

خطة عمل مصنع إعادة تدوير البطاريات - سلطنة عمان

1. الملخص التنفيذي

1.1 نظرة عامة على المشروع

يهدف مشروع مصنع إعادة تدوير البطاريات إلى إنشاء منشأة مرخصة ومتوافقة مع المتطلبات البيئية في سلطنة عمان، مع التركيز في المرحلة الأولى على إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية (بطاريات السيارات، البطاريات الصناعية، وبطاريات أنظمة UPS)، ووضع خارطة طريق مستقبلية للتوسع لاحقاً في إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون القادمة من المركبات الكهربائية، وأنظمة تخزين الطاقة الشمسية، والأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية.

سيقوم المصنع بجمع البطاريات ومعالجتها وإعادة تدويرها واستخلاص المواد القيّمة منها مثل الرصاص، والبلاستيك، والأحماض/الإلكتروليتات، والليثيوم، والكوبالت، والنيكل، والنحاس، مع إعادة توريد المواد الخام المعاد تدويرها إلى المصنّعين، وضمان التخلص الآمن من النفايات الخطرة وفقاً للأنظمة المعتمدة.

يتماشى هذا المشروع بشكل مباشر مع: - رؤية عمان 2040 (الاستدامة والاقتصاد الدائري) - الزيادة المستمرة في أعداد المركبات واعتماد الطاقة المتجددة - تشديد اللوائح والتنظيمات الخاصة بإدارة النفايات الخطرة

1.2 أهداف المشروع

- إنشاء منشأة متكاملة ومرخصة لإعادة تدوير البطاريات، متوافقة مع القوانين البيئية في سلطنة عمان
- الحد من التلوث البيئي الناتج عن التخلص غير السليم من البطاريات
- بناء مشروع صناعي ربحي قائم على مفهوم الاقتصاد الدائري
- توريد المواد المعاد تدويرها إلى المصنّعين المحليين والإقليميين
- التوسع في إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون خلال فترة 3-5 سنوات

1.3 الهيكل القانوني والتسجيل

سيتم تسجيل الشركة في سلطنة عمان على النحو التالي: - شركة ذات مسؤولية محدودة (LLC) - الخيار الموصى به نظراً لحجم المشروع الصناعي، ومتطلبات المسؤولية، وإجراءات الترخيص

مسار التسجيل: - مركز سند + وزارة التجارة والصناعة وترويج الاستثمار

التكاليف التقديرية الأساسية للتسجيل (باستثناء الأرض الصناعية والتأشيرات): - رسوم تسجيل الشركة ذات المسؤولية المحدودة والرسوم الحكومية: 300 - 500 ريال عماني - عضوية غرفة تجارة وصناعة عمان: 100 - 200 ريال عماني - رسوم خدمات مركز سند: 50 - 100 ريال عماني

ملاحظة: المشاريع الصناعية تتطلب موافقات إضافية من الجهات البيئية والبلدية المختصة.

1.4 نطاق العمليات

المرحلة الأولى - إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية - بطاريات السيارات - البطاريات الصناعية وبطاريات UPS - بطاريات أبراج الاتصالات وأنظمة تخزين الطاقة الشمسية

المرحلة الثانية - إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون (توسع مستقبلي) - بطاريات المركبات الكهربائية - أنظمة تخزين الطاقة الشمسية - بطاريات الأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية

1.5 المنتجات ومصادر الإيرادات

- سبائك الرصاص المعاد تدويرها
- حبيبات البلاستيك المعاد تدويرها (PP / ABS)
- نواتج معالجة الإلكترونيات المعادلة
- رسوم خدمات إعادة التدوير (لعملاء الشركات)
- عقود إدارة النفايات الخطرة

1.6 الميزة التنافسية

- أفضلية الدخول المبكر أو المنافسة المحدودة في السوق العماني
- طلب مرتفع مدفوع بالتشريعات والأنظمة البيئية
- توافق قوي مع معايير الاستدامة والحوكمة البيئية والاجتماعية (ESG)
- عقود طويلة الأجل مع الورش، والأساطيل، وشركات الطاقة الشمسية
- إمكانية التصدير للمواد المعاد تدويرها

1.7 لمحة مالية (تقديرية)

- التكلفة التقديرية للمشروع: 1.2 - 3.5 مليون ريال عماني (حسب الطاقة الإنتاجية)
- هامش الربح الإجمالي المتوقع: 25% - 40%
- فترة الوصول إلى نقطة التعادل: 3 - 5 سنوات
- قابلية عالية للتوسع والاستدامة على المدى الطويل

1.8 الرؤية والرسالة

الرؤية: أن نكون الشركة الرائدة في سلطنة عمان في مجال إعادة تدوير البطاريات وإدارة النفايات الخطرة.

الرسالة: إعادة تدوير البطاريات بطريقة آمنة، وحماية البيئة، ودعم الاقتصاد الدائري في سلطنة عمان من خلال استخدام تقنيات إعادة تدوير عالمية المستوى.

2. وصف المشروع - الأهداف، الطاقة الإنتاجية، التقنية وتدفق العمليات

2.1 أهداف المشروع

الأهداف الاستراتيجية - إنشاء مصنع مرخص ومتوافق بيئيًا لإعادة تدوير البطاريات في سلطنة عمان - دعم أهداف الاستدامة الوطنية والاقتصاد الدائري - الحد من الرمي غير القانوني والتخلص غير الآمن من البطاريات - إنشاء أصل صناعي يتمتع بربحية طويلة الأجل وإمكانات تصديرية

الأهداف التشغيلية - تأمين عقود توريد مستقرة مع الجهات المولدة للبطاريات - الحفاظ على كفاءة استخلاص أعلى من متوسطات القطاع - التشغيل دون أي مخالفات بيئية - التوسع في الطاقة الإنتاجية على مراحل معيارية

الأهداف المالية - الوصول إلى نقطة التعادل التشغيلي خلال 3-5 سنوات - الحفاظ على هامش أرباح قبل الفوائد والضرائب والإهلاك (EBITDA) أعلى من 25% - إعادة استثمار الأرباح في تحديث التقنيات والتوسع في إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون

2.2 تخطيط الطاقة الإنتاجية للمصنع

سيتم تصميم المصنع وفق نموذج طاقة معيارية يسمح بالتوسع المرحلي.

