمشروع Financial evaluation of the project

بناءا على ما تقدم يكون التقييم المالي للمشروع في السنة التشغيلية الأولى كما في الجدول التالي :

التقييم المالي للمشروع	
السنة التشغيلية	**الأولى**
التكلفة الأستثمارية (الرأسمالية)	**100,000,000**
التكاليف التشغيلية (الصيانة،الوقود،الأجور والرواتب)	**19,357,387.80**
الأيرادات (العوائد)	**30,163,451.78**
فترة الأسترداد (سنة)	**9.25**
نسبة العائد	**1.558**
صافي الربح بدون تكلفة الإهلاك السنوي	**10, 806,063.98**

الجداول Tables

١ - جدول بيانات الإنتاج والإيرادات المتوقع تحقيقها خلال السنوات التشغيلية الخمسة الأولى للمشروع :

السنة	الحمل MW	ساعات التشغيل h	الأنتاج الفعلي MWh	الإيرادات دينار عراقي	الإيرادات دولار أمريكي	صرفيات الوقود m^3
السنة الأولى	110	8760	963600	35653200000	30163451.78	221628000
السنة الثانية	110	5880	646800	23931600000	20246700.51	148764000
السنة الثالثة	110	5880	646800	23931600000	20246700.51	148764000
السنة الرابعة	110	5880	646800	23931600000	20246700.51	148764000
السنة الخامسة	110	5880	646800	23931600000	20246700.51	148764000
المجموع	110	32280	3550800	131379600000.00	111150253.8	816684000

٢ - جدول البيانات الأساسية المعتمدة في إحتساب الإيرادات و تكاليف التشغيل والصيانة للمشروع :

السعة التصميمية للمحطة (المشروع)	110	MW
التكلفة الرأسمالية للمشروع	100,000,000	دولار أمريكي USD
تكلفة شراء الوقود المغذي للمحطة (زيت الوقود الثقيل)	0.0846	USD/Kg
قيمة الصيانة والتشغيل	2.4	USD/KW
كلفة بيع الطاقة	37000	ID/MWh
نسبة التكاليف غير المرئية	0.1	
نسبة الإهلاك (الإندثار) السنوية	0.04	
سنوات العمر الإفتراضية للمحطة	25 - 30	YEAR

٣ - جدول بيانات تكاليف التشغيل والصيانة المتوقعة (المصاريف) خلال السنوات التشغيلية الخمسة الأولى للمشروع :

التكاليف التشغيلية للمشروع أو المصاريف (النفقات) بالدولار الأمريكي USD						
السنة	التكلفة الكلية لشراء الوقود	التكلفة الكلية للأجور والرواتب	تكاليف للصيانة والتشغيل	تكاليف أخرى غير مرئية	تكلفة الإهلاك السنوي	التكاليف التشغيلية الإجمالية
السنة الأولى	18749728.8	317259	264000	26400	4000000	23357387.8
السنة الثانية	12585434.4	317259	264000	26400	4000000	17193093.4
السنة الثالثة	12585434.4	317259	264000	26400	4000000	17193093.4
السنة الرابعة	12585434.4	317259	264000	26400	4000000	17193093.4
السنة الخامسة	12585434.4	317259	264000	26400	4000000	17193093.4
المجموع	69091466.4	1586295	1320000	132000	20000000	92129761.4

٤ - التكاليف التشغيلية للمشروع بالدولار الأمريكي USD بإستبعاد تكلفة الإهلاك السنوي :

السنة الأولى	19357387.80	التكاليف التشغيلية للمشروع بالدولار الأمريكي USD بدون تكلفة الإهلاك السنوي
السنة الثانية	13193093.40	
السنة الثالثة	13193093.40	
السنة الرابعة	13193093.40	
السنة الخامسة	13193093.40	
المجموع	72129761	

٥ - جدول التكاليف والإيرادات والأرباح للمشروع :

التقييم المالي للمشروع (دولار أمريكي USD)				
السنة	الإيرادات	التكاليف التنشغيلية	صافي الربح	صافي الربح بدون تكلفة الإهلاك السنوي
السنة الأولى	30163451.78	23357387.8	6806063.98	10806063.98
السنة الثانية	20246700.51	17193093.4	3053607.11	7053607.11
السنة الثالثة	20246700.51	17193093.4	3053607.11	7053607.11
السنة الرابعة	20246700.51	17193093.4	3053607.11	7053607.11
السنة الخامسة	20246700.51	17193093.4	3053607.11	7053607.11
المجموع	111150253.8	92129761.4	19020492	39020492.41