فئة الطاقة	المدخل السنوي للبطاريات	الاستخدام المناسب
صغيرة	5,000 - 8,000 طن	تجريبية / طلب إقليمي
متوسطة	10,000 - 15,000 طن	تغطية وطنية
كبيرة	20,000+ طن	مركز تصدير إقليمي

الطاقة الموصى بها عند البدء: نطاق متوسط (10,000-15,000 طن سنويًا)

2.3 أنواع مواد التغذية (البطاريات)

المرحلة الأولى - بطاريات الرصاص الحمضية (LAB) - بطاريات السيارات - بطاريات الشاحنات والحافلات - بطاريات الاتصالات وأنظمة UPS - بطاريات تخزين الطاقة الشمسية

المرحلة الثانية - بطاريات الليثيوم-أيون (LIB) - بطاريات المركبات الكهربائية - أنظمة تخزين الطاقة الشمسية وعلى مستوى الشبكات - بطاريات الأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية

2.4 نظرة عامة على التقنية

تقنية إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية سيستخدم المصنع الفصل الميكانيكي مع الصهر المُتحكم به.

المكونات التقنية الرئيسية: - آلة تكسير البطاريات ومطحنة المطرقة - وحدات فصل البلاستيك - نظام تصريف ومعادلة الأحماض - فرن دوّار أو فرن صهر - قدور تنقية الرصاص - أنظمة التحكم في الانبعاثات ومرشحات الأكاسيد

إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون (توسّع مستقبلي) - محطات التفريغ والتفكيك - التقطيع في بيئة خاملة - المعالجة الهيدرومي탈ورجية - استخلاص الليثيوم، الكوبالت، النيكل، والمنغنيز

2.5 تدفق العمليات - بطاريات الرصاص الحمضية

1. **الاستلام والوزن:** استلام البطاريات وتسجيلها
2. **التكسير والفصل:** فصل الرصاص والبلاستيك والحمض ميكانيكيًا
3. **معادلة الحمض:** معالجة حمض الكبريتيك وتحويله إلى أملاح متعادلة
4. **صهر وتنقية الرصاص:** صهر المكونات وتحويلها إلى سبائك
5. **غسل البلاستيك والتحبيب:** تنظيف بلاستيك البولي بروبيلين وتحويله إلى حبيبات
6. **شحن المنتجات النهائية:** تعبئة سبائك الرصاص وحبيبات البلاستيك للبيع

2.6 المنتجات النهائية وتقديرات نسب الاستخلاص

المخرج	نسبة الاستخلاص
الرصاص المعاد تدويره	70% - 60%
حبيبات البلاستيك	25% - 20%
نواتج معادلة أخرى	10% - 5%

تعتمد كفاءة الاستخلاص على جودة البطاريات ومستوى التحكم في العمليات.

2.7 موقع المصنع ومتطلبات البنية الأساسية

- منطقة صناعية معتمدة للتعامل مع النفايات الخطرة
- المساحة المطلوبة: 10,000 - 25,000 متر مربع
- توفر خدمات الكهرباء والمياه
- وجود منطقة عازلة عن المناطق السكنية
- سهولة الوصول إلى الطرق السريعة والموانئ

2.8 مبادئ التصميم البيئي والسلامة

- مناطق معالجة مغلقة بالكامل
- مناطق ضغط سلبي للحد من الغبار
- معالجة متكاملة للمياه العادمة وسياسة تصريف صفري
- مراقبة مستمرة لانبعاثات الهواء
- تطبيق صارم لتدريب الصحة والسلامة المهنية واستخدام معدات الوقاية الشخصية

3. الإطار التنظيمي والبيئي والتراخيص (سلطنة عمان)

تُصنّف أنشطة إعادة تدوير البطاريات في سلطنة عمان كأشطة صناعية خطيرة، ولذلك تُعد متطلبات الامتثال والتنظيم البيئي والحصول على التراخيص عناصر حاسمة لبدء التشغيل واستدامته على المدى الطويل.

3.1 الجهات التنظيمية الرئيسية

- وزارة التجارة والصناعة وترويج الاستثمار (MOCIIP): التسجيل التجاري وتصنيف النشاط
- هيئة البيئة: الموافقات البيئية، دراسات الأثر البيئي، وتراخيص النفايات الخطرة
- البلدية المختصة: استخدامات الأراضي، تصاريح البناء، والموافقات التشغيلية
- هيئة الدفاع المدني والإسعاف: اشتراطات السلامة من الحريق والاستجابة للطوارئ
- الهيئة العامة للمناطق الاقتصادية الخاصة والمناطق الحرة (OPAZ): في حال إقامة المشروع داخل منطقة اقتصادية أو صناعية خاصة

3.2 التراخيص والموافقات المطلوبة

الموافقة / الترخيص	الجهة المختصة	الغرض
السجل التجاري (شركة ذات مسؤولية محدودة)	وزارة التجارة والصناعة	تأسيس الكيان القانوني

الموافقة / الترخيص	الجهة المختصة	الغرض
الموافقة البيئية	هيئة البيئة	الالتزام البيئي
دراسة تقييم الأثر البيئي (EIA)	هيئة البيئة	إلزامية للأنشطة الخطرة
ترخيص التعامل مع النفايات الخطرة	هيئة البيئة	الجمع والنقل والمعالجة
عقد تخصيص أرض صناعية	البلدية / OPAZ	اعتماد الموقع الصناعي
تصريح البناء	البلدية	إنشاء المصنع
موافقة السلامة من الحريق	الدفاع المدني	الامتثال لمتطلبات الطوارئ
الترخيص التشغيلي	البلدية	التشغيل اليومي

3.3 دراسة تقييم الأثر البيئي (EIA)

تُعد دراسة تقييم الأثر البيئي متطلبًا إلزاميًا قبل البدء في أعمال الإنشاء والتشغيل.