التوصيات Recommendations

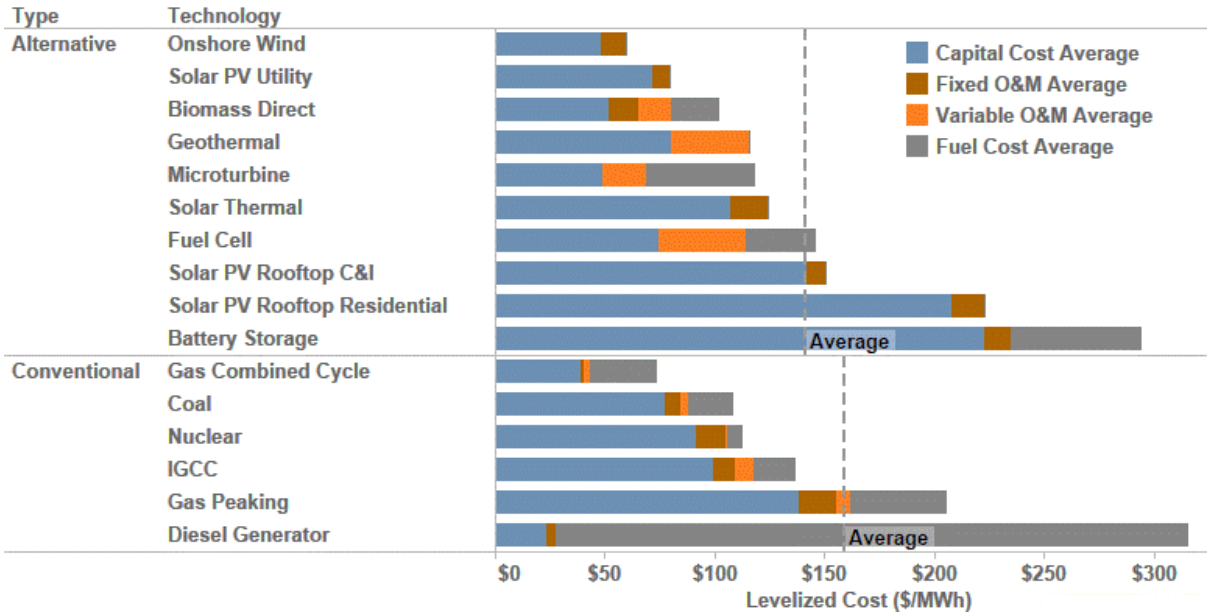
بالإعتماد على ما سبق من دراسة فنية ومالية لمشروع إنشاء محطة قدرة بخارية عدد (٢) وحدة توليدية بسعة تصميمية إجمالية (١١٠ ميكاواط) توصي اللجنة بما يلي :

١ – الموافقة على إدراج المشروع ضمن الخطة الإستثمارية لسنة (٢٠٢٠) لغرض إقراره وتخصيص التكلفة الرأسمالية للبدء بتنفيذ المشروع بأسرع وقت ممكن لغرض رفد شبكة الكهرباء الوطنية بالطاقة الكهربائية وتلبية حاجة البلد الملحة في زيادة الطلب على الطاقة .

٢ – الإستفادة من البخار المنتج في المحطة في عمليات خدمية مختلفة مستقبلا .

Figures & Diagrams الأشكال والمخططات

المخطط أدناه يوضح معلومات أولية عن متوسط تكاليف التشغيل والصيانة السنوية Yearly O&M costs في صناعة الطاقة في الوقت الحالي وفي المستقبل حسب تقرير توقعات الطاقة العالمية لعام ٢٠١٨ World Energy Outlook الصادر عن وكالة الطاقة الدولية – باريس - فرنسا (IEA) International Energy Agency .



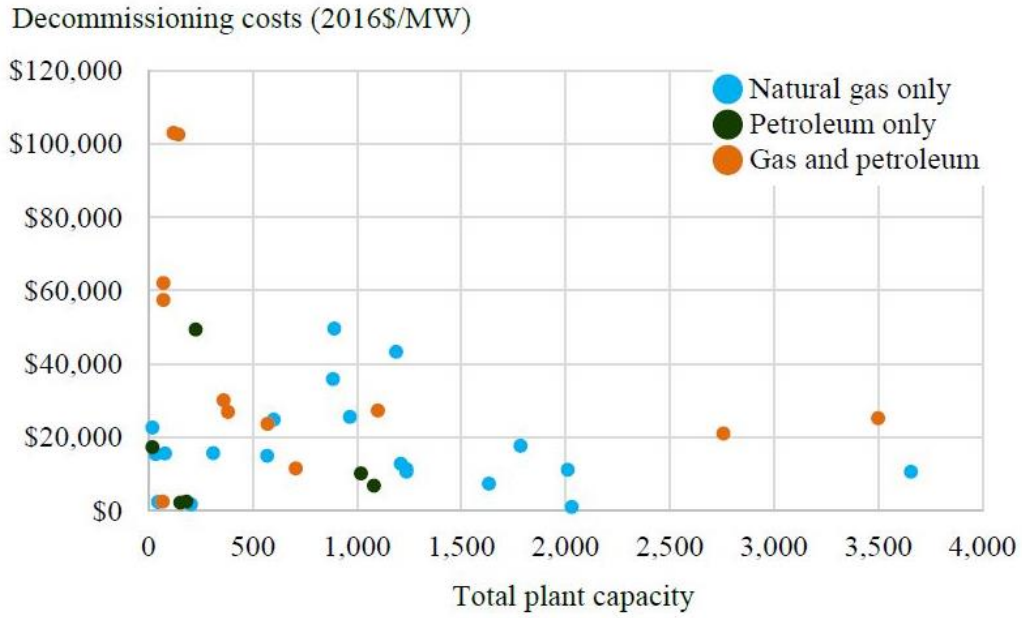
الجدول أدناه يوضح التكلفة التقديرية للتفكيك والإزالة لمجموعة متنوعة من المحطات لكل ميكاواط من سعة المحطة Decommissioning cost estimates per MW of capacity :

Fuel type	No. of estimates	2016$ (thousands) Minimum	Mean	Maximum
Offshore wind	7	$123	$212	$342
Coal	28	$21	$117	$466
Concentrated solar power (CSP)	5	$24	$94	$138
Solar photovoltaic (PV)	22	–$89*	$57	$179
Onshore wind	18	$2	$51	$222
Petroleum/petroleum + gas	19	$2	$31	$103
Gas (various types)	28	$1	$15	$50

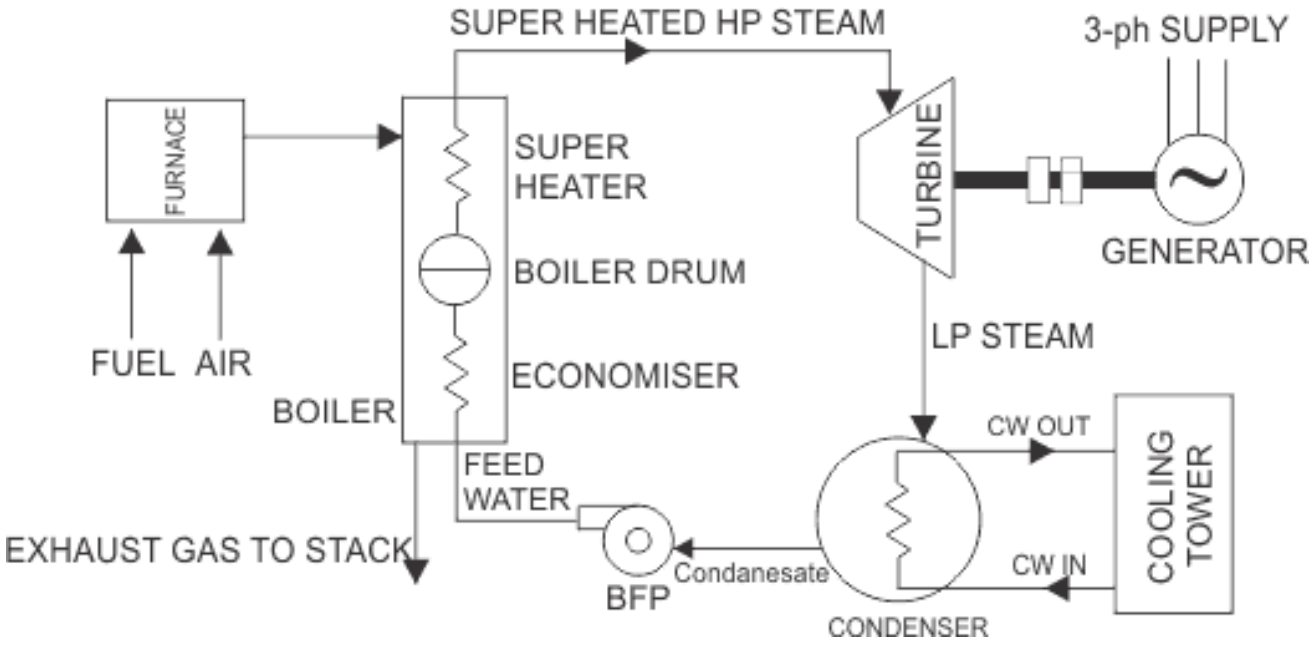
*Negative cost estimates indicate that the salvage value of plant materials exceeds decommissioning costs.