نطاق الدراسة يشمل: - انبعاثات الهواء (أبخرة الرصاص والجسيمات الدقيقة) - إدارة مياه الصرف والمخلفات السائلة - التعامل مع النفايات الصلبة والخطرة - الضوضاء والاهتزازات - الصحة والسلامة المهنية - خطط الطوارئ وإدارة التسربات

المدة والتكلفة التقديرية للدراسة: - المدة: 3 - 6 أشهر - التكلفة: 30,000 - 80,000 ريال عماني (حسب حجم وتعقيد المشروع)

3.4 الامتثال لمتطلبات النفايات الخطرة

يلتزم المصنع بالمعايير الوطنية والدولية الخاصة بإدارة النفايات الخطرة، وتشمل: - جمع وتخزين البطاريات بطريقة آمنة - تطبيق أنظمة الاحتواء الثانوي - استخدام وسائل نقل مرخصة للمواد الخطرة - توثيق وتتبع حركة النفايات من المصدر حتى المعالجة النهائية - التخلص أو إعادة استخدام المخلفات المتبقية بطرق معتمدة

عدم الامتثال لهذه المتطلبات قد يؤدي إلى إيقاف المصنع، أو فرض غرامات، أو سحب التراخيص.

3.5 التحكم في الانبعاثات والمخلفات والتلوث

انبعاثات الهواء - استخدام مرشحات الأكياس وأجهزة الغسل - أنظمة المراقبة المستمرة للانبعاثات - الالتزام بارتفاعات المداخل المعتمدة

المياه والمخلفات السائلة - أنظمة مياه مغلقة الحلقة - معادلة المخلفات الحمضية - سياسة تصريف صفري أو التخلص المعتمد

المخلفات الصلبة - تثبيت خبث الأفران - التخلص في مدافن معتمدة أو إعادة الاستخدام حيثما أمكن

3.6 الصحة والسلامة المهنية (HSE)

- إلزام جميع العاملين باستخدام معدات الوقاية الشخصية
- إجراء فحوصات دورية لمستويات الرصاص في الدم

- برامج تدريب أساسية ومتقدمة في الصحة والسلامة
- توفير مرافق طبية وطوارئ داخل الموقع
- أنظمة الإبلاغ عن الحوادث واتخاذ الإجراءات التصحيحية

3.7 الجدول الزمني للامتثال (تقديري)

المرحلة	المدة
تسجيل الشركة	1 - 2 أسبوع
تخصيص الأرض الصناعية	1 - 3 أشهر
إعداد ودراسة الأثر البيئي	3 - 6 أشهر
الإنشاء والتركيب	6 - 9 أشهر
التشغيل التجريبي والحصول على التراخيص النهائية	1 - 2 شهر

إجمالي المدة المتوقعة لبدء التشغيل: 12 - 18 شهرًا

3.8 المخاطر التنظيمية وسبل التخفيف

الخطر	آلية التخفيف
تأخر الموافقة على دراسة الأثر البيئي	التعاقد المبكر مع مستشارين ذوي خبرة
رفض التراخيص	التنسيق المسبق مع هيئة البيئة
اعتراضات مجتمعية	توفير مناطق عازلة والشفافية
ارتفاع تكاليف الامتثال	إدراج مخصصات احتياطية وتنفيذ المشروع على مراحل

4. سلسلة التوريد واستراتيجية مواد التغذية - الجمع، اللوجستيات والعقود

4.1 أهمية تأمين مواد التغذية

يُعد تأمين مواد التغذية (البطاريات المستعملة) العامل التجاري الأكثر حساسية لنجاح مصنع إعادة تدوير البطاريات. تعتمد الجدوى المالية للمشروع على ضمان تدفقات ثابتة وقابلة للتتبع من البطاريات وبكميات وتكاليف متوقعة.

الأهداف الرئيسية لاستراتيجية سلسلة التوريد: - ضمان حد أدنى من الكميات السنوية لتغطية التكاليف الثابتة - الحفاظ على جودة وتتبع البطاريات الواردة - خفض تكاليف النقل من خلال التجميع الإقليمي - تثبيت عقود طويلة الأجل مع الجهات الرئيسية المولدة للبطاريات

4.2 مصادر مواد التغذية الرئيسية (سلطنة عمان)

أولاً: قطاع السيارات - ورش إصلاح السيارات - وكلاء السيارات المعتمدون - شركات سيارات الأجرة ومنصات النقل - شركات تأجير السيارات

الخصائص:- كميات عالية وتدفق منتظم - غالبية البطاريات من نوع الرصاص الحمضي - موردون حساسون للأسعار

ثانيًا: العملاء التجاريون والصناعيون - شركات النقل واللوجستيات - شركات المقاولات والإنشاءات - مشغلو المعدات الثقيلة - مستخدمو أنظمة الطاقة الاحتياطية الصناعية

الخصائص:- بطاريات أكبر حجمًا - دورات استبدال أقل تكرارًا - توريد قائم على العقود

ثالثًا: قطاع الاتصالات ومراكز البيانات - أبراج الاتصالات - مزودو خدمات الإنترنت - مراكز البيانات - منشآت البث

الخصائص:- بطاريات صناعية عالية الجودة - استبدال بكميات كبيرة ودورات مجدولة - متطلبات امتثال عالية

رابعًا: الطاقة المتجددة والمرافق - محطات الطاقة الشمسية - أنظمة الطاقة الشمسية على الأسطح التجارية - أنظمة الطاقة الهجينة

الخصائص:- قطاع في نمو مستمر - مزيج من بطاريات الرصاص الحمضي والليثيوم-أيون - أهمية استراتيجية طويلة الأجل

4.3 نماذج الحصول على مواد التغذية

النموذج	الوصف	الاستخدام المناسب
نموذج الشراء	شراء البطاريات المستعملة بالطن	السوق المفتوحة
نموذج رسوم الخدمة	تحصيل رسوم مقابل التخلص الآمن	الشركات والمرافق
تقاسم الإيرادات	مشاركة قيمة المواد المعاد تدويرها	الشركاء الاستراتيجيون
اتفاقيات الاسترجاع	استعادة مرتبطة بالمصنعين	الوكلاء والموزعون

يوصى بتطبيق نموذج هجين لتحقيق توازن بين الكميات وهوامش الربح.

4.4 استراتيجية الجمع واللوجستيات

طرق الجمع - الاستلام المباشر من العملاء الكبار - نقاط تسليم للموردين الصغار - مراكز تجميع إقليمية

النقل - مركبات مرخصة لنقل النفايات الخطرة - حاويات ومنصات محكمة الإغلاق - تتبع عبر أنظمة GPS وتوثيق كامل

نطاق تكاليف اللوجستيات - الجمع المحلي: 5 - 12 ريال عماني للطن - النقل لمسافات طويلة: 15 - 30 ريال عماني للطن

4.5 التخزين والمناولة

- أرضيات مغطاة ومقاومة للأحماض
- أنظمة احتواء ثانوي
- فصل البطاريات حسب النوع
- إدارة المخزون وفق مبدأ الوارد أولاً يُصرف أولاً (FIFO)
- الالتزام بحدود التخزين القصوى حسب تعليمات هيئة البيئة

4.6 هيكله العقود والتسعير

شروط العقود النموذجية - مدة العقد: 1-3 سنوات (قابلة للتجديد) - كميات شهرية أو سنوية دنيا - بنود تعديل الأسعار - التزامات الامتثال والتتبع

أسعار مواد التغذية التقديرية (بطاريات الرصاص الحمضية) | المصدر | التكلفة النموذجية (ريال عماني/طن) |
|---|---| | السوق المفتوحة (ورش) | 80 - 140 | عقود الأساطيل والشركات | 60 - 120 | نموذج رسوم التخلص | 20+ - 60 (إيراد) |

4.7 اعتبارات الاستيراد والتصدير

- استيراد البطاريات المستعملة يتطلب موافقة هيئة البيئة
- تصدير الرصاص والبلاستيك المعاد تدويرهما يتطلب تخليصًا جمركيًا
- أسواق التصدير الإقليمية: دول مجلس التعاون، جنوب آسيا، شرق إفريقيا
- تنويع أسواق التصدير يحد من مخاطر الأسعار المحلية

4.8 تحليل مخاطر مواد التغذية وسبل التخفيف

الخطر	آلية التخفيف
نقص الإمدادات	تنويع مصادر التوريد
تقلب الأسعار	عقود طويلة الأجل
الرمي غير القانوني	التوعية والرقابة
تفاوت الجودة	فحص الواردات

5. تحليل السوق واستراتيجية العملاء - المشترون، التسعير وآفاق الطلب

5.1 نظرة عامة على السوق

ينبع الطلب على المواد المعاد تدويرها من البطاريات من نمو قطاع السيارات، والتوسع في اعتماد الطاقة المتجددة، وتشديد اللوائح البيئية. تعتمد سلطنة عمان حاليًا بشكل ملحوظ على استيراد الرصاص والبلاستيك المكرر، في حين يشهد الطلب الإقليمي في دول مجلس التعاون، وجنوب آسيا، وشرق إفريقيا نموًا مستمرًا.

تحوّل إعادة تدوير البطاريات تيارًا من النفايات الخاضعة للتنظيم إلى مدخلات صناعية عالية الطلب، ما يضع المصنع عند تقاطع الامتثال التنظيمي وأسواق السلع الأساسية.

5.2 المنتجات والطلب في الأسواق النهائية

أولاً: سبائك الرصاص المعاد تدويرها

الاستخدامات الرئيسية: - تصنيع بطاريات جديدة - تغليف الكابلات - التطبيقات الإنشائية والصناعية

محركات الطلب: - طلب عالمي مستقر على بطاريات الرصاص الحمضية - ميزة التكلفة مقارنة بالرصاص الأولي - تفضيل المواد المعاد تدويرها بدافع معايير الاستدامة والحوكمة البيئية والاجتماعية (ESG)

آفاق السوق: - سوق قوي ومستقر مع تقلبات سعرية دورية - سلعة عالية السيولة مع أسواق تداول راسخة

ثانيًا: حبيبات البلاستيك المعاد تدويرها (PP)

الاستخدامات الرئيسية: - تصنيع هياكل البطاريات - مكونات بلاستيكية للسيارات - منتجات بلاستيكية صناعية

آفاق السوق: - تزايد الطلب على البوليمرات المعاد تدويرها - طلب إقليمي مستقر - علاوة سعرية للمواد النظيفة والمصنعة جيدًا

ثالثًا: خدمات إعادة التدوير والتخلص الآمن

العملاء: - الشركات، ومشغلو الاتصالات، والمرافق، وشركات الطاقة الشمسية

القيمة المقدمة: - الامتثال التنظيمي - التتبع والتوثيق - نقل مخاطر النفايات الخطرة من العميل إلى المصنع
توفر هذه الإيرادات استقرارًا معاكسًا للدورات السعرية عند تقلب أسعار السلع.