المصدر : تقرير إيقاف تشغيل وإنهاء الخدمة وتفكيك وإزالة لمحطات الطاقة الأمريكية : القرارات والتكاليف والقضايا الرئيسية Decommissioning US Power Plants: Decisions, Costs, and Key Issues ، ٢٠١٧ ، الصادر من منظمة الموارد من أجل المستقبل Resources for the Future (RFF) ، منظمة أمريكية غير ربحية تقوم بإجراء أبحاث مستقلة في قضايا البيئة والطاقة والموارد الطبيعية ، مقرها الرئيسي في واشنطن Washington, US. .

يوضح الشكل أدناه تكاليف التفكيك والإزالة المقدرة لمحطات الغاز الطبيعي ومحطات البترول Natural gas and petroleum-fired plants في مناطق محددة ويشير إلى وجود علاقة محدودة بين سعة المحطة Plant capacity وتكاليف التفكيك والإزالة لكل ميكاواط .

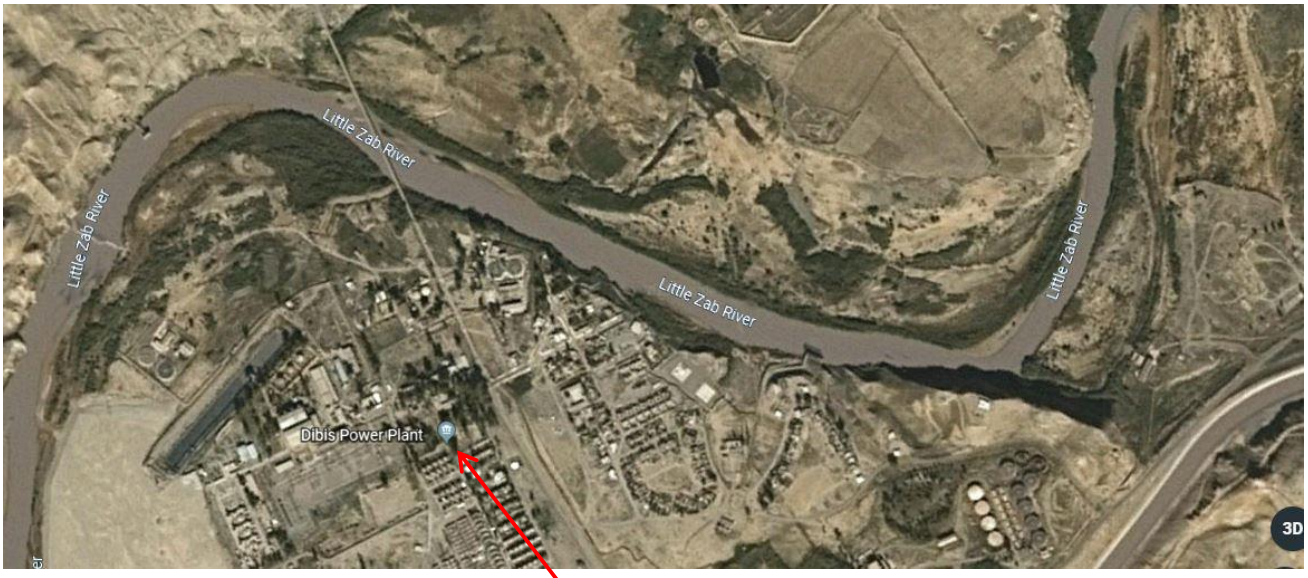


المصدر : حسب تقديرات شركة فلوريدا للطاقة والضوء Florida Power & Light Company (FPL) ، ٢٠١٦ . المقر الرئيسي فلوريدا ، الولايات المتحدة الأمريكية Florida, United States . وحسب تقديرات شركة إكسيل القابضة للخدمات Xcel Energy Inc ، ٢٠١٦ . مقرها بولاية مينيسوتا Minnesota, United States .
ملاحظة : تستلزم تقديرات محطات الوقود الأحفوري Fossil plant معالجة الموقع لحالة (البنية الصفراء أو الأرض الملوثة Brownfield status) ، لكي تلائم أعمال إعادة التطوير الصناعي .



مخطط بسيط لدورة الماء والبخار في محطة طاقة حرارية تستخدم تقنية التوربين البخاري

صور المحطة البخارية القديمة الخارجة عن الخدمة منذ سنة ٢٠٠٧



موقع المحطة على نهر الزاب الأسفل

بناية المحطة (بناية التوربينات والإدارة والورش الفنية ومختبر معالجة المياه)

قاعة السيطرة على الوحدات التوليدية

الورشة الفنية (معمل التصليح)

التوربينات البخارية

منظومة تداور المياه

خزانات وقود النفط الخام

المرجل مع خزان البخار