5.3 تقسيم العملاء (المشترون)

الفئة	المنتج	دافع الشراء
مصنّعو البطاريات	سبائك الرصاص	التكلفة والاستمرارية
تجار المعادن	سبائك الرصاص	السيولة والمراجعة
محلولو البلاستيك	حبيبات PP	الجودة والسعر
الشركات والمرافق	خدمات إعادة التدوير	الامتثال وESG

5.4 مؤشرات التسعير (تقديرية)

تتأثر الأسعار بحركة أسواق السلع العالمية، وغالبًا ما تستند العقود إلى صيغ مرتبطة ببورصة لندن للمعادن (LME).

المنتج	نطاق السعر النموذجي
سبائك الرصاص المعاد تدويرها	85% - 95% من سعر الرصاص في LME
حبيبات البلاستيك PP	350 - 550 ريال عماني / طن
رسوم خدمات إعادة التدوير	20 - 60 ريال عماني / طن

5.5 المشهد التنافسي

السوق المحلي: - عدد محدود من منشآت إعادة تدوير البطاريات المرخصة - وجود مشغلين غير نظاميين يشكلون مخاطر بيئية - حواجز دخول مرتفعة بسبب المتطلبات التنظيمية

السوق الإقليمي: - وجود شركات إعادة تدوير راسخة في الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية - ميزة عمان تتمثل في الوصول إلى الموانئ، وانخفاض الازدحام، والموقع الجغرافي الاستراتيجي

5.6 استراتيجية الدخول إلى السوق

قنوات البيع: - مبيعات مباشرة بين الشركات (B2B) للمصنعين - اتفاقيات توريد طويلة الأجل - تجار السلع للكميات المخصصة للتصدير

نهج المبيعات: - تأمين عملاء شراء أساسيين قبل بدء التشغيل التجاري - تقديم خصومات حجم للعقود طويلة الأجل - التركيز على الامتثال والتتبع كعناصر تمييز رئيسية

5.7 مخاطر الطلب وسبل التخفيف

الخطر	آلية التخفيف
تقلب أسعار السلع	تنويع مصادر الإيرادات
تركز المشتريين	تعدد شركاء الشراء
قيود التصدير	مزيج من السوق المحلي والإقليمي
رفض الجودة	أنظمة ضبط جودة وشهادات

6. النموذج المالي - النفقات الرأسمالية والتوقعات طويلة المدى

جميع الأرقام الواردة تقديرية ومحافطة، ومعرضة بالريال العماني، ومبنية على مصنع متوسط الطاقة (10,000-15,000 طن سنويًا) يركز على بطاريات الرصاص الحمضية مع تحسينات مرحلية.

6.1 النفقات الرأسمالية (CAPEX)

أولاً: الأرض والأعمال المدنية والبنية الأساسية

البند	التكلفة التقديرية (ريال عماني)
إيجار الأرض الصناعية (مبدئي)	300,000 - 150,000
تطوير الموقع والطرق	250,000 - 120,000
مباني المصنع والمخازن	700,000 - 350,000
الخدمات (كهرباء، مياه، تصريف)	220,000 - 120,000

البند	التكلفة التقديرية (ريال عماني)
المرافق الإدارية ومرافق السلامة	120,000 – 60,000
الإجمالي الفرعي - الأعمال المدنية والأرض	1,600,000 – 800,000

ثانيًا: المصنع والآلات (إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية)

المعدات	التكلفة التقديرية (ريال عماني)
نظام تكسير البطاريات	350,000 – 180,000
تصريف ومعالجة الأحماض	220,000 – 120,000
فصل البلاستيك والتحبيب	300,000 – 180,000
فرن دوّار / فرن صهر	700,000 – 350,000
قدور تنقية الرصاص	220,000 – 120,000
أنظمة التحكم في الانبعاثات	350,000 – 180,000
مناولة المواد والرافعات	150,000 – 80,000
مختبر ومعدات ضبط الجودة	80,000 – 40,000
الإجمالي الفرعي - الآلات	2,350,000 – 1,250,000

ثالثًا: التكاليف السابقة للتشغيل والتكاليف غير المباشرة

البند	التكلفة التقديرية (ريال عماني)
دراسات الأثر البيئي	80,000 – 30,000
الهندسة وإدارة المشروع	120,000 – 60,000
التراخيص والتصاريح	40,000 – 20,000
تدريب الموظفين والتشغيل التجريبي	60,000 – 30,000
مخصص طوارئ (10-12%)	300,000 – 150,000
الإجمالي الفرعي - التكاليف غير المباشرة	600,000 – 290,000

إجمالي النفقات الرأسمالية التقديرية: - الحد الأدنى: حوالي 2.3 مليون ريال عماني - الحد الأعلى: حوالي 4.5 مليون ريال عماني

6.2 النفقات التشغيلية (OPEX - سنويًا)

فئة التكلفة	التكلفة السنوية التقديرية (ريال عماني)
شراء مواد التغذية	1,600,000 – 900,000

فئة التكلفة	التكلفة السنوية التقديرية (ريال عماني)
الرواتب والأجور	600,000 – 350,000
الطاقة والوقود	480,000 – 280,000
المواد الاستهلاكية والكيماويات	220,000 – 120,000
الصيانة وقطع الغيار	300,000 – 150,000
اللوجستيات والنقل	200,000 – 100,000
المراقبة البيئية	80,000 – 40,000
التأمين والامثال	70,000 – 40,000
الإدارة والمصاريف العامة	120,000 – 70,000
إجمالي النفقات التشغيلية السنوية 2.05 - 3.67 مليون	

6.3 افتراضات الإيرادات (الحالة الأساسية)

- مدخل البطاريات السنوي: 12,000 طن
- نسبة استخلاص الرصاص: 65%
- نسبة استخلاص البلاستيك: 22%
- متوسط سعر بيع الرصاص: مرتبط بـ 90% من سعر الرصاص في بورصة لندن للمعادن

6.4 توقعات الإيرادات السنوية (الحالة الأساسية)

مصدر الإيراد	الإيراد السنوي التقديري (ريال عماني)
سبائك الرصاص المعاد تدويرها	3.2 – 4.5 مليون
حبيبات البلاستيك	0.6 – 0.9 مليون
رسوم إعادة التدوير / التخلص	0.3 – 0.7 مليون
إجمالي الإيرادات	4.1 – 6.1 مليون

6.5 لمحة عن الربحية

المؤشر	الحالة الأساسية
هامش الربح الإجمالي	28% – 40%
هامش EBITDA	22% – 32%
هامش صافي الربح	15% – 22%

6.6 نقطة التعادل وفترة الاسترداد

- EBITDA السنوي (الحالة الأساسية): 1.0 – 1.6 مليون ريال عماني

- النفقات الرأسمالية: 2.3 - 4.5 مليون ريال عماني
- فترة الاسترداد المتوقعة: 3 - 5 سنوات

6.7 التوقعات المالية لعشر سنوات (ملخص)

السنة	الإيرادات (ريال عماني)	EBITDA (ريال عماني)
1	3.5 - 4.2 مليون	0.7 - 1.0 مليون
3	5.0 - 6.0 مليون	1.3 - 1.7 مليون
5	6.5 - 7.8 مليون	1.8 - 2.4 مليون
10	8.5 - 10.0 مليون	2.6 - 3.2 مليون

6.8 تحليل الحساسية (العوامل الرئيسية)

- تغير $\pm 10\%$ في سعر الرصاص — تأثير $\pm 6-8\%$ على EBITDA
- تغير $\pm 10\%$ في تكلفة مواد التغذية — تأثير $\pm 7-9\%$ على EBITDA
- انخفاض معدل استغلال الطاقة إلى أقل من 70% يؤثر سلبيًا وبشكل جوهري على العوائد.

7. العمليات، التوظيف وإطار الصحة والسلامة والبيئة (HSE)

7.1 نظرة عامة على نموذج التشغيل

سيعمل مصنع إعادة تدوير البطاريات كمنشأة صناعية مستمرة قائمة على العمليات، مع ضوابط صارمة للصحة والسلامة والبيئة. سيتم تنظيم العمليات ضمن مناطق محددة بوضوح للحد من التداخل وتقليل مخاطر السلامة والتلوث.

المبادئ التشغيلية الأساسية: - أولوية الامتثال التنظيمي - إجراءات تشغيل قياسية موحدة (SOP) - ثقافة الصيانة الوقائية - التتبع الكامل للمواد والنفايات

7.2 تخطيط المصنع والمناطق الوظيفية

- منطقة الاستلام والميزان: استلام البطاريات، الفحص والتوثيق
- منطقة التخزين المؤقت: تخزين مفصول ومحضّن حسب نوع البطارية
- خط تكسير وفصل البطاريات: المعالجة الميكانيكية
- منطقة معادلة الأحماض ومعالجة المخلفات السائلة
- منطقة الصهر والتنقية: الأفران، القدور والصب
- منطقة غسل البلاستيك والتحبيب
- مستودع المنتجات النهائية: سبائك الرصاص وحبيبات البلاستيك
- المختبر وضبط الجودة
- مرافق الصحة والسلامة والطوارئ

يُشترط الفصل الفيزيائي والتحكم في الدخول بين المناطق.

7.3 هيكل التوظيف

أولاً: الإدارة والفريق الفني

الدور	العدد	المسؤوليات الرئيسية
مدير المصنع	1	الإشراف العام والامتثال
مدير الصحة والسلامة والبيئة	1	السلامة والتحكم البيئي
مدير الصيانة	1	الصيانة الوقائية والإصلاح
مهندس ضبط الجودة والمختبر	1	جودة المنتج والاختبارات
مدير المالية والإدارة	1	الشؤون التجارية والتقارير

ثانياً: التشغيل والدعم

الدور	العدد	ملاحظات
مشغلو الأفران	6 - 10	بنظام الورديات
مشغلو تكسير البطاريات	6 - 8	خط المعالجة الميكانيكية
مشغلو معالجة البلاستيك	4 - 6	التحبيب
فنيو الصيانة	4 - 6	كهرباء وميكانيك
موظفو المستودعات واللوجستيات	4 - 6	وارد/صادر
مسؤولو HSE	2 - 3	تغطية الورديات
الأمن والدعم	4 - 6	تغطية 24/7

إجمالي القوى العاملة: حوالي 35 - 50 موظفًا

7.4 التدريب وبناء الكفاءات

- تدريب تمهيدي إلزامي لجميع الموظفين
- تدريب تخصصي للتعامل مع الأفران والمواد الخطرة
- دورات تجديد سنوية في الصحة والسلامة
- تمارين طوارئ (حريق، تسرب كيميائي، إسعافات)
- توثيق الشهادات والكفاءات وحفظ السجلات

7.5 إطار الصحة والسلامة والبيئة (HSE)

ضوابط الصحة: - فحوصات طبية دورية - مراقبة مستويات الرصاص في الدم (BLL) - إسعافات أولية واستجابة طبية داخل الموقع

ضوابط السلامة: - إلزام استخدام معدات الوقاية الشخصية (أقنعة، بدلات، قفازات) - أنظمة تصاريح العمل - أنظمة القفل/الوسم (LOTO) - أنظمة كشف وإطفاء الحرائق

الضوابط البيئية: - مراقبة مستمرة لانبعاثات الهواء - معالجة ومراقبة المياه العادمة - التحكم في الغبار وأعمال النظافة الصناعية