المرجل (الفرن ، مسخنة الهواء ، مجاري الهواء والغازات ، أنابيب وصمامات الماء والبخار)

References المراجع

١- تقرير توقعات الطاقة العالمية لعام ٢٠١٨ World Energy Outlook الصادر عن وكالة الطاقة الدولية – باريس - فرنسا International Energy Agency (IEA) .

٢- تقرير إيقاف تشغيل وإنهاء الخدمة وتفكيك وإزالة لمحطات الطاقة الأمريكية : القرارات والتكاليف والقضايا الرئيسية Decommissioning US Power Plants: Decisions, Costs, and Key Issues، 2017 ، الصادر من منظمة الموارد من أجل المستقبل (Resources for the Future RFF) ، منظمة أمريكية غير ربحية تقوم بإجراء أبحاث مستقلة في قضايا البيئة والطاقة والموارد الطبيعية ، مقرها الرئيسي في واشنطن Washington, US.

٣- تقديرات شركة فلوريدا للطاقة والضوء (Florida Power & Light Company (FPL، 2016 . المقر الرئيسي فلوريدا ، الولايات المتحدة الأمريكية Florida, United States. وحسب تقديرات شركة إكسيل القابضة للخدمات Xcel Energy Inc ، 2016 . مقرها بولاية مينيسوتا Minnesota, United States .

٤- الجدول رقم (٦) من جداول نسب إندثار الموجودات الثابتة – الفصل السادس الصادر من وزارة المالية العراقية – ١٩٨٨ .

٥- العقد المرقم ٤٠٣٧ في ٢٠١٨\٤\٢٥ المبرم بين الشركة العامة لإنتاج الطاقة الكهربائية - المنطقة الشمالية و المديرية العامة لنقل الطاقة الكهربائية - المنطقة الشمالية .

٦- نظم وأساليب التشغيل للوحدات الجديدة – محطة كهرباء جنوب بغداد – اعداد المهندس بشير خلف عمير.

٧- دراسة جدوى فنية وإقتصادية لإنشاء محطة قدرة بخارية – قسم الهندسة الميكانيكية – كلية الهندسة والتقنية – جامعة وادي النيل .

٨- ملفات ومخططات محطة كهرباء الدبس البخارية (المحطة القديمة المتوقفة والخارجة من الخدمة) .

٩- ويكيبيديا ، الموسوعة الحرة Wikipedia- the free encyclopedia .