7.6 الاستجابة للطوارئ وإدارة الحوادث

- فريق استجابة للطوارئ داخل الموقع
- أطقم احتواء الانسكابات
- أنظمة مياه وإطفاء بالرغوة
- الإبلاغ عن الحوادث وتحليل الأسباب الجذرية
- التنسيق مع هيئة الدفاع المدني

7.7 الصيانة وإدارة الأصول

- نظام محوسب لإدارة الصيانة (CMMS)
- جداول صيانة وقائية
- مخزون قطع غيار حرجية
- تخطيط الإيقاف السنوي وأعمال العمرة

7.8 مؤشرات الأداء الرئيسية والمتابعة

- جاهزية المصنع (%)
- معدل استغلال الطاقة (%)
- كفاءة الاستخلاص (%)
- حوادث HSE (سياسة عدم التسامح)
- استهلاك الطاقة لكل طن
- مؤشرات الامتثال التنظيمي

8. تحليل المخاطر واستراتيجية التخفيف

8.1 فلسفة إدارة المخاطر

تُعد إعادة تدوير البطاريات نشاطًا صناعيًا كثيف رأس المال وخاضعًا لتنظيمات صارمة. ويُعد الاستباق في تحديد المخاطر، ووضع خطط التخفيف، والمتابعة المستمرة عناصر أساسية لحماية رأس المال والموارد البشرية والبيئة.

يعتمد المشروع إطار إدارة مخاطر قائم على مبدأ **المنع - المراقبة - الاستجابة** ، بما يتماشى مع توقعات الجهات الممولة والجهات التنظيمية.

8.2 المخاطر التنظيمية والامتثال

الخطر	الوصف	آلية التخفيف
تأخر الموافقة على دراسة الأثر البيئي	دورات مراجعة ممتدة	التنسيق المبكر مع هيئة البيئة وتقديم الطلبات على مراحل

الخطر	الوصف	آلية التخفيف
عدم تجديد التراخيص	إخفاقات الامتثال	فريق امتثال مخصص وعمليات تدقيق دورية
تغيّر المتطلبات التنظيمية	تشديد حدود الانبعاثات	تصميم المصنع بهوامش أمان إضافية
اعتراضات مجتمعية	مخاوف بيئية	مناطق عازلة وشفافية وتواصل مستمر

8.3 المخاطر البيئية والصحية والسلامة (HSE)

الخطر	الأثر	آلية التخفيف
التعرّض للرصاص	مخاطر صحية	معدات الوقاية، مراقبة BLL
تجاوز حدود الانبعاثات	غرامات/إيقاف	أنظمة ترشيح احتياطية ومراقبة مستمرة
تسربات الأحماض	أضرار بيئية	احتواء ثانوي وخطط طوارئ
حريق أو انفجار	مخاطر على الأرواح والأصول	أنظمة إطفاء وتدريبات منتظمة

8.4 المخاطر التشغيلية

الخطر	الأثر	آلية التخفيف
أعطال المعدات	توقف الإنتاج	صيانة وقائية ومخزون قطع غيار
انخفاض كفاءة الاستخلاص	تآكل الهوامش	تحسين العمليات والتحكم بالجودة
انقطاعات الكهرباء	خسائر إنتاجية	مولدات احتياطية
نقص العمالة الماهرة	مخاطر الجودة	برامج تدريب واستبقاء

8.5 مخاطر سلسلة التوريد

الخطر	الأثر	آلية التخفيف
نقص مواد التغذية	انخفاض الاستغلال	عقود متعددة المصادر
تقلب الأسعار	ضغط على الهوامش	اتفاقيات طويلة الأجل
الرمي غير القانوني	عقوبات تنظيمية	تدقيق الموردين والتوعية

8.6 المخاطر السوقية والمالية

الخطر	الأثر	آلية التخفيف
تقلب أسعار السلع	تذبذب الإيرادات	تنويع مصادر الدخل
تركّز المشتريين	مخاطر التدفقات النقدية	تعدد شركاء الشراء

الخطر	الأثر	آلية التخفيف
مخاطر العملة	خسائر صرف	عقود محلية وأدوات تحوط
تجاوز التكاليف	انخفاض العائد	مخصصات احتياطية

8.7 مخاطر التقنية والتوسع

الخطر	الأثر	آلية التخفيف
تقادم التقنية	خسائر رأسمالية	تصميم معياري قابل للتحديث
تعقيد بطاريات الليثيوم-أيون	مخاطر السلامة والتكلفة	تجارب على نطاق تجريبي

8.8 التأمين والحماية المالية

- تأمين الممتلكات والمصنع
- تأمين المسؤولية البيئية
- تأمين توقف الأعمال
- تأمين تعويضات العمال

8.9 مراقبة المخاطر والحوكمة

- اجتماعات مراجعة مخاطر ربع سنوية
- عمليات تدقيق داخلية وخارجية
- لوحات مؤشرات مخاطر مرتبطة بمؤشرات الأداء
- حلقة تحسين مستمرة

9. خارطة التنفيذ واستراتيجية التوسع (إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون)

9.1 فلسفة التنفيذ العامة

سيتم تنفيذ مشروع مصنع إعادة تدوير البطاريات وفق نهج مرحلي قائم على معالم واضحة للتحكم في المخاطر، وإدارة رأس المال بكفاءة، وضمان الامتثال التنظيمي في كل مرحلة. لكل مرحلة مخرجات محددة، وموافقات رسمية، ونقاط قرار واضحة.

9.2 خارطة التنفيذ المرحلية

المرحلة الأولى - تطوير المشروع والموافقات (الأشهر 0-6)

الأنشطة الرئيسية: - استكمال خطة العمل والنموذج المالي - تعيين مستشار دراسة الأثر البيئي وبدء الدراسات - التنسيق المسبق مع هيئة البيئة - تحديد وتأمين الأرض الصناعية - بدء أعمال الهندسة الأساسية وتصميم المخطط العام

المخرجات الرئيسية: - الموافقة على دراسة الأثر البيئي (أو موافقة مشروطة) - تأكيد تخصيص الأرض - اعتماد الطاقة الإنتاجية النهائية واختيار التقنية

المرحلة الثانية - الهندسة والتوريد والإنشاء (الأشهر 6-15)

الأنشطة الرئيسية: - إعداد التصاميم الهندسية التفصيلية - توريد المصنع والآلات - تنفيذ أعمال الإنشاء وتركيب الخدمات - تعيين فريق الإدارة الأساسي - إعداد إجراءات التشغيل القياسية وأدلة الصحة والسلامة

المخرجات الرئيسية: - تركيب المصنع والمعدات بالكامل - تدريب فريق التشغيل الأساسي - جاهزية الموقع للتشغيل التجريبي

المرحلة الثالثة - التشغيل التجريبي والاستقرار (الأشهر 15-18)

الأنشطة الرئيسية: - اختبارات التشغيل البارد والساخن - اختبارات الأداء البيئي - الحصول على التراخيص التشغيلية النهائية - بدء الإنتاج التجاري الأولي - تحسين معدلات الاستخلاص والكفاءة

المخرجات الرئيسية: - مصنع مرخص وجاهز للتشغيل - إنتاج مستقر عند 60-70% من الطاقة - تنفيذ أولى عمليات التوريد للعملاء

المرحلة الرابعة - التحسين والتوسع (السنوات 2-3)

الأنشطة الرئيسية: - رفع معدل استغلال الطاقة إلى 85-90% - تأمين عقود توريد طويلة الأجل لمواد التغذية - تحسين كفاءة الطاقة ومعدلات الاستخلاص - تعزيز قنوات المبيعات والتصدير

المخرجات الرئيسية: - هوامش ربح محسنة - تدفقات نقدية مستقرة - سجل امتثال تنظيمي قوي

9.3 استراتيجية التوسع في إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون

المبررات الاستراتيجية من المتوقع أن تشهد بطاريات الليثيوم-أيون نموًا سريعًا في سلطنة عمان والمنطقة نتيجة: - التوسع في استخدام المركبات الكهربائية - مشاريع تخزين الطاقة الشمسية وعلى مستوى الشبكات - الزيادة المستمرة في الأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية

يوفر التمرکز المبكر ميزة السبق الريادي والقيادة التقنية.

نهج التوسع المرحلي

- **المرحلة التحضيرية (السنوات 2-3):**
- دراسة حجم السوق لبطاريات الليثيوم-أيون
- اختيار شركاء التقنية
- تنفيذ تجارب على نطاق تجريبي
- تدريب الموظفين ووضع أطر السلامة

- **مرحلة المنشأة التجريبية (السنوات 3-4):**

- إنشاء خط معالجة صغير لبطاريات الليثيوم-أيون
- التركيز على التفكيك والتفريغ الآمن
- استخلاص محدود بالمعالجة الهيدرومييتالورجية

• مرحلة المصنع التجاري (السنوات 4-6):

- إنشاء خط تجاري مخصص
- استخلاص الليثيوم، الكوبالت، والنيكل
- دمج العمليات مع المصنع الرئيسي

9.4 الاستثمارات التقديرية للتوسع في بطاريات الليثيوم-أيون

المرحلة	النفقات الرأسمالية التقديرية (ريال عماني)
خط تجريبي لبطاريات الليثيوم-أيون	300,000 – 600,000
خط تجاري لبطاريات الليثيوم-أيون	1.5 – 3.0 مليون

من المتوقع أن تتجاوز العوائد هوامش إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية بعد الوصول إلى مرحلة التوسع.

9.5 الشراكات الاستراتيجية

- مصنّعو وموزعو المركبات الكهربائية
- شركات EPC للطاقة الشمسية
- مانحو تراخيص التقنية
- المؤسسات البحثية
- برامج الاستدامة الحكومية

9.6 الأثر البيئي والاجتماعي والوطني (ESG)

- تقليل الرمي غير القانوني للنفايات الخطرة
- إحلال الواردات من المعادن
- خلق فرص عمل وبناء مهارات وطنية
- التوافق مع رؤية عمان 2040
- دعم الاقتصاد الدائري الوطني

9.7 خيارات الخروج وخلق القيمة طويلة الأجل

- بيع استراتيجي لمشغل إقليمي
- إدراج عام أو دخول مستثمرين من الملكية الخاصة
- شراكات مشتركة مع المصنّعين الأصليين
- تحويل السلطنة إلى مركز توسع إقليمي

10. الخلاصة النهائية

يمثل مشروع مصنع إعادة تدوير البطاريات استثمارًا صناعيًا استراتيجيًا ذا أهمية بيئية عالية وجدوى مالية جذابة في سلطنة عمان. وبفضل التوافق القوي مع الأطر التنظيمية، والأسس الاقتصادية القابلة للدفاع، وخارطة التوسع الواضحة نحو إعادة تدوير بطاريات الليثيوم-أيون، يتمتع المشروع بمقومات التحول إلى أصل وطني داعم للاستدامة، والتحول في قطاع الطاقة، والنمو الصناعي.

يعتمد نجاح المشروع على التنفيذ المرحلي المنضبط، والامثال الصارم للمتطلبات البيئية، وتأمين سلاسل توريد مستقرة، وتطبيق أفضل الممارسات التشغيلية. ومن خلال ذلك، يمكن للمصنع تحقيق عوائد مستدامة على المدى الطويل، والمساهمة بفاعلية في الاقتصاد الدائري، وتعزيز مكانة سلطنة عمان كمركز إقليمي لإدارة النفايات الصناعية الخطرة وإعادة تدويرها.